

SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN POLITEKNIK NEGERI JAKARTA 2018

*“Peranan Inovasi Teknologi Manufaktur, Material,
dan Konversi Energi untuk Mewujudkan
Kemandirian Industri Nasional”*

PROSIDING B

Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy
Kampus Baru UI, Depok,
Jawa Barat 16242
<http://semnas.mesin.pnj.ac.id>



Depok, 17 Juli 2018

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah syukur senantiasa kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat dan Berkah-Nya kepada kita semua sehingga hari ini Selasa 17 Juli 2018, kita dapat dipertemukan untuk mengikuti acara Seminar Nasional Teknik Mesin yang ke 7, sebagai agenda resmi tahunan di PNJ. Seminar Nasional Teknik Mesin PNJ melibatkan banyak pihak yang dipandang dapat mewakili peran akademisi, peneliti, praktisi industri dan pengusaha. Lebih jauh, seminar ini diharapkan mampu menjadi inspirasi dan motivasi bagi mahasiswa dan atau lulusan untuk tidak hanya mampu melakukan penelitian yang berkualitas namun menyuarkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya manufaktur, material, konversi energi guna meningkatkan dan mengembangkan kompetensi civitas akademika di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi terapan. Sehingga dapat berperan aktif dalam pengembangan industri nasional.

Pada Seminar Nasional ini, tema yang kami angkat adalah **“Peranan Inovasi Teknologi Manufaktur, Material, dan Konversi Energi untuk Mewujudkan Kemandirian Industri Nasional”**. Berkaitan dengan tema tersebut kami menghadirkan 4 narasumber sebagai pemakalah utama yang menyampaikan materi. Kami Ucapkan Selamat datang dan terimakasih kepada Prof. Dr Ir. Rochim Suratman (ITB), Dr. Danny M Gandana (BPPT), M Sholeh, ST, MT (IP) dan Bapak Oepoyo Prakoso (PT.HOLCIM). Kegiatan kami ini akan dilaksanakan selama dua hari dimana Hari pertama berupa Seminar Nasional, Pameran dan hari kedua Pelatihan Hidrolik disponsori oleh PT Aldik, Welding di sponsor oleh PT Lincoln dan dan Busi oleh PT NGK.

Tak lupa kami sampaikan Selamat datang dan terima kasih kepada perwakilan kolega kami dari Politeknik Negeri Banjarmasin, Politeknik Negeri Samarinda, Politeknik Negeri Makasar dan Politeknik Negeri Padang.

Seminar Nasional ini dapat terselenggara berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini ijin kami mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik beserta jajarannya serta para sponsor yang berpartisipasi dalam kegiatan seminar ini, para peserta seminar atas partisipasinya, serta pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu. Penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada segenap panitia yang telah bekerja keras demi suksesnya kegiatan ini.

Kami menyadari bahwa penyelenggaraan seminar ini masih banyak kekurangan baik dalam penyajian acara, pelayanan administrasi maupun keterbatasan fasilitas. Untuk itu kami mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata semoga peserta seminar mendapatkan manfaat yang besar dari kegiatan ini sehingga mampu mewujudkan atmosfer riset yang baik dan budaya riset yang tangguh, berkelanjutan dan berkualitas sesuai dengan Kebutuhan Industri. Kami mengucapkan SELAMAT MENGIKUTI SEMINAR....dan Terima kasih

Ketua Panitia Seminar Nasional Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta 2018

Dr. Tatun Hayatun Nufus

Daftar Isi

PERANCANGAN PRODUK

1. Rancang Bangun Turbin Impuls Penggerak Generator Listrik Memanfaatkan Gas Buang Mesin Genset 2	
2. Rancang Bangun Modifikasi Mesin <i>Separator Oli</i> Dengan <i>Scrap Aluminium</i> Hasil Sisa Proses HPDC (<i>High Pressure Die Casting</i>)	11
3. Rancang Bangun Alat Pres Beram (<i>Chips</i>) Dengan Kapasitas 2 Ton	19
4. Rancangan Alat Bantu Pemasangan <i>Sealcord</i> Pada <i>Blade Ring</i> Turbin Gas Mitsubishi M701f.....	29
5. Rancang Bangun <i>Jig And Fixture</i> pada Setting T-Shape Box Girder di PT. Bukaka Teknik Utama.....	37
6. Rancang Bangun Electrical Diverter Gate 4D2-DG3 dan 482-DG5.....	45
7. Rancang Bangun Unit Pemurnian Gliserol dan Sintesa Bioplastik dari Limbah Produksi Biodiesel	56
8. Rancang Bangun <i>Fixture Purgig</i> Yang Praktis.....	65
9. Rancang Bangun Mesin Pemipil Jagung Berkapasitas 100 [Kg/Jam] Dengan Daya Motor 5,5 [Hp] Menggunakan Sistem Transmisi Sabuk (<i>Belt & Pulley</i>)	73
10. Rancang Bangun Beltweigher Di 212-BC2	83
11. Simulasi Pembakaran Pada Boiler Subcritical Sebagai Media Pembelajaran Operasi PLTU.....	95
12. Pembuatan Simulator Generator DC Sebagai Media Pembelajaran Generator Pada <i>Engine</i> Caterpillar C15	105
13. Rancang Bangun Alat Penyimpan Daya Dengan Memanfaatkan Energi Magnetik	114
14. Perancangan Sistem Kendali Berbasis PLC Pada Mesin Core Di PT. Bakrie Autoparts	121
15. Rancang Bangun Alat Pemurnian Biogas Tempat Pembuangan Akhir Dengan Larutan NAOH.....	132
16. Rancang Ulang Dan Bangun <i>Jig Guide</i> Dan <i>Leveling Rail</i> LRT (<i>Light Rail Transit</i>)	142
17. Perancangan Bypass Dedusting Duct Pada Belt Conveyor 531-BC3	152
18. Perancangan Bag Filter Tipe Shaker Cleaning Di Batching Plant Pondok Indah 2	162
19. Rancang Bangun <i>Final Drive</i> Kombinasi <i>Bull Gear</i> Dan <i>Planetary Gear</i> Set.....	171
20. Perancangan Tangki Penyimpanan Solar Dengan Kapasitas 1890 m ³	176
21. Rancang Bangun Perkakas Tekan Rumah Slot Pintu	187
22. Perancangan Dedusting Duct dan Hood di Cooler NAR 1	197
23. Rancangan Slug Catcher Untuk Pipa Gas Duri-Dumai.....	207
24. Rancang Bangun Alat Bantu Pembuat Ornamen Teralis Pola Nanas	217
25. Rancang Bangun Press Tool Lencana Berlogo Politeknik Negeri Jakarta	224
26. Rancang Bangun Sistem Sirkulasi Udara pada <i>Cable tunnel</i>	234
27. Rancangan Alat Dock Leveler Untuk PT. XYZ	244
28. Rancangan Mesin Cincang dan Pengaduk Adonan Daging Bakso Dengan Kapasitas 15 [Kg/Jam] Untuk Perusahaan X.....	254

REKAYASA MATERIAL

29. Pengaruh Parameter Arus <i>Discharge</i> dan <i>Servo Sensitivity</i> Pada Kekasaran Permukaan Proses Sinker Edm Material <i>Dies</i> SKD 11	265
30. Modifikasi Plat Proteksi Material Pada K8B-BC5.....	274
31. Machineability of Hemp Fiber Composite	284

MANUFAKTUR DAN PROSES PRODUKSI

32. Optimasi Proses Tutup Buku Di Departemen Controlling Pt. Holcim Indonesia Studi Kasus Penyebab <i>Blade</i> Patah Pada Mesin <i>Re-Weaving</i> Omni Plus Tc 800 Di PT. X.....	294
33. Pembuatan Process Safety Analysis pada Preheater 444-PH1	304
34. Rancang Bangun Sistem Loader Semi-Otomatis Pada Mesin Cutting Pipe Lower PT. X.....	314
35. Mengurangi Bari Pada Produk Mold Injection Di PT. XYZ	321
36. Peningkatan Kapasitas Produksi <i>Cross Member FE TD</i> Proses <i>Ist Area Small A</i>	328

PERAWATAN DAN PERBAIKAN

37. Perbaikan Pada Perawatan Pencegahan Pada <i>Secondary Crusher Area Finish Mill</i>	339
38. Penjadwalan Walk by Inspection pada Area Alternative Raw Material Feeding Facility di Perusahaan Semen	348

39. Perencanaan Perawatan Pencegahan Rutin pada Area <i>Fly Ash Receiving And Conveying</i>	358
40. Perawatan Pencegahan pada <i>Bridge Crane Nippon Hoist</i> di PT. X	366
41. Pembuatan Jadwal Preventive Maintenance Routine Area <i>Greenzone 1</i> di PT. Holcim Indonesia	378
42. Perencanaan Preventive Maintenance Pada Mesin Hopper Dryer	388
43. Perencanaan Perawatan Mesin <i>Injection Molding</i> Dengan Metode <i>Realibility Centered Maintenance</i> di PT. XY	394
44. Perawatan Sistem Turbin Uap (<i>steam turbine</i>) F.D.FAN (<i>forced draft fan</i>) di Stasiun Ketel (Studi Kasus : PT. Kebon Agung PG. Trangkil – Pati).....	403
45. Peningkatan Produktivitas Melalui <i>Relayout</i> Mesin <i>Cutting</i> Otomatis & Perbaikan Sistem Kerja Pada <i>Line Cutting</i> (Study Kasus PT.XYZ).....	413
46. Analisis Kerusakan <i>Combustion Chamber</i> Menggunakan Metode FMEA dan RCFA	423
47. Perencanaan Perawatan Mesin Winder Tw 563 di PT. X	433
48. Perbaikan <i>Feeder</i> Pada Reaktor Mesin Gasifikasi Biomassa Di PT. Rekayasa Energi Global.....	439
49. Perbaikan <i>Stirer</i> Pada Reaktor <i>Gasifier</i> Biomassa di PT. X.....	445
50. Perbaikan Turbin Angin Hybrida di Kampung Bungin Bekasi	454
51. Perawatan Gasifier Biomassa PT. X.....	461
52. Perbaikan <i>Liner Outlet Chute</i> 361-CV1 Untuk Meningkatkan Ketahanan Terhadap Laju Keausan	471
53. Pemeliharaan dan Perbaikan Sistem Penghubung Motor Penggerak <i>Circular Knives</i> Pada <i>Bag Shredder</i> 661 – SH1 di Industri Semen	479
54. Usulan Kebijakan <i>Maintenance</i> Menggunakan Metode <i>RAM Analysis</i> dan RCM di PT XYZ	489
55. Perencanaan Preventive Maintenance Mesin <i>Cutting S-250 HA</i> Everising di PT. X.....	499

KONVERSI ENERGI

56. Audit Energi Pada Rumah Sederhana	513
57. Analisis Pemakaian <i>Close Cooling Water Fan</i> Pada Gas Turbin PLTGU UJP Cilegon.....	523
58. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Putaran, Torsi dan Medan Magnet Pada Mendocino Motor.....	531
59. Pemanfaatan Mikroalga Menjadi Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Mesin Kapal Nelayan Kota Bontang	538
60. Rancang Bangun Model Wind Turbine Poros Horizontal Tipe NACA 2412.....	543
61. Analisis Pengaruh Variasi Nilai Laju Aliran Bahan Bakar dan Udara Terhadap Efisiensi Turbin Gas..	555
62. Aplikasi Simulasi Sistem Pengapian Boiler <i>Supercritical</i> dengan LabVIEW	558

TEKNOLOGI ALAT BERAT DAN OTOMOTIF

63. Perbaikan Sistem Kelistrikan Pada Unit Mini HEX 302.5.....	571
64. Analisa Unjuk Kerja Simulator <i>Synchromesh</i> di Workshop Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta	580
65. Mutu Staf Pengajar Dalam Mencapai Kompetensi Program Studi Teknik Alat Berat	587
66. Simulator Cara Kerja <i>Air Starting</i> Sebagai Media Pembelajaran Mahasiswa Teknik Alat Berat	592
67. Efektivitas Media Pembelajaran <i>Piston Pump Hydraulic</i> di <i>Workshop</i> Alat Berat.....	602
68. Optimalisasi Simulator <i>Fundamental Hydraulic</i> di <i>Workshop</i> Teknik Alat Berat	612
69. Analisa Keausan pada <i>Engine Unit Mini Excavator</i> 302.5 dengan Metode S.O.S Lab	620
70. Penerapan Perangkat Simulator Excavator Sebagai Media Pembelajaran Pengoperasian Mesin Alat Berat	629
71. Optimalisasi Kelistrikan Pada <i>Control Panel Engine</i> 3126B di Workshop Alat Berat	639
72. Studi Kasus Penyebab Kegagalan <i>Shaft Pulley</i> Pada <i>Blower</i> RGS-J-418 di PT. X	646
73. Pemasangan Alat Bantu <i>Fitting Connector</i> Untuk Pengukuran <i>Pressure</i> Pada <i>Engine</i> 3406E dan 3126B	655
74. Pembuatan Simulator Siklus Pembakaran Empat Langkah Pada Engine Diesel	665
75. Implementasi Pengisolasian Energi Berbahaya Dengan Menerapkan Loto di Area Gedung Alat Berat.....	673
76. Simulator Sistem Hidrolik <i>Undercarriage</i> Unit Mini <i>Excavator</i> 302.5	682

TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI

77. Modifikasi Mesin <i>Electric Winch</i> PT. X.....	691
---	-----

PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

78. Analisa Penambahan 2 Fan <i>Blade Cooling Tower</i> Terhadap Efektivitas <i>Cooling Tower</i> dan Efisiensi Turbin	702
79. Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut <i>Buoyant Float</i> dengan Variasi Periode Gelombang	710
80. Analisis Pengaruh Efektivitas Kondensor Terhadap Beban Generator PLTP Dieng Unit I	718
81. Analisis Pengaruh <i>Fouling</i> Terhadap Performa <i>Plate Heat Exchanger</i> Saat <i>Peak Load</i>	726
82. Analisis Prosentase Bukaan Damper Primary Air dan Damper Secondary Air Terhadap Air Fuel Ratio.....	735
83. Multiobjektif Optimisasi PLTU Pelabuhan Ratu Unit I Relatif Terhadap Jenis Batu Bara.....	742
84. Analisis Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Kinerja dan Efisiensi Turbin Uap Di PLTP Unit I Dieng	749
85. Aplikasi <i>Flywheel</i> Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Turbin Sentrifugal	757
86. Analisis Pengaruh Karbon Dioksida Bahan Bakar Gas Perusahaan Supplier Terhadap NPHR Pembangkit.....	766
87. Kajian Prediksi Sisa Umur Pada Komponen Bertekanan <i>Heat Recovery Steam Generator</i>	772
88. Analisis Pengaruh <i>HPH Out Service</i> terhadap Efisiensi Isentropik Turbin PLTU Indramayu Unit 2 ...	779

KAJIAN PENERAPAN TEKNOLOGI

89. Pengaruh <i>Steam Tube Dryer</i> Pada Peningkatan <i>Fuel Saving</i> Bahan Bakar Batubara Rendah	789
90. Analisis Pengaruh Penggunaan <i>Sootblower</i> Terhadap Efisiensi Boiler	796
91. Analisis Kerugian Panas <i>Boiler</i> Terhadap <i>Net Plant Heat Rate</i> dengan Metode <i>Indirect</i>	802
92. Membuat Pengisi Baterai Handphone Menggunakan Thermoelectrik Generator Dengan Membandingkan Bahan Bakar Spiritus dan Minyak Tanah	809
93. <i>Smart Fishing Boat</i> Integrasi <i>Refrigerator</i> Dan Propulsi <i>System</i> Kapal Nelayan di Kota Bontang.....	815
94. Analisis Pemanfaatan <i>Outfall Canal</i> Badak LNG Pada Siklus <i>Ocean Thermal Energy</i> (OTEC) Dengan Menggunakan Beberapa Macam <i>Refrigerant</i>	822
95. Aplikasi Panel Kontrol Siklus Rankine dengan <i>Reheater</i> dan <i>Regenerator</i> Berbasis LabVIEW	829

PERANCANGAN PRODUK

**RANCANG BANGUN TURBIN IMPULS PENGGERAK GENERATOR LISTRIK
MEMANFAATKAN GAS BUANG MESIN GENSET**

**Mohammad Hanin Rafy Shiddiq; Adha Nurapriyan; Delia Shaphira Ananda; Ramaditya Putera
Bermuda; Agus Sukandi; Budi Santoso**

*Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, Jawa Barat 16242
Telp. Dan Fax. (021) 7863530
haninrafy@gmail.com*

Abstrak

Generator set sebagai pembangkit listrik dengan tenaga penggerak mesin bensin menghasilkan gas buang hasil dari pembakaran dalam mesin. Gas buang ini umumnya tidak dimanfaatkan hanya dibiarkan mengalir ke lingkungan. Oleh karena itu aliran gas buang ini akan dimanfaatkan dengan membuat "Rancang Bangun Turbin Impuls Sebagai Penggerak Generator Listrik Memanfaatkan Aliran Gas Buang Mesin Genset". Aliran gas buang dari mesin bensin 4 langkah 3,5 HP sebagai penggerak mesin genset yang dialirkan untuk memutar turbin impuls yang sudah didesain secara khusus agar dapat diputar oleh aliran gas buang. Turbin yang berputar dapat digunakan untuk menggerakkan generator agar dapat membangkitkan energi listrik. Generator akan dipasang beban resistor 1Ω kemudian dihitung daya listrik yang dihasilkan, sehingga dapat dianalisa seberapa besar gas buang yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Dengan memanfaatkan gas buang mesin genset mendapatkan daya listrik tambahan sebesar 6,68971 mW pada kecepatan gas buang 6,2 m/s; 5,3785 mW pada kecepatan gas buang 6,6 m/s; 7,55131 mW pada kecepatan gas buang 6,8 m/s; 8,41788 mW pada kecepatan gas buang 7,4 m/s; 15,4415 mW pada kecepatan gas buang 7,7 m/s; 20,2398 mW pada kecepatan gas buang 8,4 m/s; 23,1667 mW pada kecepatan gas buang 10,0 m/s.

Kata kunci: genset, gas buang, turbin impuls

Abstract

Generator sets as a electricity generator with a propulsion of gasoline engine to produce exhaust gas from the combustion in the engine. This exhaust gas is generally not utilized and flow into the environment. Therefore the flow of exhaust gas will be utilized by making "Design of Impulse Turbine as the Generator of Electric Generator Utilizing Gas Flue Gas Generator Flow". The flow of exhaust gas from 4 strokes 3.5 HP gasoline engine as a prime mover of generator set engine which is flown to rotate impulse turbine which has been specially designed to be rotated by the flow of exhaust gas. The rotating turbine can be used to power the generator to generate electrical energy. The generator will be connected with an 1Ω resistor and then calculate the electric power generated, so it can be analyzed how much exhaust gas that can be converted into electric energy By utilizing the exhaust from genset, the engine gets an additional power of 6,68971 mW at 6.2 m/s velocity of exhaust gas; 5,3785 mW at 6.6 m/s velocity of exhaust gas; 7,55131 mW at 6.8 m/s velocity of exhaust gas; 8,41788 mW at 7.4 m/s velocity of exhaust gas; 15,4415 mW at 7.7 m/s velocity of exhaust gas; 20,2398 mW at 8.4 m/s velocity of exhaust gas; and 23,1667 mW at 10.0 m/s velocity of exhaust gas.

Keywords: genset, exhaust gas, impulse turbine

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya ekonomis yang paling utama yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan. Mesin Genset (*Generator Set*) merupakan salah satu penghasil energi listrik. Genset terdiri dari generator sebagai pembangkit listrik dan mesin penggerak yang digabung dalam satu set unit untuk menghasilkan tenaga listrik [1]. Salah satu mesin penggerak pada genset adalah mesin bensin. Mesin bensin menghasilkan gas buang hasil dari pembakaran dalam mesin. Gas buang ini umumnya tidak dimanfaatkan hanya dibiarkan mengalir ke lingkungan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk memanfaatkan gas buang hasil pembakaran mesin bensin penggerak genset [2].

Aliran gas buang dari mesin bensin akan dimanfaatkan untuk memutar turbin impuls. Putaran dari turbin impuls digunakan untuk memutar generator listrik tambahan. Listrik yang dihasilkan generator akan diukur tegangannya menggunakan voltmeter untuk dianalisa nilai konversi dari aliran gas buang menjadi energi listrik. Dengan begitu gas buang pada mesin bensin yang biasa terbuang ke alam bebas dengan percuma, kini bisa dimanfaatkan kembali.

II. METODE PENELITIAN

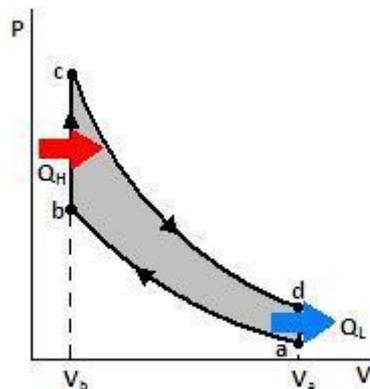
Pada penelitian ini aliran gas buang dari mesin bensin 4 langkah 3,5 HP sebagai penggerak mesin genset akan dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin impuls. Turbin impuls akan berputar akibat gaya dorong dari gas buang sehingga dapat menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan langkah-laangkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan mesin yang akan digunakan dalam pengujian. Pada penelitian ini mesin yang digunakan adalah mesin genset dengan spesifikasi seperti pada Tabel.2.1 berikut.

Tabel.2.1 Spesifikasi Mesin Genset

Merk - Type	STAR – SPG1880
Frekuensi	50 Hz
Daya Maksimum	1,1 KW
Faktor Daya	1
Phase	Single
Mesin Penggerak	4 langkah OHV
Kapasitas Silinder	98 cc
Daya Maksimum Mesin	3,5 HP/3600 RPM

Siklus kerja dari mesin bensin dapat dilihat pada Gambar.2.1.



Gambar.2.1 Siklus Mesin Bensin 4 Langkah

Siklus di atas tersiri dari 4 proses, yakni :

1. Proses pemasukan campuran bahan bakar-udara yang dilanjutkan dengan langkah kompresi (a – b)
2. Pada akhir langkah kompresi campuran bahan bakar-udara di dalam ruang bakar (silinder) terjadi proses pembakaran pada volume konstan. Pada proses pembakaran ini sejumlah kalor akan dihasilkan dan dapat digunakan untuk proses berikutnya (b – c).
3. Proses ekspansi atau langkah tenaga (kerja). Dalam proses ini, gas panas hasil pembakaran akan mendorong piston melakukan ekspansi dan menghasilkan tenaga atau kerja (c – d).
4. Langkah pembuangan gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar (silinder) atau langkah buang (d – a).

Daya motor adalah besarnya kerja motor yang terjadi selama waktu tertentu [3]. Pada motor 4 langkah, tiap dua kali putaran poros engkol terjadi dalam satu siklus. Daya motor 4 langkah dapat dihitung dengan Persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$P = \frac{p_r \cdot A \cdot s \cdot n \cdot z \cdot a}{60} \quad (2.1)$$

di mana:

P = daya motor [Watt]

p_r = tekanan rata-rata [N/m^2]

A = luas piston [m^2]

s = langkah piston [m]

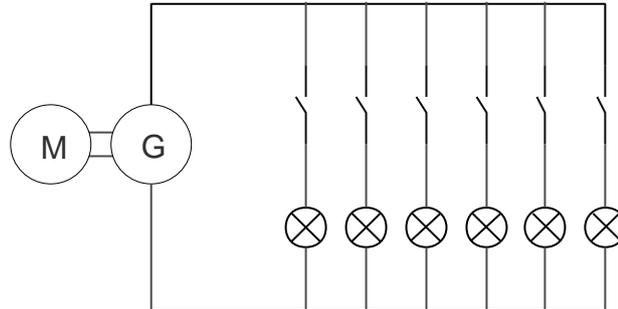
n = putaran mesin [RPM]

z = jumlah silinder

a = siklus perputaran (untuk 4 langkah a = 1/2)

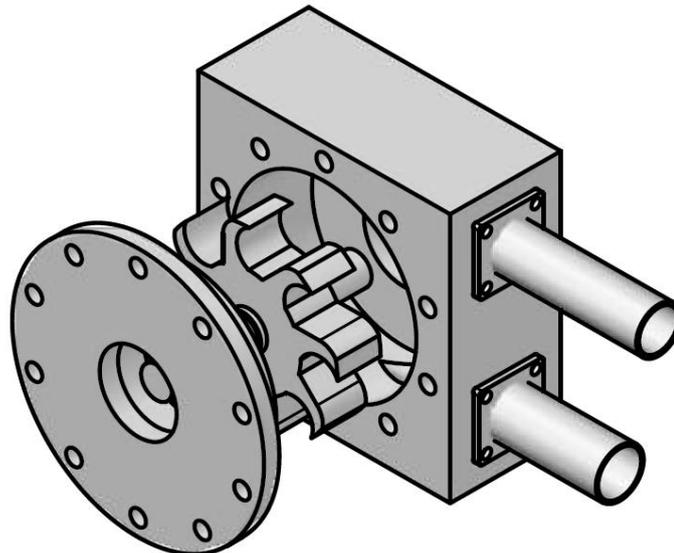
2. Menghidupkan mesin untuk memulai pengukuran kelajuan aliran gas buang pada ujung knalpot mesin sebelum dihubungkan ke turbin menggunakan *anemometer*. Pada pengukuran ini dilakukan

variasi beban 6 buah lampu pijar 100 W yang dihubungkan ke mesin genset dengan rangkaian seperti pada Gambar.2.2 di bawah ini. Putaran mesin genset akan semakin cepat apabila beban yang dihubungkan semakin banyak.

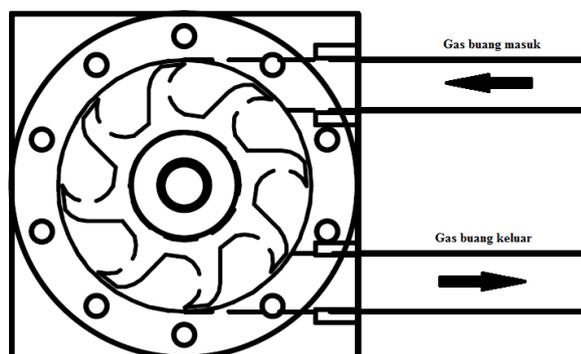


Gambar.2.2 Rangkaian Pengujian

3. Merakit komponen turbin dan menghubungkannya dengan ujung knalpot dari mesin genset dengan arah aliran yang diilustrasikan seperti pada Gambar.2.4 berikut.



Gambar.2.3 Komponen Turbin



Gambar.2.4 Aliran Gas Buang Masuk dan Keluar Turbin

Daya dorong gas buang terhadap sudu turbin:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot v^3 \cdot A \quad (2.5)$$

Dengan:

P = daya dorong [watt]

ρ = masa jenis gas buang [kg/m^3]

A = luas area sudu [m^2]

v = kecepatan aliran gas buang [m/s]

Daya poros turbin [5]:

$$P = M \cdot \omega \quad (2.6)$$

Dengan:

P = daya poros turbin [watt]

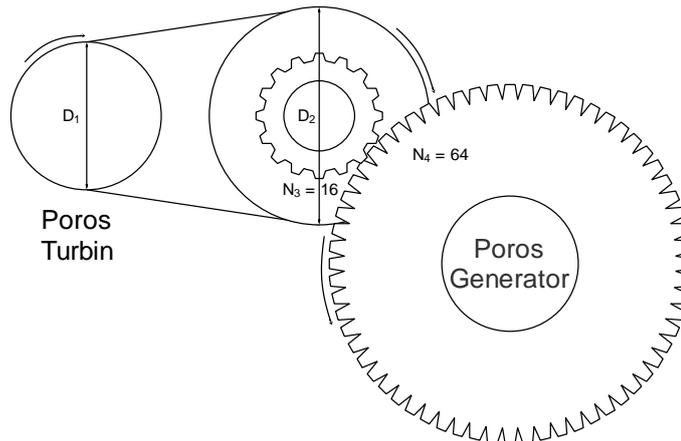
M = torsi [Nm]

ω = kecepatan sudut [rad/s]

Jika daya poros turbin merupakan hasil dari daya dorong gas buang terhadap sudu turbin maka

$$M \cdot \omega = \frac{1}{2} \rho \cdot v^3 \cdot A \quad (2.7)$$

Poros turbin dihubungkan dengan poros generator sebagai penghasil listrik menggunakan transmisi daya berupa *belt pulley* dan roda gigi seperti pada Gambar.2.5 berikut.



Gambar.2.5 Transmisi Daya dari Poros Turbin ke Poros Generator

Poros turbin sebagai penggerak poros generator dengan rasio sebagai berikut:

$$N_r = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.8)$$

Di mana:

$$N = \frac{2\pi \cdot r}{Pitch} \quad (2.9)$$

N_r = Rasio Transmisi

r = jari –jari roda gigi

N_1 = jumlah gigi roda Penggerak

N_2 = jumlah gigi roda yang digerakkan

Maka:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_1}{r_2} \quad (2.10)$$

Karena kecepatan linier poros turbin (v_1) sama dengan kecepatan linier pulley (v_2) maka

$$v_1 = v_2 \quad (2.11)$$

Dimana:

$$v = \omega \cdot r \quad (2.12)$$

v = kecepatan [m/s]

ω = kecepatan sudut [rad/s]

r = jari-jari [m]

Maka:

$$\omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (2.13)$$

Jika:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad (2.14)$$

di mana:

n = putaran tiap menit [RPM]

Maka:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.15)$$

Jika diameter pulley (D_2) 2 cm dan diameter poros turbin (D_1) 1 cm. Maka berdasarkan Persamaan 2.12 besarnya putaran pulley adalah

$$\frac{1}{2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_2 = \frac{1}{2} n_1 \quad (2.16)$$

Jika pulley seporos dengan gear kecil maka putaran pulley (n_2) sama dengan putaran gear kecil (n_3). Maka, rasio transmisi antara gear kecil dengan gear besar adalah

$$\frac{N_3}{N_4} = \frac{n_4}{n_3} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.17)$$

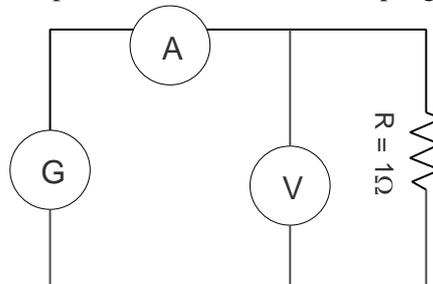
Jika jumlah gigi pada roda gigi kecil (N_3) 16 dan jumlah gigi pada roda gigi (N_4) 64 maka dengan mensubstitusi Persamaan 2.13 dengan Persamaan 2.14 rasio transmisi antara poros turbin dengan poros generator adalah

$$\frac{16}{64} = \frac{n_4}{n_1}$$

$$\frac{n_1}{n_4} = \frac{64}{16}$$

$$n_1 = 8n_4$$

4. Rangkaian generator DC dengan beban *resistor* 1Ω seperti pada Gambar.2.6 di bawah ini. Pengukuran ini dilakukan dengan variabel yang sama yaitu dengan variasi beban 6 buah lampu pijar 100 W yang dihubungkan ke mesin genset. Hidupkan mesin untuk memulai pengukuran.



Gambar.2.6 Rangkaian Pengujian Generator DC

Daya listrik yang dihasilkan generator dapat dihitung dengan Persamaan 2.18 berikut ini.

$$P = V \cdot I \quad (2.18)$$

Dimana:

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

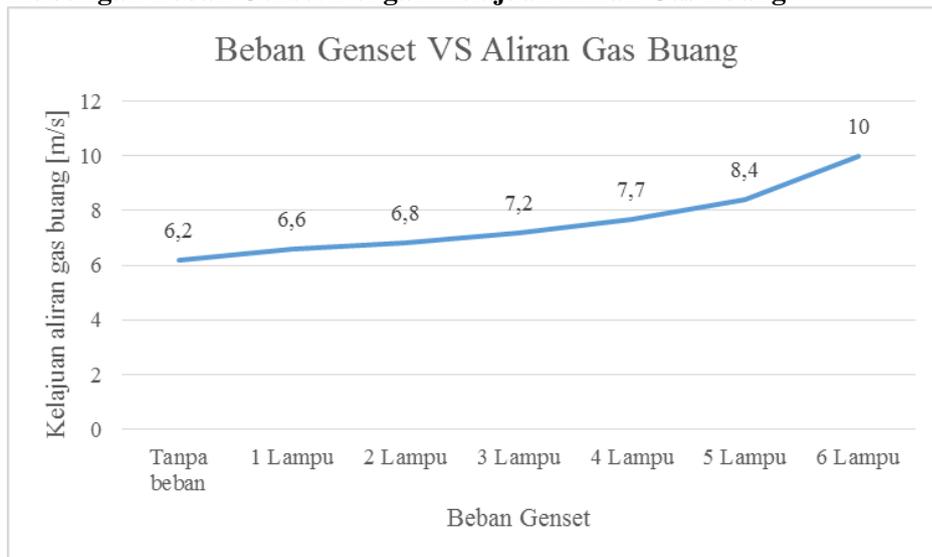
1. Hasil Pengukuran Kelajuan Aliran Gas Buang

Pengukuran kelajuan aliran gas buang pada ujung knalpot mesin genset menggunakan *anemometer* dengan variasi beban 6 buah lampu pijar 100 W yang dihubungkan ke mesin genset dengan rangkaian seperti pada Gambar.2.2 Berikut hasil pengukuran kelajuan aliran gas buang disajikan dalam Tabel.3.1 :

Tabel.3.1 Hasil Pengukuran Kelajuan Aliran Gas Buang

No	Beban Genset	Kelajuan aliran gas buang [m/s]
1	Tanpa beban	6,2
2	1 Lampu	6,6
3	2 Lampu	6,8
4	3 Lampu	7,2
5	4 Lampu	7,7
6	5 Lampu	8,4
7	6 Lampu	10

Grafik Hubungan Beban Genset Dengan Kelajuan Aliran Gas Buang



Gambar.3.1 Grafik Hubungan Beban Genset Dengan Kelajuan Aliran Gas Buang

Pada Gambar.3.1 menunjukkan hasil pengukuran kelajuan aliran gas buang pada ujung knalpot mesin genset menggunakan anemometer dengan variasi beban 6 buah lampu pijar 100 W yang dihubungkan ke mesin genset. Mesin genset pada kondisi tanpa beban menghasilkan kelajuan aliran gas buang sebesar 6,2 m/s. Jika mesin genset dibebani dengan lampu pijar sejumlah 1 sampai 6 maka kelajuan aliran gas buang yang dihasilkan berturut-turut 6,6 m/s; 6,8 m/s; 7,2 m/s; 7,7 m/s; 8,4 m/s; dan 10 m/s.

Grafik diatas menunjukkan peningkatan kecepatan aliran gas buang akibat dari penambahan beban yang tersambung ke mesin genset. Hal ini disebabkan mesin genset memiliki sistem penyesuaian secara otomatis agar frekuensi dan tegangan yang dihasilkan stabil. Sehingga bahan bakar yang dibutuhkan bertambah jika beban yang tersambung ke mesin genset bertambah. Hal ini menyebabkan laju aliran gas buang yang dihasilkan lebih cepat.

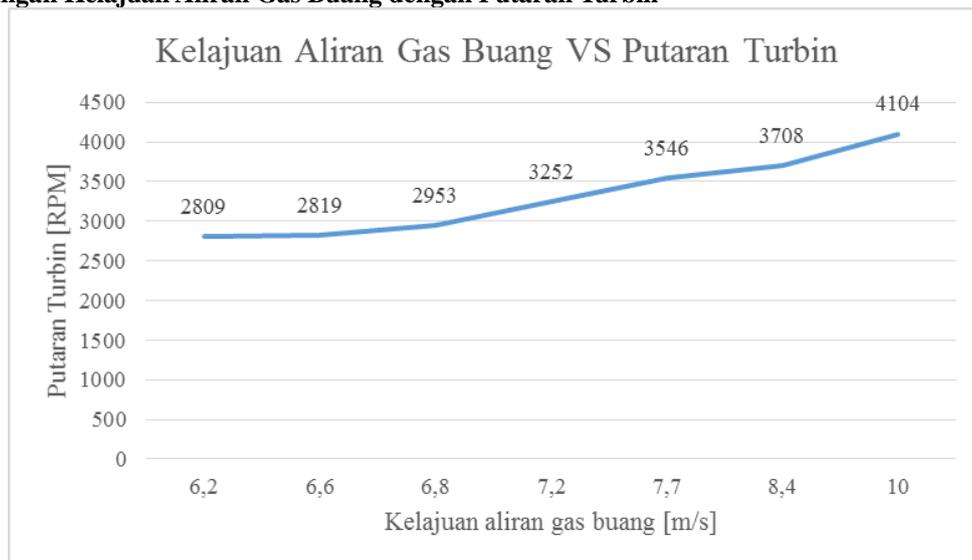
2. Hasil Pengukuran Putaran Turbin

Transmisi daya dari poros turbin ke poros generator dilepas untuk mengukur putaran yang dihasilkan turbin menggunakan *tachometer*. Setelah putaran turbin diukur, besarnya daya dorong gas buang terhadap turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.5. Jika daya turbin telah dihitung maka besarnya torsi yang dihasilkan turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6. Data hasil pengukuran dan perhitungan disajikan dalam Tabel.3.2 berikut ini.

Tabel.2.2 Data Putaran, Daya, dan Torsi Turbin

No	Kelajuan aliran gas buang [m/s]	Putaran Turbin [RPM]	Daya Turbin [watt]	Torsi turbin [Nm]
1	6,2	2809	1,1597	0,003944364
2	6,6	2819	1,2345	0,004183944
3	6,8	2953	1,2719	0,00411512
4	7,2	3252	1,3467	0,003956571
5	7,7	3546	1,4402	0,003880512
6	8,4	3708	1,5712	0,004048336
7	10	4104	1,8704	0,004354414

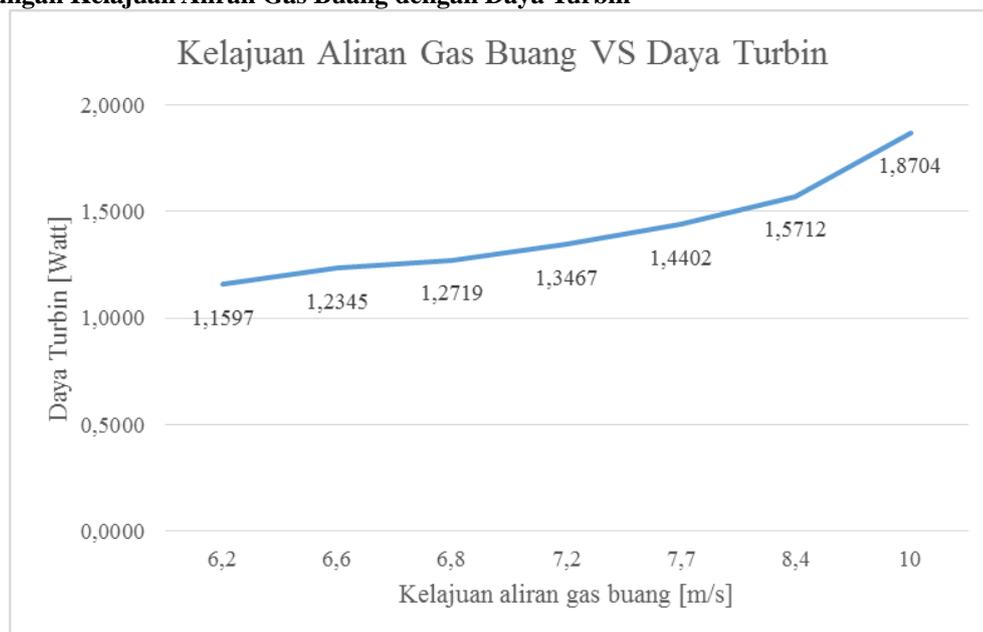
Grafik Hubungan Kelajuan Aliran Gas Buang dengan Putaran Turbin



Gambar.3.3 Grafik Hubungan Kelajuan Aliran Gas Buang dengan Putaran Turbin

Pada Gambar.3.3 di atas menunjukkan hubungan antara kelajuan aliran gas buang dengan putaran turbin. Pada grafik tersebut terlihat bahwa putaran turbin yang dihasilkan akan semakin cepat apabila aliran gas buang yang mengenai turbin akan semakin cepat. Secara teori hal ini ditunjukkan pada Persamaan 2.7.

Grafik Hubungan Kelajuan Aliran Gas Buang dengan Daya Turbin



Gambar.3.4 Grafik Hubungan Kelajuan Aliran Gas Buang dengan Daya Turbin

Pada Gambar.3.4 di atas menunjukkan hubungan antara kelajuan aliran gas buang dengan daya turbin. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin cepat kelajuan aliran gas buang yang mengenai turbin maka daya turbin yang dihasilkan akan semakin besar juga. Hal ini terjadi karena nilai kelajuan aliran gas buang sangat berpengaruh untuk mencari besarnya daya turbin pada Persamaan 2.5. Dengan kata lain nilai kelajuan aliran gas buang berbanding lurus dengan daya turbin yang dihasilkan.

3. Hasil Pengukuran Tegangan

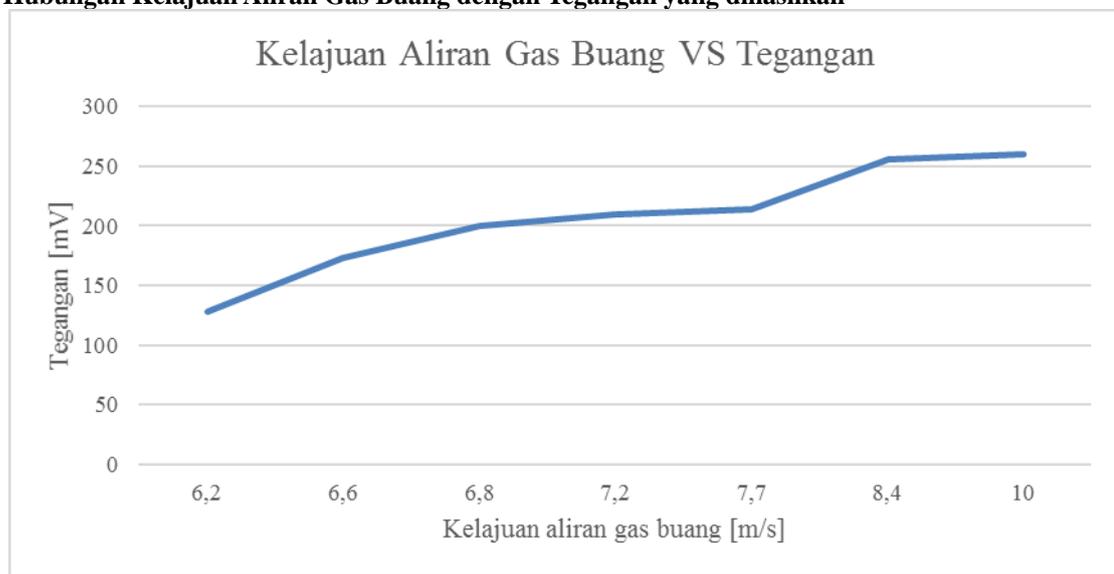
Poros turbin dihubungkan dengan poros generator menggunakan transmisi daya berupa belt pulley dan roda gigi seperti pada Gambar. 2.5. Poros generator yang berputar dapat menghasilkan tegangan yang diukur menggunakan *voltmeter*. Generator dibebani dengan *resistor* 1Ω yang dirangkai seperti pada Gambar. 2.6. Pada pengukuran ini dilakukan dengan variabel yang sama yaitu dengan variasi beban 6 buah lampu pijar

100 W yang dihubungkan ke mesin genset. Setelah data tanganan diperoleh maka daya listrik dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.18. Hasil pengukuran dan perhitungan disajikan dalam Tabel.3.3 berikut.

Tabel. 3.3 Pengukuran Pembangkitan Tegangan Listrik dari Energi Gas Buang Mesin Genset

No	Beban Genset	Kelajuan Aliran Gas Buang [m/s]	Tegangan [mV]	Arus [mA]	Daya Listrik [mW]
1	Tanpa beban	6,2	127,7	27	3,4479
2	1 Lampu	6,6	173,5	31	5,3785
3	2 Lampu	6,8	200,3	37,7	7,55131
4	3 Lampu	7,2	209,4	40,2	8,41788
5	4 Lampu	7,7	213,6	62,5	13,35
6	5 Lampu	8,4	256,2	79	20,2398
7	6 Lampu	10	260,3	89	23,1667

Grafik Hubungan Kelajuan Aliran Gas Buang dengan Tegangan yang dihasilkan



Gambar. 3.5 Grafik Hubungan Kelajuan Aliran Gas Buang dengan Tegangan yang Dihasilkan

Gambar. 3.5 merupakan gambar grafik hubungan kelajuan aliran gas buang dengan tegangan listrik yang dihasilkan. Pada grafik di atas terlihat tegangan yang dihasilkan akan semakin besar nilainya jika kelajuan aliran gas buang semakin cepat. Seperti pada pembahasan Gambar.3.4 apabila beban yang dihubungkan ke mesin genset bertambah maka mesin genset akan menyesuaikan putaran mesin agar berputar lebih cepat. Sehingga gas buang yang dihasilkan akan lebih cepat jika putaran mesin bertambah. Kelajuan aliran gas buang yang semakin cepat akan membuat putaran turbin semakin cepat untuk memutar generator. Karena putaran generator sangat mempengaruhi besar tegangan yang dihasilkan.

Setelah data tegangan diperoleh daya listrik yang dihasilkan generator dihitung menggunakan Persamaan 2.18 dengan nilai $R=1\Omega$. Mesin genset dengan kondisi tanpa beban dapat menghasilkan daya listrik tambahan sebesar 3,4479 mW. Jika mesin genset dibebani dengan lampu pijar sejumlah 1 sampai 6 maka diperoleh daya listrik tambahan berturut-turut sebesar 5,3785 mW; 7,55131 mW; 8,41788 mW; 13,35 mW; 20,2398 mW; dan 23,1667 mW.

Penelitian "Rancang Bangun Turbin Impuls Sebagai Penggerak Generator Listrik Memanfaatkan Aliran Gas Buang Mesin Genset" yang diaplikasikan pada mesin genset berkapasitas 1,1 kW dengan mesin bensin 4 langkah 3,5 HP sebagai penggerak terbukti dapat menghasilkan daya listrik tambahan walaupun nilainya sangat kecil. Hal ini terjadi karena aliran gas buang yang dihasilkan mesin genset ini terlalu kecil. Diperlukan aliran gas buang yang lebih cepat untuk mendapatkan daya listrik tambahan yang lebih besar. Misalkan pada mesin sepeda motor dengan volume silinder yang sama yaitu 100 cc tetapi daya motor yang dihasilkan lebih besar yaitu 7,3 HP pada putaran 8000 RPM. Karena putaran mesin juga mempengaruhi aliran gas buang yang dihasilkan.

KESIMPULAN

- Dengan memanfaatkan aliran gas buang pada mesin genset berkapasitas 1,1 kW dengan mesin bensin 4 langkah 3,5 HP sebagai penggerak terbukti dapat menghasilkan daya listrik tambahan walaupun nilainya sangat kecil.
- Mesin genset memiliki sistem penyesuaian secara otomatis agar frekuensi dan tegangan yang dihasilkan stabil. Sehingga bahan bakar yang dibutuhkan bertambah jika beban yang tersambung ke mesin genset bertambah. Hal ini menyebabkan gas buang yang dihasilkan lebih cepat.
- Aliran gas buang berbanding lurus dengan putaran turbin sehingga semakin cepat aliran gas buang semakin cepat putaran turbin. Semakin cepat putaran turbin maka semakin cepat juga putaran generator sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan.
- Dengan memanfaatkan gas buang mesin genset dengan kondisi tanpa beban dapat menghasilkan daya listrik tambahan sebesar 3,4479 mW. Jika mesin genset dibebani dengan lampu pijar sejumlah 1 sampai 6 maka diperoleh daya listrik tambahan berturut-turut sebesar 5,3785 mW; 7,55131 mW; 8,41788 mW; 13,35 mW; 20,2398 mW; dan 23,1667 mW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mengenal Genset dan Kegunaannya, www.hartech.co.id/post/berita/mengenal-genset-dan-kegunaannya. [Diakses 15 April 2018].
- [2] A. Habib, I. Shidqi, R. Ardiansyah dan R. Faisal, "Rancang Bangun Konversi Energi Kinetik Gas Buang Kendaraan Bermotor Menjadi Energi Listrik", Politeknik Negeri Jakarta, 2011.
- [3] B. Arends dan H. Berenschot, "Motor Bensin", Jakarta: Penerbit Erlangga, 1980.
- [4] Ridwan, "Mekanika Fluida Dasar", Depok: Penerbit Gunadarma.
- [5] R. Sandy, Analisis momentum aliran fluida, 18 Desember 2013
<https://www.slideshare.net/RockSandy/analisis-momentum-aliran-fluida>. [Diakses 25 Mei 2018].

RANCANG BANGUN MODIFIKASI MESIN SEPARATOR OLI DENGAN SCRAP ALUMINIUM HASIL SISA PROSES HPDC (*HIGH PRESSURE DIE CASTING*)

**M Ridho Novri Syah Putra¹, Ariepp Abdul Rozak², Dzul Jalaali Sihabuddin², Nadya Dewi Akmal²,
Hamdi², Estuti Budimulyani²**

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425,
08121914040, m.ridhonovrisyahputra@gmail.com

² Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Proses High Pressure Die Casting yang digunakan di PT X untuk membuat part yang berbahan dasar aluminium dengan teknologi die casting. Ketika proses produksi berlangsung akan menghasilkan part disertai dengan scrap aluminium yang berasal dari sisa proses casting yang mengandung oli akibat pelumasan pada bagian injection casting. Scrap yang dihasilkan akan di daur ulang menjadi molten, namun karena adanya oli mengakibatkan proses peleburan yang menggunakan listrik sebagai media pemanas menghasilkan asap hitam dan percikan api yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan mesin separator yang berfungsi memisahkan oli dari scrap menggunakan media debu sisa proses grinding dan deburring pada tahapan finishing part aluminium. Metodenya adalah scrap yang mengandung aluminium beserta debu dimasukkan ke dalam bak penampung dengan perbandingan 7 : 1 [kg], mesin akan melakukan pengadukan selama 10 [menit] dan melakukan pembilasan menggunakan media air, diakhiri dengan proses penirisan scrap aluminium untuk mengurangi kadar air yang menempel pada scrap. Scrap yang telah diproses akan dipindahkan ke ruang melting untuk di daur ulang menjadi molten. Rancangan mesin separator dibuat dengan ukuran panjang 1102 [mm], lebar 720 [mm], dan tinggi 898 [mm], dengan kapasitas maksimal 15 kg dalam satu kali proses pengolahan scrap aluminium.

Kata kunci : oli, scrap aluminium, debu, casting

Abstract

High Pressure Die Casting process used in PT X to make parts that made from aluminium materials with die casting technology. When the production process takes place will produce parts accompanied by aluminium scrap derived from the rest of the casting process containing oil due to lubrication in the injection casting section. The resulting scrap will be recycled to molten, but because of the oil resulted in a melting process that uses electricity as a heating medium produces black smoke and a large spark. To overcome this required separator engine that serves to separate the oil from scrap using the dust media residual grinding and deburring process at the stage of finishing part aluminium. The method is a scrap containing aluminium and dust into a 7: 1 [kg] container, the machine will perform stirring for 10 minutes and rinse it with water, ending with a scraping process of aluminium scrap to reduce the moisture content attached on scrap. Scrap that has been processed will be moved to the melting room to be recycled into molten. The design of the separator machine is made with a length of 1102 [mm], width of 720 [mm], and height of 898 [mm], with a maximum capacity of 15 kg in a single process of aluminium scrap processing.

Keywords : oil, aluminium scrap, dust, casting

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT X merupakan perusahaan yang memproduksi komponen otomotif dan produk terkait lainnya yang menggunakan bahan dasar aluminium dengan proses *die casting*. Salah satu bagian produksinya menggunakan sistem *high pressure die casting*. *High pressure die casting* adalah teknik pengecoran dengan menggunakan tekanan tinggi untuk menghasilkan sebuah produk, dimana logam cair masuk ke dalam cetakan logam akibat pengaruh *injection*.

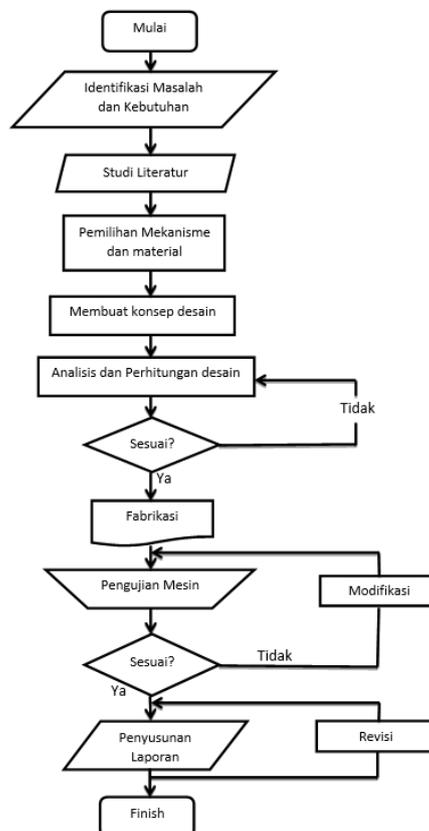
Proses produksi akan menghasilkan *part* disertai dengan *scrap* aluminium yang berasal dari sisa proses *casting* yang terkena oli akibat pelumasan pada bagian *injection casting*. *Scrap* aluminium yang dihasilkan berasal dari penuangan yang tidak sempurna dari *ladle* ke *plunger*, akibatnya *molten* ada yang terjatuh ke area sekitar *plunger*. *Ladle* merupakan gayung untuk mengambil *molten* ke *plunger* yang merupakan wadah *molten* yang siap untuk di *inject*. *Scrap* yang dihasilkan akan didaur ulang menjadi *molten*, namun karena adanya oli mengakibatkan proses peleburan yang menggunakan listrik sebagai media pemanas menghasilkan asap hitam dan percikan api yang besar. Solusi dari masalah tersebut adalah mengurangi kadar oli yang menempel pada *scrap* aluminium akibat proses *high pressure die casting*. Oleh sebab itu, dibutuhkan mesin separator yang berfungsi memisahkan oli dari *scrap* aluminium menggunakan media debu sisa proses *grinding* dan *deburring* dari proses *finishing part* aluminium.

1.2 Tujuan

- Merancang dan membangun mesin *separator* untuk mengurangi kadar oli pada *scrap* aluminium
- Merancang dan membangun mesin *separator* yang memiliki dimensi yang lebih ringkas sehingga mudah dalam pengoperasian

2. METODE PENELITIAN

Keterangan :



Gambar.2 Diagram Alir Rancang Bangun

Diagram alir diatas menjelaskan metodologi rancang bangun untuk mesin *separator* oli dan *scrap* aluminium. Tahap awal adalah persiapan yang bertujuan untuk menemukan dan menentukan ide untuk tugas akhir, kemudian menganalisa masalah dan kebutuhan meliputi kegiatan observasi lapangan, *survey* langsung dan melakukan wawancara yang dilakukan pada area *line* produksi *high pressure die casting*. Lalu studi literatur yang digunakan pada perancangan mesin ini dengan mengumpulkan data dimensi, kecepatan dan kapasitas produksi *scrap* yang dihasilkan ketika proses *injection* dari mesin *high pressure die casting*. Langkah selanjutnya, memilih mekanisme dari mesin untuk menentukan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan dengan biaya murah, memiliki kemampuan yang handal dan awet. Pemilihan mekanisme meliputi mekanisme daya, mekanisme penggerak. Setelah melakukan pemilihan mekanisme, maka dilakukan proses pembuatan konsep desain dilakukan dengan mempertimbangkan tema, identifikasi masalah dan solusi, serta studi literatur yang telah dilakukan agar konsep sesuai dalam pembentukan rancang bangun. Kemudian melakukan analisa perhitungan untuk mendapatkan data spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan. Setelah mendapat gambar, fabrikasi permesinan dilakukan untuk melakukan pengolahan bahan mentah menjadi barang setengah jadi, dengan proses fabrikasi menggunakan mesin bor, mesin bubut, mesin *frais*, dan las listrik. Setelah fabrikasi selesai, maka dilakukan pengujian terhadap semua komponen mesin dengan memastikan semua komponen beroperasi dengan baik dan kadar oli yang terdapat pada *scrap* aluminium dapat berkurang. Setelah proses pembuatan dan pengujian mesin selesai dilakukan, kemudian yang dilakukan adalah membuat kesimpulan yang didasarkan pada tujuan dan permasalahan. Kesimpulan ini adalah jawaban atas tujuan yang telah dikemukakan dalam topik permasalahan yang diangkat yang nantinya dirumuskan pada laporan tugas akhir.

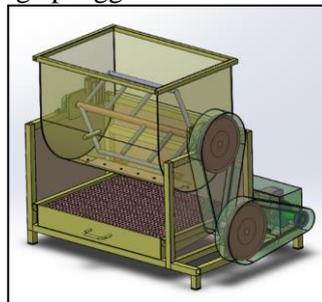
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsep Rancangan

Beberapa alternatif desain mesin *separator* oli dengan *scrap* menggunakan media debu yang dirancang sebagai berikut :

3.1.1 Alternatif 1

Pada desain rangka ini menggunakan besi *hollow* yang berfungsi untuk menopang bak. Pengaduk berbentuk segienam dengan tambahan dua pasang *blade* dibagian tengah. Sistem transmisi menggunakan *pulley* dan sabuk dengan tenaga penggerak utama motor listrik.



Gambar 3.1 Alternatif Desain 1

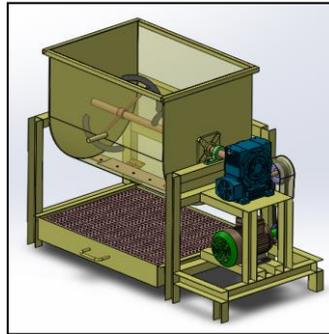
Kelebihan :

- Proses pembuatan rangka yang lebih mudah.
- Bobot mesin yang dihasilkan lebih ringan dengan penggunaan besi *hollow*.

Kekurangan :

- Konstruksi rangka dengan besi *hollow* kurang kuat untuk meredam getaran dari komponen penggerak.
- Membutuhkan daya yang lebih besar untuk mengangkat bahan hasil adukan.

3.1.2 Alternatif 2



Gambar 3.2 Alternatif Desain 2

Pada alternatif desain kedua ini menggunakan pengaduk berbentuk seperempat lingkaran yang berjumlah 4 dan dipasang menyilang dengan kemiringan tertentu. Rangka menggunakan besi kanal UNP 50 dengan tenaga penggerak utama motor listrik. System transmisi menggunakan *pulley* dan sabuk serta menggunakan *gearbox* untuk menghasilkan kecepatan rpm yang dibutuhkan.

Kelebihan :

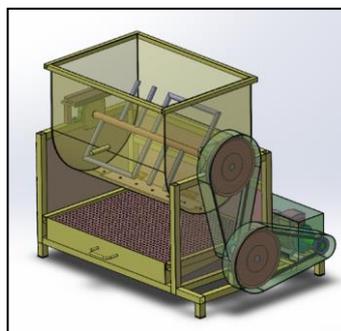
- Daya pengadukan lebih ringan karena luas penampang pengaduk kecil dan memiliki kemiringan sudut 45° .
- Memiliki komponen mesin yang lebih sedikit akibat penggunaan *gearbox* pada sistem transmisi.

Kekurangan :

- Memiliki potensi *bending* yang besar pada tiap pengaduk.

3.1.3 Alternatif 3

Pada alternatif desain ketiga ini tidak jauh berbeda dengan alternatif desain sebelumnya. Perbedaannya terletak pada rangka dan pengaduknya. Pada alternatif ini rangka hanya menggunakan besi *hollow* yang digabung agar konstruksi kuat dan pengaduk berbentuk spiral.



Gambar 3.3 Alternatif Desain 3

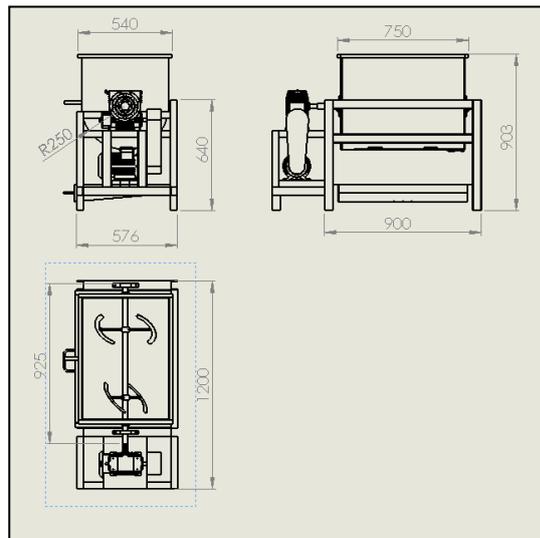
Kelebihan :

- Proses pembuatan *blade* pengaduk yang lebih mudah.
- Bentuk alas dari bak peniris yang dimiringkan 30° untuk memudahkan dalam pengumpulan debu dan sistem pengaliran air peniris.

Kekurangan :

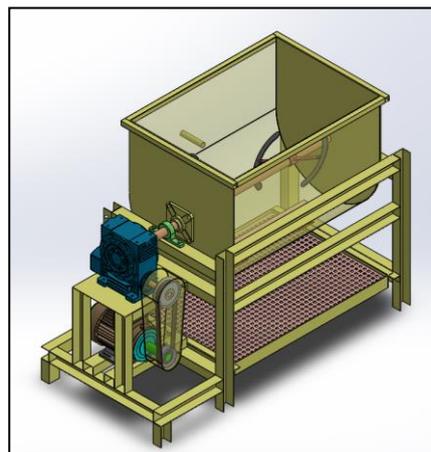
- Memiliki dua pasang masing-masing pulley besar, pulley kecil dan V-belt pada sistem transmisi sehingga membutuhkan ruang yang lebih luas.

Setelah tahap observasi dan analisis kebutuhan pada konsumen dan kondisi pasar saat ini maka didapatkan rancangan desain dan ukuran dimensi yang dibutuhkan, yaitu :



Gambar.3 Proyeksi Eropa Desain Mesin Separator

3.2 Analisa Perhitungan pada Mesin Separator



Gambar.4 Isometri Rancangan Desain Mesin Separator

Poros pada rancangan mesin ini akan meneruskan daya melalui sabuk, puli dan menerima beban lentur. Dengan demikian poros mendapat beban puntir dan lentur sehingga permukaan poros akan terjadi tegangan.

- Gaya tangensial pada pengaduk

$$F_t = m \cdot g \cdot \cos 45^\circ$$

$$= 12 \text{ [kg]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2] \cdot 1/2\sqrt{2} = 83,241 \text{ [N]} = 8,485 \text{ [kg]}$$

- $T_{\text{baling-baling}} = F_t \cdot l$
 $T_{\text{baling-baling}} = 1527,36 \text{ [kg.mm]}$

- $T_{\text{total}} = 1527,36 \text{ [kg.mm]} \times 4 \quad T_{\text{total}} = 6109,43 \text{ [kg.mm]}$

- Perhitungan daya motor

$$T_{\text{total}} = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{P}{n} \quad \dots \text{ (Sularso, 2008: 7)}$$

$$P = \frac{T_{\text{total}} \cdot n_{\text{pengaduk}}}{9,74 \times 10^5}$$

$$P = 0,44 \text{ [HP]}$$

- Daya Rencana

$$Pd = fc \times P \quad \dots(\text{Sularso, 2008:7})$$

$$= 1,2 \times 326,2 \text{ [Watt]}$$

$$Pd = 391,44 \text{ [Watt]}$$

$$Pd = 0,53 \text{ [HP]}$$

- Efisiensi motor yang digunakan

$$\eta = \frac{P \text{ output actual}}{P \text{ motor input}} \times 100\% \quad \dots(\text{R. s. Khurmi, 2005: 14})$$

$$= \frac{391,44 \text{ [W]}}{735,75 \text{ [W]}} \times 100 \% = 53,2 \%$$

- Mencari sudut kontak *pulley* penggerak

$$\sin \alpha = \frac{r_2 - r_1}{X} \quad \alpha = \sin^{-1} 0,0477444$$

∴ Sudut kontak *pulley* penggerak (θ)

$$\theta = (180^\circ - 2.\alpha) \frac{\pi}{180^\circ} \text{ [rad]} \quad \dots(\text{R. s. Khurmi, 2005: 694})$$

$$= (180^\circ - 2 \cdot 2,7366) \frac{\pi}{180^\circ} \text{ [rad]} \quad \theta = 3,046 \text{ [rad]}$$

- Mencari Torsi Maksimal

$$T_{max} = \frac{P_{motor} \times 60}{2 \times \pi \times n_g} =$$

$$T_{max} = 13642 \text{ [kg.mm]}$$

- Panjang Sabuk

$$L = 2X + \frac{\pi}{2} (dp1 + dp2) + \frac{1}{4X} (dp2 - dp1)^2 = 811,894 \text{ [mm]}$$

Perhitungan diameter Poros

- Daya Motor 1 [HP]

$$Pd = fc \times P = 0,9565 \text{ [kW]}$$

- Momen puntir pada motor listrik

$$T_{motor} = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{Pd}{n_{motor}} = 665,45 \text{ [kg.mm]}$$

- Momen puntir pada poros perantara

$$T_{poros \text{ perantara}} = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{Pd}{n_{poros \text{ perantara}}} = 887,268 \text{ [kg.mm]}$$

- Momen puntir pada poros pengaduk

$$poros \text{ pengaduk} = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{Pd}{n_{poros \text{ pengaduk}}} = 17745,35 \text{ [kg.mm]}$$

- Momen bending pada poros perantara

$$R_D \times 850 \text{ [mm]} = (T_1 + T_2) \cdot 1030,12 - (R_D \cdot 850) - (F_2 \cdot 600) - (F_1 \cdot 250)$$

$$R_D = \frac{39900,2882 \text{ [kg.mm]}}{850 \text{ [mm]}} = 46,36 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$(T_1 + T_2) - R_D - F_1 - F_2 + R_A = 0$$

$$R_A = 20,585 \text{ [kg]}$$

- Momen maksimal pada poros

$$M_d = (T_1 + T_2) \cdot 180,12 \text{ [mm]} = 8192,7582 \text{ [kg.mm]}$$

$$M_C = (T_1 + T_2) \cdot 180,12 \text{ [mm]} - (R_D \cdot 250) = 7974 \text{ [kg.mm]}$$

$$M_B = R_A \cdot 250 \text{ [mm]} = 20,8952 \text{ [kg]} \cdot 250 \text{ [mm]} = 5223,8 \text{ [kg.mm]}$$

- Tegangan geser yang diijinkan pada material poros

$$\tau_{g,ijin} = \frac{\tau_t}{(Sf1 \times Sf2)} = 4,83 \left[\frac{kg}{mm^2} \right]$$

- Ukuran diameter poros

$$Ds_1 \geq \left[\frac{5,1}{\tau_{g,ijin}} \times \sqrt{(Km \times M_{maksimal})^2 + (Kt \times T_{poros})^2} \right]^{\frac{1}{3}} =$$

$$Ds_1 \geq 30,5 [mm]$$

Perhitungan Blade Pengaduk

- Luas Area Penampang Pengaduk ($A_{baling\ pengaduk}$) = 11780,97245 [mm²]
- Tegangan Tarik Izin (σ_a) $\sigma_a = 20 [kg/mm^2]$
- Tegangan Bengkok ($\sigma_b = \sigma_b = 9,26 \cdot 10^{-4} [kg/mm^2]$)
- Tahanan Bengkok (Wb) $\sigma_b = \frac{F_t}{A} = Wb = 71,586 \times 10^{-4} [m^3] |$
- Momen Bengkok Tiap Pengaduk (Mb) $Mb = 6,6289 \cdot 10^{-6} [Nm]$

Perhitungan Rangka

- Massa Total = massa material + massa wadah + massa poros = 103,6 [kg]
- Analisis Pembebanan pada rangka penopang wadah = 141,7545 [N]
- Gaya yang bekerja pada rangka penopang adalah $Rb = 14,45 [N]$
- Momen Yang Terjadi Pada Rangka Bawah Penopang Wadah = 4161,6 [Nmm]

Perhitungan Lasan

- Tegangan tarik ijin

$$\sigma_t = \frac{\sigma}{v}$$

$$= 54,5 [kg/mm^2]$$

- Tegangan geser ijin

$$\tau_g = \frac{\sigma_t}{2}$$

$$= 2,725 [kg/mm^2]$$

- Tebal lasan

$$\tau_g = \frac{F_t}{A}$$

$$2,725 [kg/mm^2] = \frac{12[kg] \times \cos 20^\circ}{l \cdot t}$$

$$t = \frac{5,6381}{2,725 \cdot \pi \cdot 16} [mm^2]$$

$$t = 0,0412 [mm]$$

- Panjang lasan

$$L = (l1 \cdot n1) + (l2 \cdot n2)$$

$$= (38 [mm] \cdot 8) + (50 [mm] \cdot 4)$$

$$= 504 [mm]$$

- Tebal lasan

$$F = \text{beban poros} + \text{beban pillow block} + \text{beban rangka wadah}$$

$$= 5 [kg] + 5 [kg] + 40 [kg]$$

$$= 50 [kg]$$

$$t = \frac{F}{1,414 \cdot L \cdot \sigma_t}$$

$$= \frac{50 [kg]}{1,414 \cdot 504 \cdot 5,45 \left[\frac{kg}{m^2}\right]}$$
$$t = 0,01287 [mm] = 0,013 [mm]$$

Setelah didapatkan perhitungan maka selanjutnya dilakukan proses manufaktur mesin *separator* selama 3 minggu dan *trial* maupun percobaan keberhasilan mesin dilakukan di perusahaan x dengan metoda analisa visual.

- Berdasarkan perhitungan analisis, motor listrik yang digunakan memiliki daya 1 [HP] 3 phase dengan kecepatan putar
- Memiliki sistem kerja *pulley* dan *belt* pada motor untuk mentransmisikan daya yang diteruskan ke *gearbox* dan poros.
- Memiliki 4 buah *blade* yang bergerak secara berputar sehingga dapat melakukan proses *mixing* material *scrap*, debu dan air
- Terdapat wadah penampungan agar hasil dari pemisahan *scrap* langsung dapat tertampung dan memisahkan air yang mengandung debu dan oli dengan *scrap* yang telah bersih.

4. KESIMPULAN

- Dihasilkan suatu mesin separator oli dengan *scrap* aluminium menggunakan prinsip *mixing* antara *scrap* mengandung oli, debu dan air sehingga oli yang terkandung pada *scrap* dapat dikurangi karena oli dibersihkan menggunakan debu dan air.
- Mesin separator yang dihasilkan memiliki ukuran yang lebih ringkas dari mesin sebelumnya yaitu 960 x 1300 x 1600 [mm] menjadi 800 x 1200 x 900 [mm].

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan full paper seminar nasional ini mungkin tidak akan terselesaikan tanpa ada bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Hamdi, S. T., M.Kom sebagai dosen pembimbing I tugas akhir.
2. Ibu RR. Estuti Budimulyani, M.Si. sebagai dosen pembimbing II tugas akhir.
3. Bapak Dr. Eng. Muslimin ST, MT sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin.
4. Ibu Candra Damis Widiawaty, S.TP., M.T. sebagai Ketua Prodi D3 Teknik Mesin.
5. Bapak Rio Pratama sebagai pemilik bengkel pembuatan mesin CV.Kencana Jaya Teknik.
6. Teman-teman Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2015 yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan full paper seminar nasional ini.
7. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan support yang besar dalam penyelesaian paper seminar nasional dan tidak dapat dituliskan satu per satu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Khurmi, R.S., Gupta, J.K. "A Textbook Of Machine Design," New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.2005.
- [2]. Sularso, Kiyokatsu Suga. Elemen Mesin Jilid 3.PT. Pradya Paramitha , Jakarta.1997.
- [3]. James M. Gere, Stephen P. Timoshenko., Mekanika Bahan, edisi kedua versi SI., Alih bahasa Hans J. Wospakrik Institut Teknologi Bandung 1996 Penerbit Erlangga.
- [4]. Herman, E. A. (1992), Designing die casting dies, Rosemont, Illonis USA.

RANCANG BANGUN ALAT PRES BERAM (CHIPS) DENGAN KAPASITAS 2 TON
Rosidi¹, Mohamad Audita Fitriansyah², Edi Purwanto³, Wafik Fikrul Umam⁴, Wirna Anggraina⁵

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Jl. Prof.Dr.G.A.Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, 021-7270044,

Email : mohamad.audita@gmail.com

Abstrak

Artikel ini membahas tentang alat pres beram (chips). Fungsi alat pres adalah untuk memampatkan volume suatu objek dan mengubah bentuknya menjadi bentuk tertentu. Beram merupakan hasil sisa-sisa sayatan yang dihasilkan dari proses produksi yang menggunakan mesin-mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin skrap, mesin frais, dll. Penggunaan alat pres ini ditujukan untuk membantu mengolah sampah beram (chips) yang biasa dihasilkan dari praktik pemesinan mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Beram yang biasa dihasilkan dari praktik pemesinan mahasiswa, biasanya hanya akan dibuang di tempat penampungan beram saja. Hal ini menyebabkan sulitnya proses penanganan/pengangkutan beram untuk tahap selanjutnya baik itu untuk diolah kembali maupun dijual ke pengepul. Oleh karena itu, perlu dirancang bangun alat pres beram (chips) ini.

Metodenya adalah merancang bangun alat pres beram (chips) yang ditunjang dengan hidrolik jack yang terhubung dengan pivot/footstep bearing dan pegas serta diletakkan pada penutup atas kerangka. Hidrolik jack ini akan memberikan gaya tekan pada penutup atas kerangka sehingga mampu mengepres beram sesuai gaya yang diberikan. Hidrolik jack yang digunakan memiliki kapasitas sebesar 2 ton dan silinder hidrolik akan bergerak naik-turun menggunakan handle dongkrak yang bisa dilepas-pasang. Mekanisme alat pres beram ini manual dengan penggunaan tenaga manusia, ini dikarenakan penggunaannya sebagai alat bantu di bengkel teknik mesin PNJ dimana frekuensi jumlah beram yang dihasilkan dari praktik pemesinan mahasiswa teknik mesin masih bersifat fluktuatif (tergantung jadwal praktik).

Hasil pengepresan alat ini ialah beram berbentuk balok dengan ukuran $p \times l = 20 \times 20$ cm dan ketinggian maksimal balok setinggi 30 cm. Jadi, dengan adanya alat pres beram (chips) ini maka bisa memadatkan bentuk beram yang mudah berserakan menjadi bentuk kubus/balok sehingga membuat bengkel teknik mesin PNJ menjadi lebih bersih, rapi, dan memudahkan dalam penanganan/pengangkutan beram.

Kata kunci : beram, alat pres, hidrolik

Abstract

This article discusses about the pres tool chips. The function of the pres tool is to compress the volume of an object and change its shape to a specific shape. Chips is the result of remnants of incisions produced from the production process using machine tools such as lathes, scrap machines, milling machines, etc. The using of this pres tool is intended to assist of process chips waste that produced from the practice of college students Mechanical Engineering at State Polytechnic of Jakarta. Chips commonly resulted from the practice machining of college students, will usually only be discarded at a shelter chips. This causes the difficulty of the process of handling / transporting for the next stage either for reprocessing or sold to collectors. Therefore, it needs to be designed to build this pres tool chips.

The method is to design a built-up presing tool chips supported by hydraulic jacks connected to pivot/footstep bearings and springs and placed on the top cover of the frame. This hydraulic jack will give a compressive force on the top cover of the frame so that it is capable of presing chips according to the given force. Hydraulic jacks used have a capacity of 2 Ton and hydraulic cylinders will move up and down using removable jack handle. The mechanism of this tool is manual with use human power, this is because of its use as a tool in mechanical engineering workshop PNJ where the frequency amount of chips resulted from the engineering practice of mechanical engineering college students is still fluctuative (depending on the practice schedule).

The result of this tool pres is chips shaped block with the size of length x width = 20×20 cm and maximum height of block as high as 30 cm. So, with this pres tool chips, then it can compress chips that easy-scattering shape to be the shape of the cube / block so as to make the PNJ machine workshop become cleaner, tidier, and easier in handling / transporting chips.

Keywords : chips, press tool, hydraulic

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemesinan adalah suatu proses produksi dengan menggunakan mesin perkakas (mesin bubut, mesin frais, mesin sekrup, dll) dengan memanfaatkan gerakan relatif antara pahat dengan benda kerja sehingga menghasilkan suatu produk sesuai dengan hasil geometri yang diinginkan. Pada proses ini tentu terdapat sisa dari pengerjaan produk yang biasa disebut beram (*chips*). Beram hasil sayatan ini merupakan sampah produksi yang jika tidak dilakukan penanganan dengan benar akan dapat menimbulkan masalah karena bentuk beram yang tidak beraturan. Bentuk beram antara lain ada yang berbentuk serbuk, serpih-serpihan kecil, bentuk spiral memanjang, bentuk kawat memanjang ataupun berbentuk ulir.

Untuk menangani beram hasil sayatan pada proses pembubutan, *milling*, sekrup dll perlu adanya suatu alat yang dapat digunakan untuk mengepres beram tersebut, sehingga beram akan terlihat rapi, tidak mudah berserakan (lebih *safety*) dan tidak membutuhkan *space* penyimpanan yang luas di ruang lingkup bengkel pemesinan atau di bengkel produksi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Maka dari itu, diperlukan suatu alat bantu produksi yaitu dengan “Rancang Bangun Alat Pres Beram (*Chips*) dengan Kapasitas 2 Ton”. Alat ini berfungsi untuk mengepres beram hasil sayatan mesin-mesin produksi (mesin *milling*, mesin sekrup, mesin bubut dll) yang ada di bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penggunaan alat ini ditujukan untuk membantu mengolah sampah beram yang biasa dihasilkan dari praktik pemesinan mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Alat pres beram ini menggunakan kapasitas 2 Ton. Kapasitas sebesar 2 Ton ini dipilih sebab jika memilih kapasitas yang terlalu besar (>2 Ton) dinilai kurang sesuai dengan jumlah beram yang ada di bengkel mesin produksi PNJ. Hal ini dikarenakan frekuensi beram yang dihasilkan dari praktik pemesinan mahasiswa teknik mesin bersifat fluktuatif (tergantung jadwal praktik). Jika memilih kapasitas pengepresan yang terlalu kecil (< 2 Ton) maka tidak sebanding dengan volume beram yang dihasilkan di bengkel Teknik Mesin PNJ sebab volume beram maksimum yang dapat ditampung di bengkel Teknik Mesin PNJ yakni 379392 [cm³] atau dengan ukuran kotak penampungan sebesar p x l x t = 96 x 76 x 52 [cm].



Gambar 1.1 Tempat Penampungan Beram di Bengkel Teknik Mesin PNJ



Gambar 1.2 Bentuk Beram di Bengkel Teknik Mesin PNJ (Sebagian Besar Berbentuk *Continuous Chips*)

1.2 Tujuan

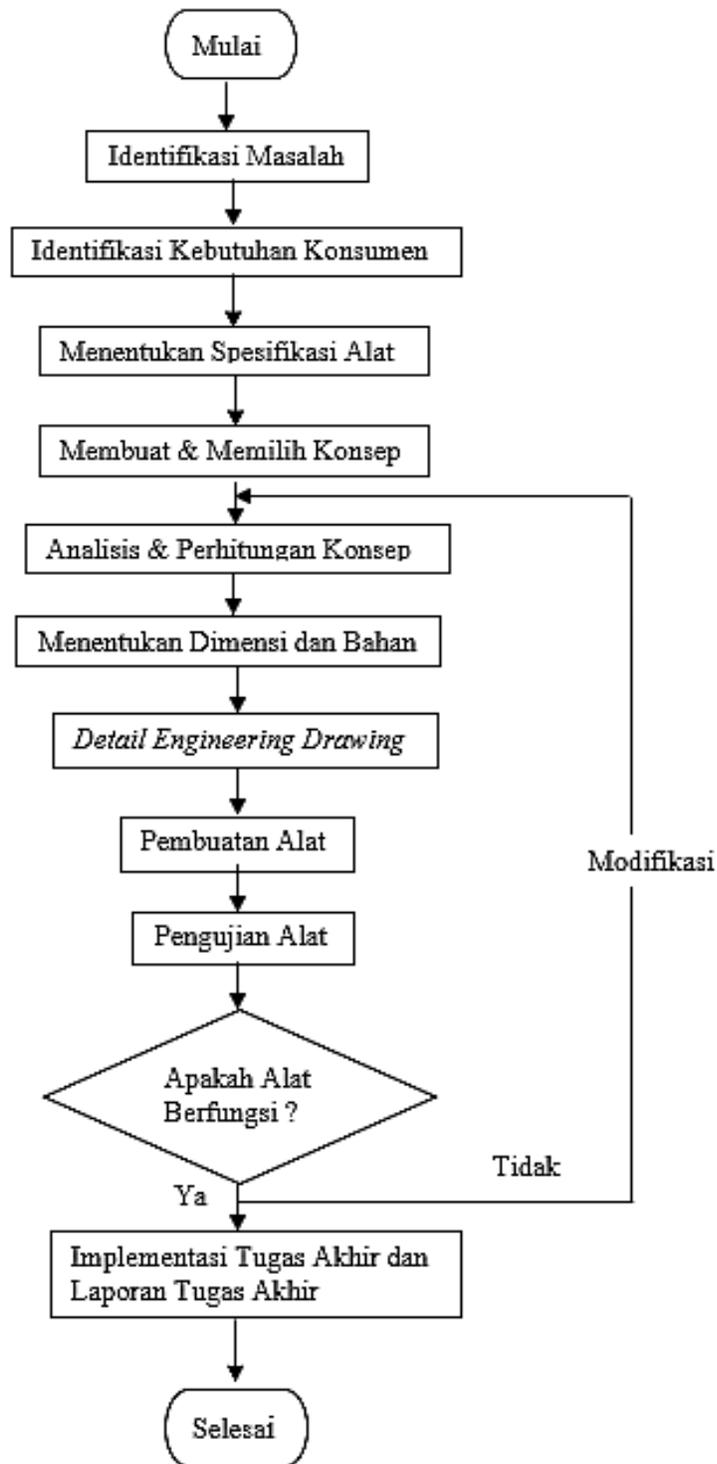
1.2.1 Tujuan Umum

1. Untuk memudahkan dalam penanganan beram pada tahap selanjutnya baik untuk diolah kembali maupun dijual ke pengepul.

1.2.2 Tujuan Khusus

1. Menyediakan alat yang dapat membantu proses produksi yang menghasilkan yang beram di bengkel Teknik Mesin PNJ.
2. Menyediakan alat yang mampu mengepres beram dengan ukuran tertentu dengan kapasitas 2 ton.

II. METODE PENELITIAN



2.1 Penjelasan Metodologi Penelitian Rancang Bangun

1. Identifikasi Masalah
Melihat dan mengkaji permasalahan yang ada untuk dicari penyelesaiannya.
2. Identifikasi Kebutuhan Konsumen
Membuat daftar kebutuhan konsumen mengenai alat yang akan dirancang bangun. Pengumpulan data diperoleh dari hasil survei ke tempat konsumen.
3. Menetapkan Spesifikasi
Menentukan spesifikasi alat yang akan dirancang berdasarkan kebutuhan yang telah dianalisis.
4. Membuat & Memilih Konsep Desain
Membuat konsep rancangan dari alat yang akan dirancang. Konsep dibuat di *software* dalam model tiga dimensi. Konsep dibuat untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari konsep rancangan. Pemilihan konsep diperlukan penilaian secara keseluruhan berdasarkan hubungan antara kemampuan produk dan konsep desain.
5. Perhitungan Analisis dan Konsep
Menghitung dan menganalisis setiap *part-part* penyusun mesin terhadap pembebanan yang terjadi pada konsep terpilih.
6. Menentukan Dimensi & Bahan
Penentuan ukuran bahan ditentukan dengan hasil analisis kebutuhan konsumen, kebutuhan mesin dan analisis perhitungan.
7. Detail Engineering Drawing (DED)
Gambar rancangan yang dilengkapi dengan tanda pengerjaan, material yang digunakan serta dimensi detail yang diperoleh dari analisis dan perhitungan akan memudahkan proses fabrikasi.
8. Proses Pembuatan Alat (Fabrikasi)
Rancangan yang telah disetujui dan sesuai dengan analisis kebutuhan konsumen selanjutnya diimplementasikan ke dalam alat rancang bangun sesuai rancangan yang akan dibuat .
9. Pengujian Alat dan Analisis Pengujian Alat
Setelah alat dibuat, kinerja dari mesin ini diuji sesuai target rancangan awal yakni hasil pengepresan harus bisa membentuk ukuran kubus atau balok dengan ukuran $p \times l = 20 \times 20$ [cm] dengan ketebalan maksimal hingga 30 [cm]. Setelah pengujian alat press beram (*chips*) ini, maka akan didapat kelebihan dan kekurangan pada alat ini. Dengan adanya analisis ini akan membuat alat yang lebih sempurna untuk kedepannya.
10. Pembuatan Tugas Akhir
Setelah rancang bangun dan pengujian mesin selesai, maka diimplementasikan /dituangkan ke dalam tugas akhir pun dibuat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kajian Pbandingan Alat

Untuk menghasilkan suatu alat yang baik, perlu pbandingan produk yang sudah ada, sehingga alat yang akan dibuat mampu mengurangi kekurangan yang sudah ada sebelumnya dan menjadi parameter untuk pengembangan produk yang lebih baik.

3.1.1 Alat Pres dengan Sistem Ulir



Sumber :

<https://www.tokomesinmadiun.com/alat-peras-santan-kelapa-mini-sistem-ulir/>

Gambar 3.1 Alat Pres dengan Sistem Ulir

Ukuran (p x l x t) : 28 x 28 x 80 cm

Alat ini menggunakan tenaga manusia untuk menggerakannya. Cara kerja alat press manual ini sendiri cukup sederhana, operator mesin atau pekerja akan menggunakan setir yang memiliki ukuran tertentu untuk menaik turunkan piston. Biasanya untuk menurunkan piston setir mesin diputar searah jarum jam atau kekanan, dan begitu sebaliknya jika ingin menaikkan maka setir di putar berlawanan arah jarum jam atau ke kiri.

Kelebihan alat :

- Cara pengoperasian alat yang mudah,
- Memiliki komponen yang sederhana sehingga mudah dalam perawatan alat
- Mobilitas penempatan alat lebih mudah karena dimensinya yang kecil

Kekurangan alat :

- Membutuhkan waktu yang lama dalam pengoperasian
- Membutuhkan tenaga manusia yang cukup besar untuk memutar tuas berulir.

3.1.2 Alat Pres dengan Sistem Engkol



Sumber : <https://barutino.com/?p=2117>

Gambar 3.2 Alat Pres dengan Sistem Engkol

Alat ini menggunakan sistem poros engkol untuk menggerakkan plat baja penekan agar bisa bergerak naik-turun. Operator atau pekerja perlu memberikan tenaga yang maksimal untuk menggerakkan tuas tersebut. Tuas yang digunakan pun memiliki dimensi yang cukup panjang agar memudahkan dalam proses pengepresan.

Kelebihan alat :

- Mudah dalam Perawatan
- Kapasitas produksi yang dihasilkan untuk alat ini cukup tinggi.

Kekurangan alat :

- Sistem pengoperasiannya yang berat sehingga membutuhkan tenaga yang besar

3.1.3 Alat Pres dengan Hidrolik Manual



Sumber : <https://barutino.com/?p=2117>

Gambar 3.3 Alat Pres dengan Hidrolik Manual

Ukuran (p x l x t) : 40 x 40 x 51 [cm]

Prinsip dasar kerja sistem hidrolik adalah suatu sistem dimana gaya dan tenaga dipindahkan melalui cairan, biasanya menggunakan oli atau zat cair yang memiliki tingkat viskositas yang cukup kental. Alat ini digerakkan secara manual dengan menggunakan tuas yang bisa di lepas-pasang. Pelat penekan akan mengepres objek tekan sesuai dengan kapasitas hidrolik yang digunakan. Alat pres ini sendiri menggunakan hidrolik botol dengan kapasitas 10 ton.

Kelebihan alat :

- Konstruksi alat yang kokoh
- Cara pengoperasian alat lebih ringan dari alat pres sistem engkol
- Memiliki komponen yang sederhana sehingga mudah dalam perawatan alat
- Mobilitas penempatan alat lebih mudah karena dimensinya yang kecil.

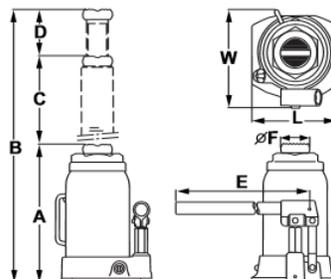
Kekurangan alat :

- Kapasitas produksi yang memakan waktu lebih lama dibandingkan dengan sistem engkol

3.2. Analisis Alat Pres Beram

3.2.1 Wadah

Pada wadah ruang pengepresan dengan dimensi 200 [mm] x 200 [mm] x 300 [mm] dan beram dipres menggunakan hidrolik jack 2 ton dengan panjang stroke (C) maksimal 90.6 [mm] maka volume beram setelah dipres bisa menghasilkan ukuran 200 [mm] x 200 [mm] dengan tinggi 209.4 [mm].



Gambar. 3.4 Ukuran Hidrolik Jack

Berikut dimensi hidrolik jack merk **fukuda** yang didapatkan setelah melakukan pengukuran langsung.
 Tinggi A = 141.5 [mm] Panjang E = 118 [mm] yang digunakan
 Tinggi B = 291.2 [mm] Dimensi F = Ø 22 [mm]
 Tinggi C = 90.6 [mm] Dimensi W = 90.4 [mm]
 Tinggi D = 59.1 [mm]

Jadi, berdasarkan data diatas kita bisa mendapatkan perbedaan massa jenis (kerapatan) beram yakni dengan rumus :

$$\rho = \frac{m}{v}, \quad \text{[Persamaan.1]}$$

dan jika kita asumsikan bahwa beram yang masuk ke dalam wadah sebesar 6.5 [kg], maka :

$$\rho \text{ sebelum pres} = \frac{m}{v} = \frac{5}{200 \times 200 \times 300} = 5.4167 \times 10^{-7} \text{ (kg/mm}^3\text{)}$$

$$\rho \text{ seetelah pres} = \frac{m}{v} = \frac{5}{200 \times 200 \times 185} = 7.7584 \times 10^{-7} \text{ (kg/mm}^3\text{)}$$

sehingga kerapatan sampah beram bertambah sebesar :

$$\rho \text{ seetelah pres} - \rho \text{ sebelum pres} = 7.7584 \times 10^{-7} - 5.4167 \times 10^{-7} = 2.3417 \times 10^{-7} \text{ (kg/mm}^3\text{)}$$

3.2.2 Menentukan Tekanan Pengepresan

a. Mencari Tekanan dalam Hidrolik (Dongkrak)

Kapasitas Dongkrak = 2000 [kg] = 19620 [N]

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad \text{[Persamaan.2]}$$

Dimana : A = Luas piston dongkrak [mm²]

d = Diameter piston dongkrak [mm]

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 = 380.1327 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$P = \frac{F}{A}, \quad \text{[Persamaan.3]}$$

dimana : P = Tekanan dalam dongkrak, [N/mm²]

F = Kapasitas dongkrak (gaya yang dimiliki dongkrak) [N]

A = Luas piston dongkrak [mm²]

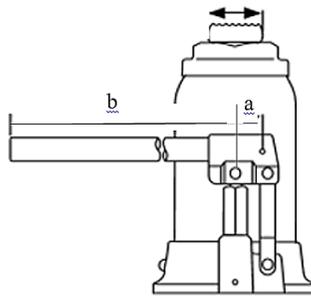
$$P = \frac{19620 \text{ N}}{380.1327 \text{ mm}^2} = 51.6136 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

b. Menentukan Gaya pada Plunger (Fp)

$$F_p = P \text{ dalam dongkrak} \times A \text{ plunger} \quad \text{[Persamaan.4]}$$

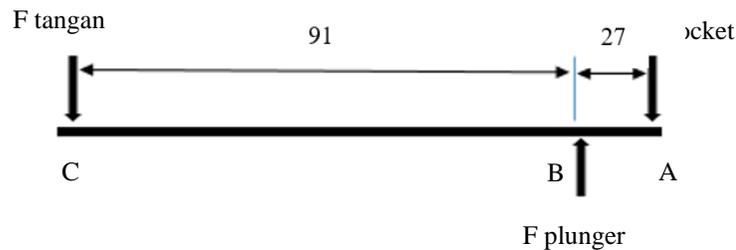
$$= 51.6136 \text{ [N/mm}^2\text{]} \times \frac{1}{4} \times \pi \times (11 \text{ mm})^2 = 51.6136 \text{ [N/mm}^2\text{]} \times 95.0332 \text{ [mm}^2\text{]} = 4905.0056 \text{ [N]}$$

c. Menentukan Gaya Tangan pada Manusia



Gambar. 3.5 Hidrolik Jack

Berdasarkan panjang handle hidrolik yang digunakan yaitu $a + b = 118$ [mm], dan setelah dilakukan pengukuran langsung maka panjang $a = 27$ [mm] dan panjang $b = 91$ [mm]



Gambar. 3.6 FBD pada Hidrolik Jack

$$\Sigma M_C = 0$$

$$(F_{\text{socket}} \times (a+b)) - (F_{\text{plunger}} \times b) = 0 \quad \text{[Persamaan.5]}$$

$$(F_{\text{socket}} \times 118 \text{ mm}) - (4905.0056 \text{ [N]} \times 91 \text{ mm}) = 0$$

$$F_{\text{socket}} \times 118 \text{ mm} = 446355.5096 \text{ [N.mm]}$$

$$F_{\text{socket}} = 3782.6738 \text{ [N]}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{\text{socket}} + F_{\text{tangan}} - F_{\text{plunger}} = 0 \quad \text{[Persamaan.6]}$$

$$F_{\text{tangan}} = F_{\text{plunger}} - F_{\text{socket}}$$

$$= 4905.0056 \text{ [N]} - 3782.6738 \text{ [N]} = 1122.3318 \text{ [N]}$$

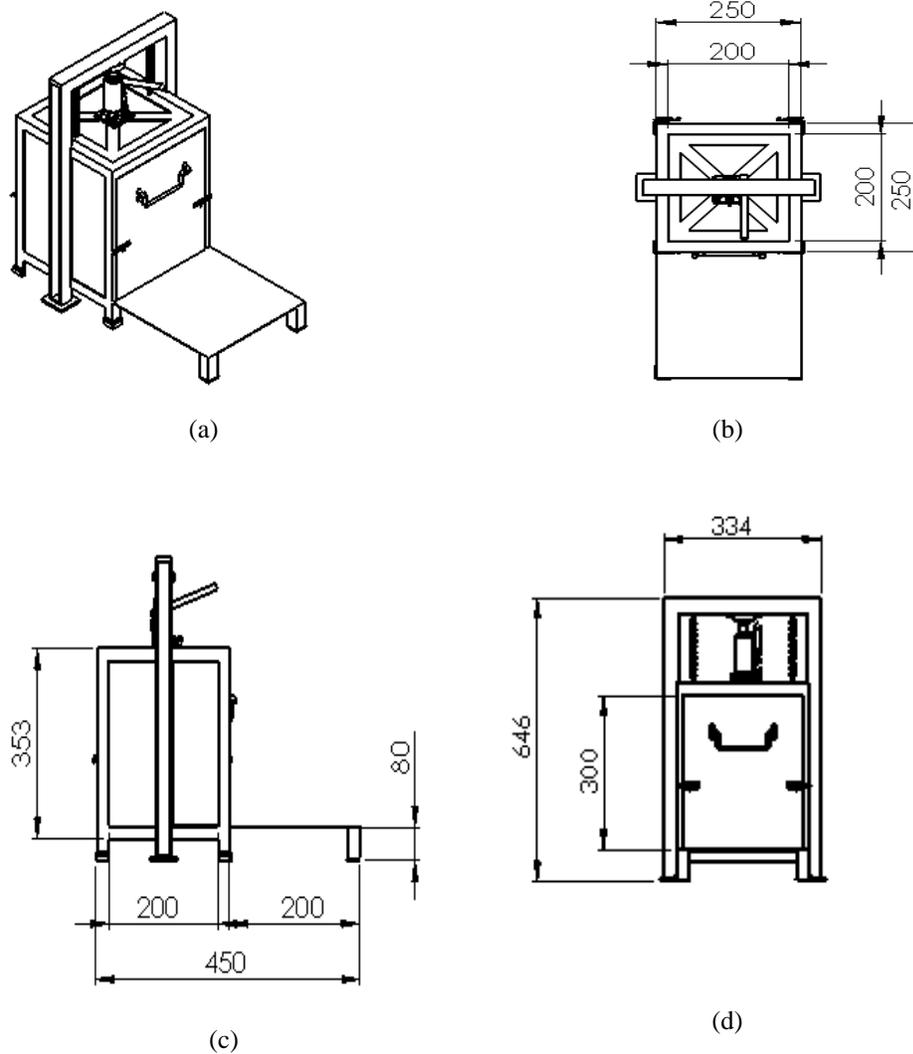
Jadi, gaya tangan yang digunakan oleh manusia sebesar 1122.3318 [N]

d. Menentukan Tekanan Pengepresan (P pres)

$$P = \frac{F_{\text{tangan}}}{A_{\text{plunger}}} \quad \text{[Persamaan.7]}$$

$$= \frac{1122.3318 \text{ [N]}}{95.0332 \text{ [mm}^2]} = 11.8099 \text{ [N/mm}^2] = 120.3863 \text{ [kg/cm}^2]$$

3.3 Konsep Desain Alat



Gambar 3.7 Desain Alat a) Tampak Isometri b) Tampak Atas c) Tampak Samping d) Tampak Depan

IV.KESIMPULAN

1. Alat pres beram (chips) beram dengan kapasitas 2 ton ini menggunakan hidrolik jack sebagai komponen utama dalam proses pengepresan beram (chips)
2. Alat ini memiliki dimensi wadah sebesar 200 [mm] x 200 [mm] x 300 [mm] dan dapat menghasilkan output beram dengan ukuran 200 [mm] x 200 [mm] dan ketinggian pengepresan beram sampai 209.4 [mm].
3. Dengan adanya alat ini, maka penanganan beram di bengkel Teknik Mesin PNJ menjadi lebih *safety*, lebih bersih dan rapi serta dapat meningkatkan nilai ekonomis dari beram (chips) tersebut.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penyusunan full paper seminar nasional ini mungkin tidak akan terselesaikan tanpa ada bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Rosidi, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Dr.Eng.Muslimin, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ibu Candra Damis Widiawaty,S.TP.,M.T., sebagai Ketua Prodi D3 Teknik Mesin.
4. Teman-teman D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan makalah seminar nasional ini.
5. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan yang besar dalam penyelesaian makalah seminar nasional dan tidak dapat dituliskan satu per satu.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono, A.E, Buku Ajar Elemen Mesin I, Politeknik Negeri Jakarta Depok, 2016.
- [2] Pramono, A.E, Buku Ajar Elemen Mesin II, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 2017.
- [3] Khurmi, R.S.; J.K. Gupta, A Text Book of Machine Design, Eurasia Publishing House Limited, New Delhi, 2005.
- [4] Sularso; Suga, Kiyokatsu, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2004.
- [5] Alat Pres Dengan Sistem Ulir, <https://www.tokomesinmadiun.com/alat-peras-santan-kelapa-mini-sistem-ulir/> (Akses 12 Juni 2018)
- [6] Alat Pres Dengan Sistem Engkol, <https://barutino.com/?p=2117> (Akses 12 Juni 2018)
- [7] Alat Pres Dengan Hidrolik Manual, <https://barutino.com/?p=2117> (Akses 12 Juni 2018)

RANCANGAN ALAT BANTU PEMASANGAN SEALCORD PADA BLADE RING TURBIN GAS MITSUBISHI M701F

Muhammad Rizal¹, Ade Sumpena²

¹Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424
Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034
Email : mrizal310397@gmail.com

² Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Major Inspection adalah salah satu jenis pemeliharaan preventif yang dilaksanakan ketika mencapai waktu kerja tertentu. Pada turbin gas Mitsubishi tipe M701F UPJP Priok, *Major Inspection* dilakukan apabila turbin gas telah mencapai durasi 40.000 jam kerja atau lebih. Pada pelaksanaannya, salah satunya dilakukan proses *dissassembly* antara blade ring dengan vane segment untuk di inspeksi. Setelah selesai diinspeksi, blade ring dan vane segment akan di *re-assembly*, pada saat proses *re-assembly* digunakan Sealcord pada blade ring bagian atas dan bawah dari row 2 sampai row 4 sebagai perapat antara kedua komponen tersebut. Hal ini dilakukan karena blade ring merupakan wadah tempat mengalirnya gas hasil pembakaran menuju turbin, dan vane segment yang berfungsi sebagai pengarah aliran gas hasil pembakaran tersebut. Cara pemasangan Sealcord yang umum dilakukan adalah dengan di pukul menggunakan palu hingga mampat dan rata dengan permukaan blade ring. Masalah yang sering terjadi adalah Sealcord tidak cukup rata dengan permukaan blade ring, sehingga sering tersangkut pada sisi vane segment dan akhirnya terputus, dan akhirnya proses *re-assembly* memakan waktu yang lama. Berdasarkan masalah tersebut, maka dibuatlah sebuah rancangan alat bantu pasang Sealcord pada blade ring agar Sealcord menerima gaya penekanan yang konstan dari sisi awal hingga akhir. Metodologi yang digunakan adalah dengan merancang alat bantu pasang Sealcord dengan menggunakan frame yang dilengkapi yang penekanannya dapat di atur dengan menggunakan baut dan mur dan dengan perhitungan matematis yang meliputi perhitungan besar defleksi frame saat terjadi penekanan dan perhitungan kekuatan baut. Frame berbentuk seperti clamp F. Terdapat 2 alat bantu untuk masing-masing sisi atas dan bawah blade ring dengan dimensi panjang = 60 mm, lebar = 80 mm dan tinggi = 200 mm untuk alat bantu bagian atas dan panjang = 60 mm, lebar = 72 mm dan tinggi = 150 mm untuk alat bantu bagian bawah. Masing-masing alat menjepit sisi blade ring dan ditarik menggunakan tuas untuk proses penarikan/pendorongan, sehingga penekanan pada Sealcord merata dan mampu mengefisienkan waktu dan pekerjaan.

Kata Kunci: Sealcord, blade ring, vane segment, clamp F, roller.

Abstract

Major Inspection is one type of preventive maintenance that is implemented when it reaches certain working time. On the Mitsubishi gas turbine type M701F UPJP Priok, *Major Inspection* is done when the gas turbine has reached the duration of 40,000 hours or more. In the implementation, one of them is a *dissassembly* between blade ring and vane segment for inspection. After the inspection is done, the blade ring and vane segment will be *re-assembled*, during the *re-assembly* process the Sealcord is used in the upper and lower blade rings from row 2 to row 4 as a seal between the two components. This is done because the blade ring is a container where the flow of combustion gas to the turbine, and vane segment that serves as a steering flow gas from the combustion. Common way to install Sealcord is by using a hammer at a time to compress and flush with the surface of the blade ring. The most common problem is that the Sealcord is not flat enough with the surface of the blade ring, so it often gets stuck on the side of the vane segment and finally disconnects, and finally the *re-assembly* process takes a long time. On the basis of the problem, a Sealcord mounting auxiliary tool design was designed for the Sealcord to receive a constant pressure force from the initial side to the end. The methodology used is to design a Sealcord installer tool using a equipped frame whose emphasis can be set using bolts and nuts and with mathematical calculations that include large calculation of frame deflection during presses and calculation of bolt strength. Frame is shaped like clamp F. There are 2 tools for each upper and lower side of blade ring with dimension length = 60 mm, width = 80 mm and height = 200 mm for upper tool and length = 60 mm, width = 72 mm and height = 150 mm for the lower tool. Each tool clamps the side of the blade ring and is pulled using a lever for the withdrawal process, thus emphasizing the Sealcord evenly and being able to efficiently time and work.

Keywords: Sealcord, blade ring, vane segment, clamp F, roller.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Turbin gas merupakan salah satu peralatan utama pada mesin pembangkit listrik tenaga gas (PLTG). Sebagai sumber penghasil energi utama, maka keandalan (*Reliability*) dari turbin gas harus selalu terjaga, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan periodik (*Predictive Maintenance*). Pemeliharaan periodik pada PLTG sendiri terbagi menjadi beberapa tingkatan keseriusan dalam melakukan pemeliharaan, yaitu *First inspection*, *Simple Inspection*, *Mean Inspection/Minor Inspection* dan *Major Inspection* (MI).

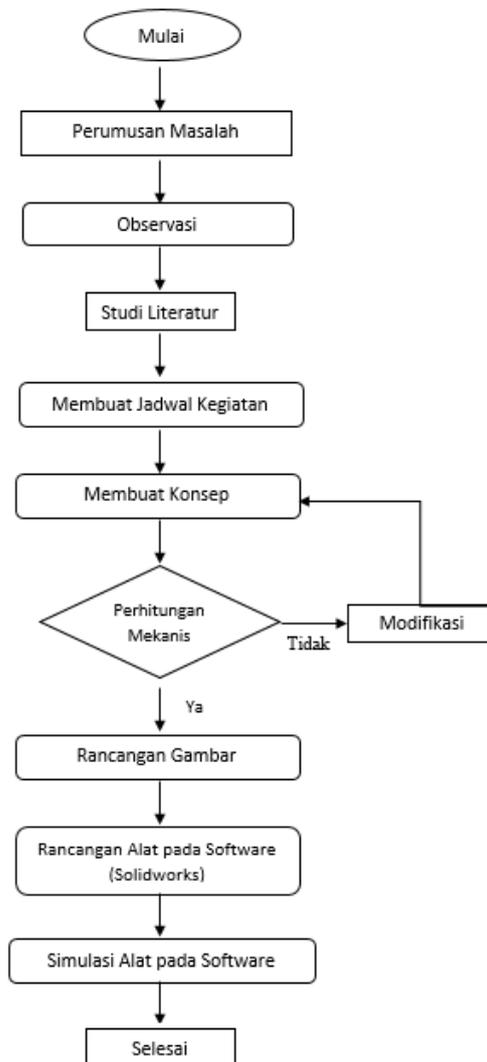
Turbin gas di unit 3 blok 1 UPJP Priok sudah memasuki waktu kerja hingga 48.000 jam kerja. Sehingga perlu di *shutdown* dan dilakukan pemeliharaan berupa *major inspection*. Pada *major inspection* dilakukan pembongkaran *blade ring* turbin dari *turbine cylinder*, dan dilakukan *dissassembly* pada bagian *vane segment* dari *blade ring*. Ketika keseluruhan bagian *blade ring* telah di inspeksi, selanjutnya *vane segment* akan *reassembly* dengan *blade ring*. Sebelum pemasangan *vane segment*, pada *blade ring* di pasang *Sealcord* sebagai perapat udara agar tidak terjadi *losses*. Kendala yang sering terjadi saat pemasangan *Sealcord* adalah, *Sealcord* tidak rata dengan permukaan *blade ring*, sehingga harus di padatkan dan diratakan. Metoda yang umum digunakan dalam pemasangan *Sealcord* adalah dengan memukul *Sealcord* dengan palu hingga rata dengan permukaan *blade ring*. Masalah yang sering terjadi adalah, pemukulan/perataan permukaan *Sealcord* tidak merata, sehingga masih menyisakan bagian bagian yang timbul. Sehingga saat pemasangan *vane segment*, *Sealcord* tersangkut dan terputus dan mengakibatkan proses pemasangan *vane segment* harus diulang-ulang.

Dari masalah tersebut diharapkan adanya sebuah alat bantu sederhana yang dapat mempermudah proses pemasangan dan mempersingkat waktu serta mengurangi jumlah *man power* saat proses pemasangan *Sealcord*.

1.2 Tujuan

- a. Membuat rancangan alat bantu pemasangan *Sealcord* pada *blade ring* row 2 sampai row 4.
- b. Mempersingkat waktu instalasi *vane segment* dengan *blade ring*.
- c. Mengurangi *man power* untuk pekerjaan instalasi *vane segment*.
- d. Mengurangi resiko kerusakan pada sisi *blade ring* pada saat proses instalasi *vane segment*.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Proses

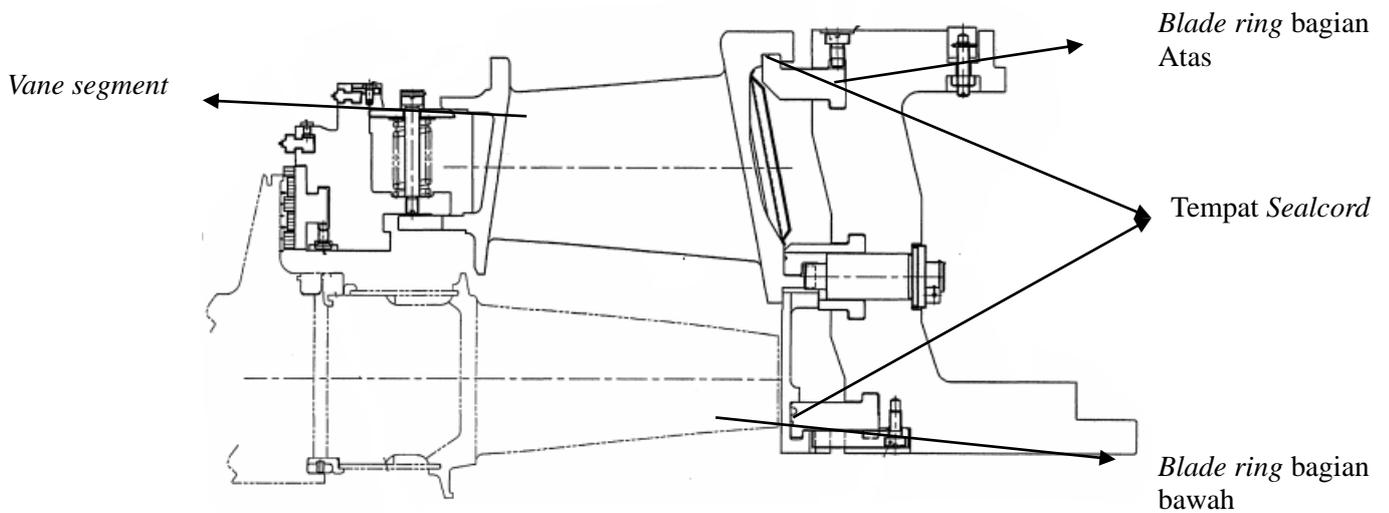
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Observasi

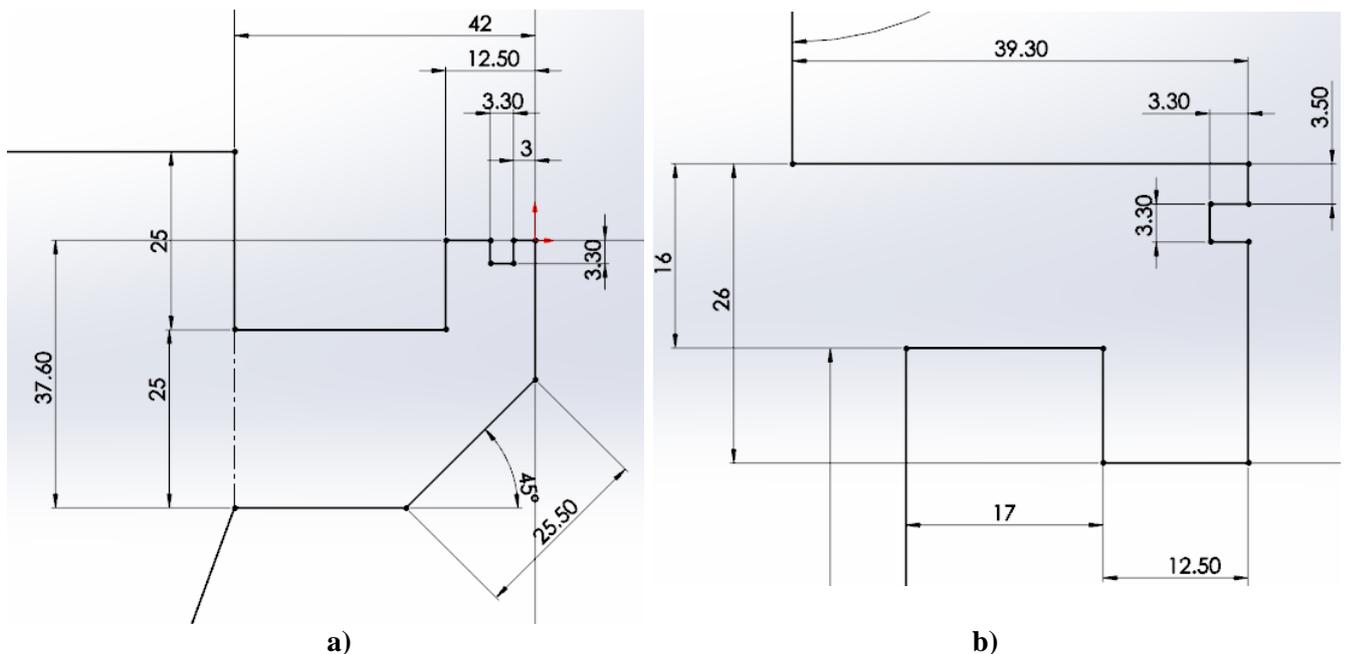
Tahap pertama yang dilakukan adalah dengan melakukan observasi terhadap komponen utama yang akan dibuat alat bantu, yaitu *blade ring* Mitsubishi M701F dan melakukan pengukuran terhadap sisi bagian atas dan bawah *blade ring* yang akan dipasang *Sealcord*.

a. *Blade ring*

Blade ring merupakan salah satu komponen yang terdapat pada Gas turbin. Fungsi *blade ring* adalah untuk menyalurkan gas hasil pembakaran dari combustor menuju turbin dengan aliran yang teratur. Pada *blade ring*, terdapat *vane segment* yang berfungsi sebagai penyearah aliran gas dari combustor. *Blade ring row 2* sampai dengan *row 4* memiliki dimensi sisi *Sealcord* yang sama, yang didapatkan dari hasil pengukuran manual.



Gambar 1. *Blade Ring Assembly*



Gambar 2. Dimensi Sisi *Blade Ring* Bagian (a) Atas Dan Bawah (b)

b. *Sealcord*

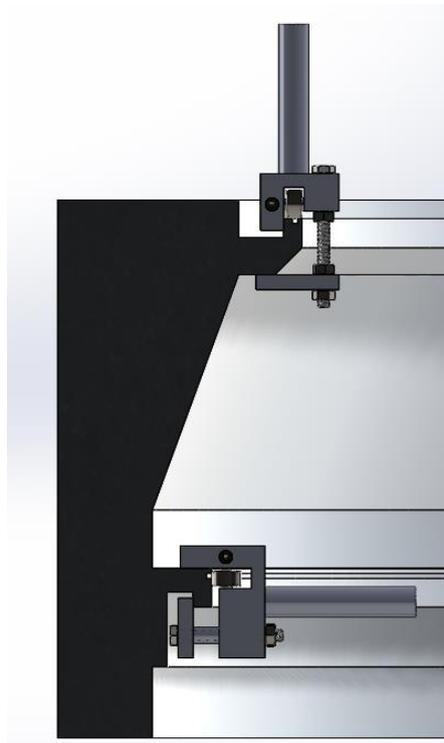
Merupakan media perapat, yang berfungsi mencegah terjadinya kebocoran gas yang dikhawatirkan dapat mengurangi efisiensi turbin. *Sealcord* mampu menahan suhu tinggi hingga temperatur operasi.



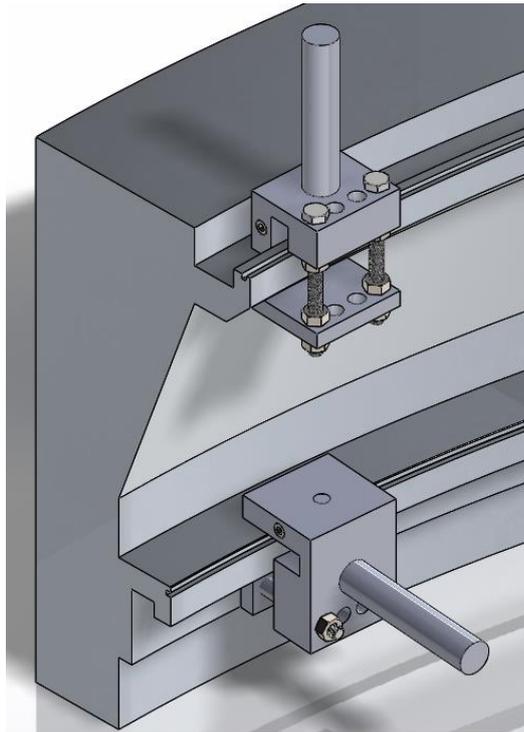
Gambar 3. *Sealcord*

3.2 Desain Alat Bantu Pemasangan *Sealcord*

Berdasarkan data hasil pengukuran saat observasi, maka dibuat rancangan alat bantu pemasangan *Sealcord* sebagai berikut :



Gambar 4. Tampak Samping Alat Bantu Pemasangan *Sealcord*



Gambar 5. 3D Alat Bantu Pemasangan Sealcord

3.3 Analisis/Perhitungan

1. Defleksi pada *frame*

Untuk menghitung kekuatan *frame*, maka harus dilakukan perhitungan defleksi yang terjadi pada *frame* tersebut menggunakan rumus :

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{60 \times 52^3}{12} = 703040 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$\delta = \frac{F L^3}{3 E I} = \frac{60 \times 52^3}{3 \times 210 \times 10^9 \times} = 1.9047 \times 10^{-11} \text{ [mm]}$$

2. Dimensi baut

Untuk memastikan bahwa baut yang digunakan aman dan mampu melakukan pengencangan sesuai yang diinginkan, maka dilakukan perhitungan untuk mencari dimensi baut yang sesuai menggunakan rumus :

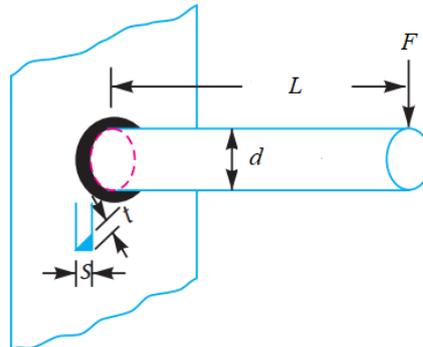
$$d_c = \sqrt{\frac{4 F}{Z \pi \sigma_{ijin}}} = \sqrt{\frac{4 \times 60}{2 \times \pi \times 7,44}} = 2,26 \text{ [mm]}$$

$$d = 1,25 \times d_c = 1,25 \times 2,26 = 2,83 \text{ [mm]},$$

Pada tabel, didapatkan ukuran baut yang tersedia dan aman digunakan adalah M3.

3. Dimensi Las

Perhitungan dimensi las dilakukan agar menjamin tingkat keamanan pada saat penarikan tuas. Perhitungan dimensi las dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :



Gambar 2.14 Notasi pada las

$$\tau_1 = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi d t} = \frac{249}{\pi \times 20 \times t} = \frac{3,96}{t} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b \times y}{I} = \frac{M_b \times \frac{d}{2}}{\pi t r^3} = \frac{(249 \times 100) \times 10}{\pi t 10^3} = \frac{79,25}{t} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau_1^2} = \sqrt{\left(\frac{79,25}{2t}\right)^2 + \left(\frac{3,96}{t}\right)^2} = \frac{39,82}{t}$$

$$\tau = \frac{39,82}{t}$$

$$t = \frac{39,82}{\tau} = \frac{39,82}{51} = 0,78 \text{ [mm]}$$

4. Gaya gesek

Besar gaya gesek yang terjadi menggunakan material teflon dapat dihitung menggunakan rumus :

$$f_g = \mu \times N = 0,04 \times 60 = 0,24 \text{ [N]}$$

4. KESIMPULAN

1. Alat bantu pemasangan *Sealcord* akan menggunakan prinsip *clamp F*, dimana *frame* yang digunakan akan terbuat dari material ST 42.
2. Alat ini dapat mempermudah proses pemasangan *Sealcord* secara cepat, mudah dan aman
3. Alat ini dapat diaplikasikan pada *blade ring* turbin gas Mitsubishi M701F row 2 sampai dengan row 4 berdasarkan perhitungan matematis dan simulasi yang dilakukan dengan *software solidwork*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan *full paper* seminar nasional ini mungkin tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. PT Indonesia Power yang telah memberikan kesempatan sekaligus fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Ade Sumpena S.T., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir.

3. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin PNJ.
4. Ibu Candra Damis Widiyawati, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin PNJ.
5. Bapak Sujadi selaku Manajer Unit Jasa Pemeliharaan (UJH) Area I.2 (Priok, Saguling, Kamojang, Cilegon) PT Indonesia Power sekaligus Mentor selama melaksanakan *On Job Training* di perusahaan.
6. Bapak Raska Permana selaku Supervisor Senior (SpS) Unit Jasa Pemeliharaan (UJH) Area I.2 (Priok, Saguling, Kamojang, Cilegon) PT. Indonesia Power sekaligus Tutor selama melaksanakan *On Job Training* di perusahaan.
7. Teman-teman D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2015 yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan *full paper* seminar nasional ini.
8. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan *support* yang besar dalam penyelesaian paper seminar nasional yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khurmi, R.S., Gupta, J.K. “*A Textbook of Machine Design*”. New Delhi. Eurasia Publishing House (PVT.) Ltd. 2005.
- [2] Anonim, “*Design Manual*”. Japan. PT. Mistsubishi Heavy Industry. Ltd.
- [3] Pudjanarsa, Astu., Nursuhud, Djati. “*Mesin Konversi Energi*”. Yogyakarta: Andi Offset. 2013.
- [4] <https://www.seligsealing.com/product/product/index/id/87.html> , diakses pada tanggal 2 Mei 2018.
- [5] Arismunandar, Wiranto. “*Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*”. Bandung. Penerbit ITB. 2002.

RANCANG BANGUN JIG AND FIXTURE PADA SETTING T-SHAPE BOX GIRDER DI PT.BUKAKA TEKNIK UTAMA”

ABNI MUSTOFA BILAL¹, HARDI SETIAWAN¹, HIKBAL RIANDHA¹, ADE SUMPENA²

¹Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy,
Kampus Baru UI Depok 16424.

Telp : +6221 7270044. Fax : (021) 7270034

Email : abnimustofa@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Rancang bangun ini yaitu membuat sebuah jig and fixture. Jig adalah alat khusus yang berfungsi untuk memegang dan menahan benda kerja. Jig and Fixture diletakkan pada benda kerja agar menjaga posisi benda kerja dan membantu/mengarahkan benda kerja, sedangkan Fixture adalah alat khusus yang berfungsi untuk mengarahkan, memegang, dan menahan benda kerja agar menjaga posisi benda kerja selama proses pemesinan. Jadi Jig and fixture adalah alat pemegang benda kerja produksi yang digunakan dalam rangka membuat proses pengerjaan produk secara akurat. Hubungan dan kelurusan yang benar antara alat potong atau alat bantu lainnya dengan benda kerja mesti dijaga. Untuk melakukan ini maka dipakailah jig and fixture yang didesain untuk memegang, menyangga dan memposisikan setiap bagian sehingga setiap proses produksi dilakukan sesuai dengan batas spesifikasi.

Oleh karena itu rancang bangun ini bertujuan untuk membuat Jig and Fixture setting T-Shape Box Girder di PT. Bukaka Teknik Utama, karena pada proses assembly T-Shape dengan Bottom Plate sering mengalami permasalahan ketika proses pengelasan berlangsung. Salah satunya yaitu terjadinya distorsi pada T-Shape. Hal tersebut dikarenakan adanya proses pendinginan yang terjadi setelah proses pengelasan dan karena adanya panas yang berlebih maka material T-Shape dapat mengalami penyusutan atau tarik menarik dan membuat material T-Shape tersebut melengkung. Hal ini menimbulkan waktu yang cukup lama dalam proses pengerjaan assembly T-Shape dengan Bottom Plate untuk menjadi Box Girder, dan Box Girder jadi tidak sesuai dimensi. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut perlu adanya alat bantu khusus untuk menahan T-shape agar tidak mengalami distorsi ketika proses pengelasan berlangsung. Prinsip kerja alat tersebut yaitu ketika T-Shape dan Bottom Plate beserta part pendukung lainnya terpasang maka akan dilakukan penyetingan diantara dua T-Shape menggunakan Jig and Fixture agar dimensi sesuai dengan kebutuhan. Setelah proses setting selesai maka akan dilakukan pengelasan T-Shape dengan Bottom Plate, setelah proses pengelasan dan pendinginan selesai alat bantu tersebut dapat dilepas. Dengan adanya alat bantu Jig and Fixture ini, permasalahan yang terjadi ketika proses pengelasan T-shape dengan Bottom Plate dapat diatasi, sehingga dapat mempermudah proses pengerjaan dan hasil pengerjaan sesuai dimensi.

Kata Kunci: Jig and Fixture, T-shape, Bottom Plate, Pengelasan, Distorsi

This design is to make a jig and fixture. Jig is a special tool that serves to hold and hold the workpiece. Jig and Fixture is placed on the workpiece to maintain the position of the workpiece and assist / direct the workpiece, while Fixture is a special tool that serves to direct, hold, and hold the workpiece in order to maintain the position of the workpiece during the machining process. So Jig and fixture is a workpiece holder of production equipment used in order to make the process of product work accurately. Correct connections and alignments between cutting tools or other tools with workpieces should be maintained. To do this the jig and fixture is designed to hold, support and position each part so that every production process is done according to the specification limits.

This design aims to create Jig and Fixture Setting T-Shape Box Girder at PT. Bukaka Teknik Utama, because in the process of T-Shape assembly with Bottom Plate often experience problems when the welding process takes place. One of them is the distortion of the T-Shape connection. This is due to the cooling process that occurs after the welding process and due to excessive heat then the T-Shape material can experience shrinkage or pull pull and make the material T-Shape is curved. This leads to a long time in the process of assembling T-Shape with Bottom Plate to become a Girder Box, and Box Girder so it does not fit the dimensions. To prevent the occurrence of this need special tools to hold the T-shape to avoid distortion when the welding process takes place. The working principle of the tool is that when T-Shape and Bottom Plate along with other supporters are installed it will be done between two T-Shape setup using Jig and Fixture for dimensions to suit the needs. After the setting process is complete it will be welding T-Shape with Bottom Plate, after the welding and cooling process is completed the tool can be removed. With this Jig and Fixture tool, the problems that occur when T-shaped welding process with Bottom Plate can be overcome, so that it can simplify the process of workmanship and the results according to the dimensions.

Keyword : Jig and Fixture, T-shape, Bottom plate, Welding, Distorsi

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berdampak pada kemajuan industri manufaktur yang diharuskan untuk dapat menghasilkan produk dengan cara yang lebih mudah, cepat, dan murah. Untuk itu banyak perusahaan dibidang industri manufaktur mencoba mencari cara untuk menekan biaya produksi dan mempercepat proses produksi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan.

PT. Bukaka Teknik Utama Tbk (Unit Usaha Jembatan) merupakan salah satu industri manufaktur yang memproduksi Stell Box Girder. Namun tidak semua pekerjaan yang ada sekarang sudah memiliki alat bantu yang dapat memudahkan pekerjaan tersebut. Bahkan dalam beberapa kegiatan produksi manufaktur terdapat beberapa pekerjaan yang menuntut adanya penggunaan alat bantu, salah satunya adalah pengelasan Stell Box Girder . Dengan memperhatikan kenyataan diatas maka perlu dilakukan perancangan dan pembuatan alat bantu cekam (fixture) dalam proses pengelasan steel box girder yang mampu menjaga ukuran antara ujung Box Girder sesuai yang ditentukan. Dengan kata lain pengerjaan proses pengelasan akan lebih mudah untuk mendapatkan kualitas produk yang lebih tinggi dengan tidak adanya cacat pada bagian benda kerja, ataupun laju produksi yang lebih tinggi.

Dengan demikian, efisiensi proses pengelasan suatu produk dapat ditingkatkan (mereduksi waktu setup) melalui perancangan alat bantu pegang (fixture) pada proses pengelasan steel box girder.

1.2 Tujuan

Tujuan rancang bangun jig and fixture pada setting T-shape box girder ini adalah:

1. Mampu merancang jig and fixture pada setting T-shape box girder
2. Mampu membangun jig and fixture pada setting T-shape box girder.
3. Meningkatkan efisiensi pada proses assembly stell box girder

1.3 Batasan Masalah

Agar rancang bangun jig and fixture pada setting T-shape box girder ini menjadi terarah dan memberikan kejelasan analisis permasalahan, maka pembatasan masalah yang ada pada laporan ini terbatas pada:

1. Jig and Fixture ini hanya untuk menjaga dimensi sambungan antara ujung stell box girder

2. STUDI KEPUSTAKAAN

Fixture adalah peralatan produksi yang menempatkan, memegang dan menyangga benda kerja secara kuat sehingga pekerjaan yang diperlukan bisa dilakukan. Fungsi utama dari fixture las adalah memegang benda yang akan dilas pada saatnya ataupun sebelumnya.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Rancang Bangun

Desain alat bantu selalu berkembang karena tidak ada satu alat yang mampu memenuhi seluruh proses manufaktur. Dari sini ditentukan konsep alat bantu yang dirancang harus memenuhi hal-hal sebagai berikut:

- a. Sederhana, mudah dioperasikan.
- b. Menurunkan biaya manufaktur.
- c. Menghasilkan part berkualitas tinggi secara konsisten.
- d. Menaikkan laju produksi.
- e. *Foolproof*, mencegah penggunaan/pemasangan yang salah.
- f. Menggunakan material alat bantu yang menjamin umur.
- g. Pemakaian yang cukup.
- h. Menjamin keamanan kerja operator.

3.1 Uraian Langkah Diagram Alir Rancang Bangun

a. Observasi

Observasi dilakukan untuk menemukan permasalahan yang terdapat pada proses assembly Stell Box Girder. Observasi dilakukan dengan mengamati penggunaan dan standar operasional yang sudah ada sehingga didapatkan peluang-peluang untuk mengoptimalkan proses pabrikasi.

b. Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan dilakukan dengan menganalisa hasil observasi sehingga didapatkan hal-hal yang dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan yang terdapat pada proses assembly Stell Box Girder.

c. Menentukan Spesifikasi

Hasil yang didapatkan dari analisa kebutuhan selanjutnya diolah menjadi spesifikasi rancang bangun yang akan dibuat. Penentuan spesifikasi bertujuan agar alat yang dirancang bangun dapat menyelesaikan permasalahan yang terdapat pada assembly Stell Box Girder.

d. Proses Perancangan

Data hasil analisa kebutuhan dan spesifikasi kemudian divisualisasikan dengan desain kasar rancangan alat. Proses perancangan Jig and Fixture pada setting T-Shape Box Girder menggunakan software Inventor.

e. Perhitungan Rancangan

Menganalisa dan mengkalkulasi gaya yang bekerja pada Jig and Fixture pada setting T-Shape Box Girder, sehingga dapat memperkirakan kekuatan dari rancangan tersebut.

f. Gambar Kerja

Gambar kerja didapat setelah melakukan observasi, analisa kebutuhan, mentukan spesifikasi, proses perancangan dan perhitungan rancangan dilakukan.

g. Pabrikasi

Pembuatan ragum cross ini dilakukan dalam tahap-tahap sebagai berikut:

1. Pembuatan komponen- komponen Jig and Fixture.
2. Perakitan komponen Jig and Fixture.

pembuatan alat ini merupakan proses permesinan pada setiap komponen yang berupa proses cutting, bubut, bor, gerinda, las, dan proses tap. Mesin yang digunakan yaitu mesin cutting, mesin bubut, mesin bor, mesin gerinda, dan juga mesin las.

Pembuatan dan perakitan Jig and Fixture dilakukan di workshop PT. Bukaka Teknik Utama Tbk (unit usaha jembatan). Waktu yang dibutuhkan untuk merancang bangun alat ini adalah 3 bulan.

h. Uji Coba

Melakukan pengujian terhadap semua komponen Jig and Fixture dan memastikan semua komponen beroperasi dengan baik. Melakukan pengujian pada Jig and Fixture saat mencekam benda kerja yang akan di sambung dengan menggunakan mesin las. Jika ditemukan komponen dan bagian yang tidak beroperasi normal, maka dilakukan tindakan modifikasi.

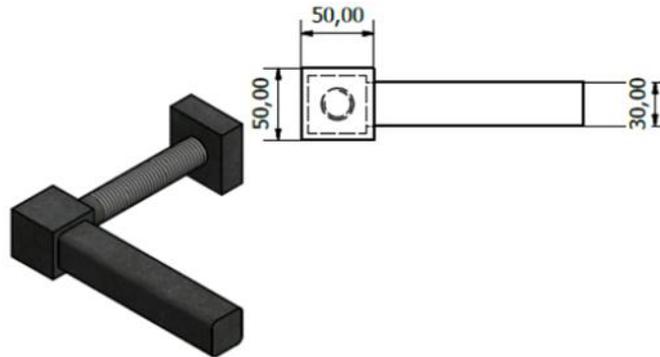
i. Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan dilakukan untuk mengevaluasi keberhasilan dari pembuatan Jig and Fixture ini. Laporan disusun dengan lengkap meliputi lampiran (gambar, foto, laporan keuangan, scan bukti pengeluaran uang).

4. HASIL DAN ANALISA

4.1 Analisa Pada Clamp

Posisi pengecam selalu bersentuhan dengan benda kerja pada posisi yang rigid. Untuk menghindari defleksi benda kerja harus ditahan menggunakan alat bantu.



Gambar 4.1.1 Daerah Clamp yang bersentuhan dengan benda kerja

Material : Baja
Panjang Komponen : 50 (mm)
Lebar Komponen : 50 (mm)

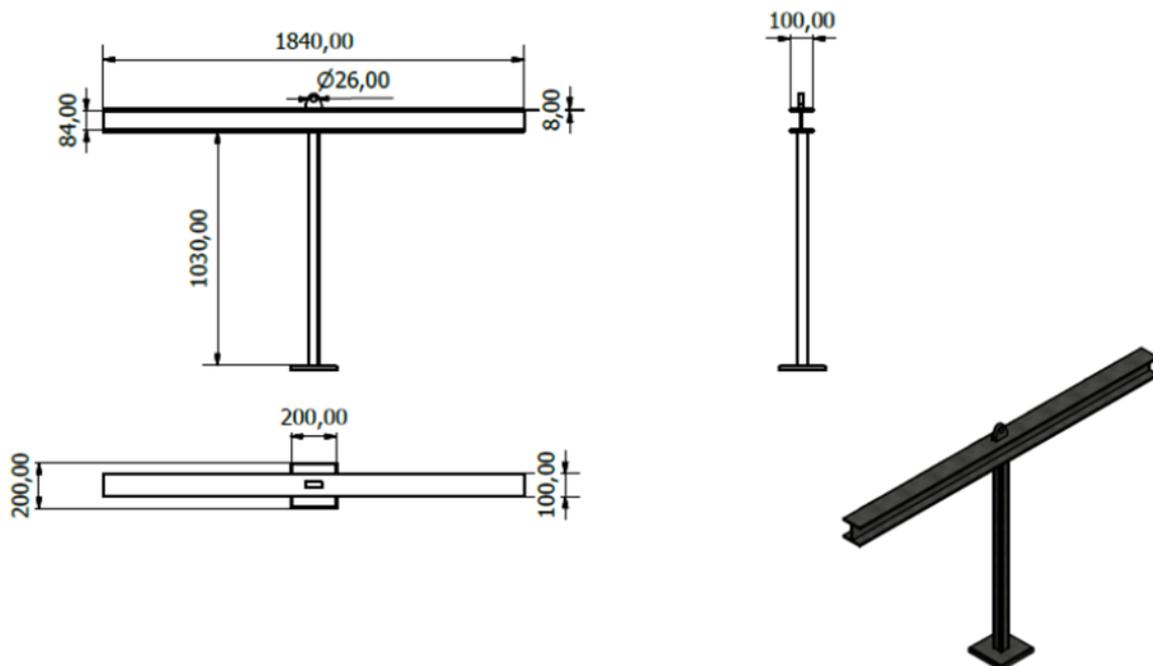
Tegangan pada clamp, $\sigma = \frac{F}{A}$

$$\text{Maka, } \sigma = \frac{109583,1936 (N)}{2500 \text{ mm}^2}$$

$$= 43,833 \text{ N/mm}^2$$

4.2 Analisa Pada Set Block Yang Bersentuhan

Sebagai alat yang memposisikan benda kerja pada fixture agar benda kerja menjadi rigid atau kaku.



Gambar 4.2.1 Daerah set-block yang bersentuhan dengan benda kerja

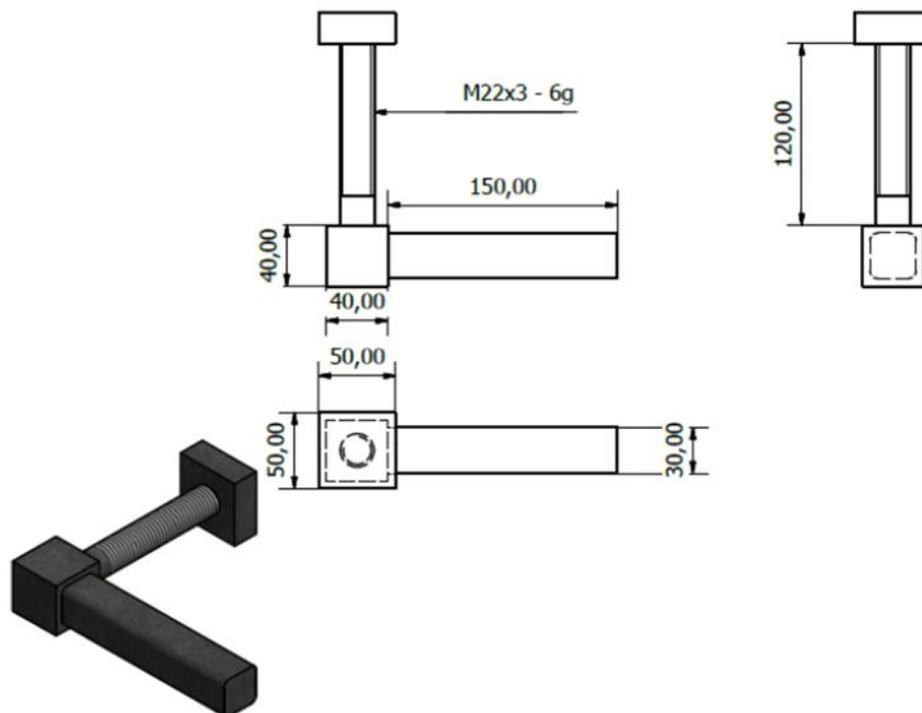
Material : Baja
Panjang Komponen : 1840 (mm)
Lebar Komponen : 84 (mm)

Tegangan pada set-block, $\sigma = \frac{F}{A}$

$$\text{Maka, } \sigma = \frac{109583,1936 (N)}{154560 \text{ mm}^2}$$
$$= 0,7090 \text{ N/mm}^2$$

4.3 Analisa Pada Batang Penggerak

Batang penggerak digunakan untuk menggerakkan *clamp*, batang ini memiliki ulir sehingga dapat mendorong dan menarik *clamp*.



Gambar 4.3.1 Batang penggerak

Material : Baja
Diameter Komponen : 20 (mm)

Tegangan pada batang penggerak, $\sigma = \frac{F}{\pi d^2}$

$$\text{Maka, } \sigma = \frac{109583,1936 (N)}{1519,76 \text{ mm}^2}$$
$$= 72,1055 \text{ N/mm}^2$$

Tabel 4.3.1 Spesifikasi Ulir

Diameter nominal $d = D$	Gang P	Diameter Tengah $d_2 = D_2$	Baut		Mur	
			Diameter terkecil d_3	Luas tegangan tarik $A_s^{(1)}(mm^2)$	Diameter terkecil D_1	Diameter mata bor
M 1	0,25	0,838	0,69	0,46	0,73	0,75
M 1,2	0,25	1,038	0,89	0,73	0,93	0,95
M 1,6	0,35	1,373	1,71	1,27	1,22	1,25
M 2	0,4	1,740	1,51	2,07	1,57	1,6
M 2,5	0,45	2,208	1,95	3,39	2,01	2
M 3	0,5	2,675	2,39	5,03	2,46	2,5
M 4	0,7	3,545	3,14	8,78	3,24	3,3
M 5	0,8	4,480	4,02	14,2	4,13	4,2
M 6	1	5,350	4,77	20,1	4,91	5
M 8	1,25	7,188	6,47	36,6	6,65	6,8
M 10	1,5	9,026	8,16	58,0	8,37	8,5
M 12	1,75	10,863	9,85	84,3	10,10	10,2
(M 14)	2	12,700	11,55	115	11,83	12
M 16	2	14,701	13,55	157	13,83	14
(M 18)	2,5	16,376	14,93	192	15,29	15,5
M 20	2,5	18,376	16,93	245	17,29	17,5
(M 22)	2,5	20,376	18,93	303	19,29	19,5
M 24	3	22,051	20,32	353	20,75	21
(M 27)	3	25,051	23,32	459	23,75	24
M 30	3,5	27,727	25,71	561	26,21	26,5
(M 33)	3,5	30,726	28,71	693	29,21	29,5
M 36	4	33,402	31,09	817	31,67	32
(M 39)	4	36,401	34,09	975	34,67	35
M 42	4,5	39,077	36,48	1120	37,13	37,5
(M 45)	4,5	42,077	39,48	1306	40,13	40,5
M 48	5	44,752	41,87	1470	42,59	43
(M 52)	5	48,752	45,87	1758	46,59	47
M 56	5,5	52,427	49,25	2030	50,04	50,5
(M 60)	5,5	56,427	53,25	2362	54,04	54,5
M 64	6	60,102	56,64	2676	57,50	58
(M 68)	6	64,102	60,64	3055	61,50	62

Ulir yang digunakan dalam pabrikasi ini yaitu berjenis M22.

Bagian-bagian yang telah dirancang dan dibuat akan digabungkan dengan komponen-komponen utama lainnya. Berikut ini merupakan alat bantu pegang (*fixture*) yang telah selesai dibuat dan di rangkai :



Gambar 4.1 Alat bantu pegang (Jig and Fixture)

4.4 Pengujian Alat

Adapun pengujian pada alat ini adalah untuk mengetahui apakah elemen-elemen yang ada pada alat bantu pegang (fixture) proses pengelasan sambungan T pada Stell Box Girder dapat bekerja dengan baik, dengan membandingkan hasil pengelasan yang pendinginannya menggunakan fixture dan tanpa fixture. Dikarenakan kami belum melakukan pabrikan yang sebenarnya di PT. Bukaka Teknik Utama, maka kami melakukan uji coba dengan menggunakan skala. Adapun proses-proses pengujian alat meliputi: persiapan mesin dan alat, persiapan benda uji, analisa, kesimpulan dan selesai.

4.5 Persiapan Benda Uji

Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu sepasang T-shape dan satu Bottom Plate yang nanti akan Stell Box Girder.



Gambar 4.5.1 T-Shape



Gambar 4.5.2 Bottom Plate

4.6 Persiapan Alat

Adapun alat-alat yang digunakan guna menunjang penelitian adalah sebagai berikut:

a. Mesin Las

Jenis mesin las yang digunakan pada pengujian alat bantu pegang ini adalah Las SAW. Las SAW merupakan salah satu jenis pengelasan busur listrik dimana proses pengelasan ini adalah memanaskan dan mencairkan benda kerja dan logam pengisi atau elektroda oleh busur listrik yang ada diantara logam induk dan elektroda (logam pengisi). Pengelasan SAW ini menggunakan fluks yang bentuknya seperti pasir untuk melindungi logam pengisi yang mencair saat proses pengelasan agar tidak terkontaminasi dari udara luar sehingga menghasilkan las - lasan yang baik.

b. Dial Indicator

Dial indikator adalah alat ukur yang dipergunakan untuk memeriksa penyimpangan yang sangat kecil dari bidang datar, bidang silinder atau permukaan bulat dan kesejajaran

c. Roll Meter

Roll meter ini digunakan untuk mengukur jarak antara T-shape

4.7 Pelaksanaan Pengujian

Tahapan Pengujian :

1. Tahap awal pengujian adalah menyiapkan alat-alat yang akan digunakan selama proses pengujian
2. Benda uji disiapkan, yaitu sepasang T-shape dan Bottom Plate yang akan di assembly menjadi Stell Box Girder
3. Pada pengujian pengelasan menggunakan Jig and fixture, keratkan benda uji dengan memutar batang penggerak agar clamp dapat menahan benda uji.
4. Setelah benda uji siap dan Jig and Fixture dipasang, maka siap dilakukan proses pengelasan sesuai dengan parameter dan variasi yang telah ditentukan.
5. Mengukur distorsi dari setiap benda uji dengan menggunakan dial indicator dan roll meter.
6. Didapatkan selisih ukuran yang merupakan nilai dari distorsi.
7. Menganalisa hasil penelitian untuk mendapatkan kesimpulan dari setiap variasi parameter tersebut dan menentukan apakah jig and fixture yang dibuat berhasil menahan laju distorsi pada benda uji.

4.8 Hasil Pengujian Alat

Pada pengujian ini didapat waktu *setup* dan waktu proses pengelasan, dimana hasil pengujian memperlihatkan perbandingan waktu yang terjadi antara menggunakan *fixture* dan tanpa menggunakan *fixture*. Kemudian setelah membandingkan waktu dengan menggunakan *fixture* dan tanpa menggunakan *fixture*, dilakukan analisa kelayakan ekonomis yang gunanya agar mengetahui apakah alat bantu pegang atau *fixture* yang dibuat layak untuk digunakan secara ekonomi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari perancangan dan pembuatan alat bantu pegang (*jig and fixture*) yang sudah dilakukan pengujian alat adalah sebagai berikut:

1. Alat bantu pegang (*jig and fixture*) dapat meningkatkan produktivitas melalui waktu setup serta meningkatkan efisiensi penggunaan melalui penggunaan yang berulang-ulang.
2. Alat bantu pegang (*jig and fixture*) dapat mengurangi distorsi yang terjadi

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan hasil yang didapatkan dari perancangan dan pembuatan *jig and fixture*, maka penulis dapat memberikan saran yaitu :

1. Didalam melakukan perancangan alat tambahan pada mesin manufaktur perlu di perhatikan bentuk disain, ukuran dan dimensi alat. Agar alat dapat digunakan sesuai dengan apa yang diharapkan.
2. Alat bantu pegang (*fixture*) ini dapat disempurnakan oleh peneliti selanjutnya, misalnya dengan memvariasikan jenis sambungan las.

TERIMA KASIH

DAFTAR PUSTAKA

Khurmi, R.S dan Gupta, J.K, 1980, “ A text Book of Machine Design “, Mc.GrawHill, New Delhi
Sri Widharto “Welding Inspection”
Edward Hoffman “Jig and Fixture”

RANCANG BANGUN *ELECTRICAL DIVERTER GATE 4D2-DG3* DAN *482-DG5*

Bagas Adi Pratama¹; Fatahula²

¹Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,

²Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta,

bagasadi.holcim@gmail.com

Abstrak

Fine coal adalah suatu bahan bakar alternative yang di gunakan di dalam pabrik semen khususnya PT. Holcim Indonesia. Bahan bakar jenis ini mudah sekali terbakar apabila terkontaminasi panas dan oksigen. Pada PT. Holcim Indonesia sendiri sering terjadi ledakan pada proses penghasilan *fine coal* ini. *Fine coal* harus diisolasi agar terhindar dari kontaminasi udara luar terutama oksigen agar tidak mempengaruhi senyawa yang ada pada batu bara tersebut saat akan digunakan untuk penyalaan awal dan untuk mencegah adanya bahaya ledakan dan kebakaran karena adanya proses perbaikan yang menghasilkan percikan api atau panas mengingat teori segitiga api bahwa api muncul karena adanya bahan bakar, udara, dan sumber api atau panas, untuk mencegah hal tersebut terjadi diperlukan suatu sistem isolasi khusus untuk menutup saluran batu bara saat proses maintenance berlangsung. Untuk menghindari kejadian terjadinya ledakan seharusnya ada suatu alat tersendiri yang di gunakan untuk transpotasi menggunakan jalur khusus tersendiri agar transpotasi dust yang di gunakan untuk mengisolasi terjadi ledakan tidak menimbulkan bahaya yang lain. Jadi untuk membuat jalur tersendiri akan di langungkan atau sering di sebut jalur *by pass* dari dust dengan diverter gate. diverter gate ini menggunakan sistem penggerak berupa motorized dan pneumatic yang di control oleh panel pengontrol. Biasanya panel control ini digunakan oleh operator dari jarak dekat sistem manual dan juga bisa di operasikan langsung dari CCR (Central Control Room).

Kata Kunci : *Diverter Gate, Motorized, Pneumatic*

Abstract

Fine coal is an alternative fuel that is used in the cement plant, especially PT. Holcim Indonesia. This type of fuel is easily burned if it is contaminated with heat and oxygen. At PT. Holcim Indonesia itself often explosive in this *fine coal* income process. *Fine coal* should be isolated to avoid contamination of external air, especially oxygen, so as not to affect the compounds present in the coal when it will be used for initial ignition and to prevent explosion and fire hazards due to a repair process that produces sparks or heat given the theory of fire triangle that fire arises from the presence of fuel, air, and a source of fire or heat, to prevent it from occurring necessary a special isolation system to close the coal channel during maintenance process. To avoid the occurrence of the explosion there should be a separate tool that is used for transpotation using special paths for dust transpotation that is used to isolate the explosion does not cause other harm. So to create a separate path will be in direct or often called by *pass path* from dust with diverter gate. This gate diverter uses a motorized and pneumatic drive system controlled by the control panel. Usually this control panel is used by operators from close range manual systems and can also be operated directly from CCR (Central Control Room).

Keywords : *Diverter Gate, Motorized, Pneumatic*

1. PENDAHULUAN

Bag filter (BF) adalah suatu alat yang ada di pabrik semen yang berfungsi untuk sistem dedusting material atau pemisahan debu berukuran sangat halus dengan udara supaya area tidak berdebu dan juga tidak menimbulkan *coating* atau penumpukan material di dalam alat yang diberlakukan sistem tersebut.^[1]

Bag filter (BF) juga digunakan untuk transportasi material yang berukuran sangat halus seperti *dust* dan *fine coal*. Sistem transportasi *dust* yang digunakan tidak sesuai standar yang dapat mengakibatkan kerugian dan kecelakaan kerja. Agar sistem tersebut menjadi standar maka arah aliran *dust* di pisahkan dengan arah aliran *fine coal*. Jika aliran material masih menjadi satu proses akan berpotensi terjadinya ledakan pada *bag filter* di karenakan terdapat ruang kosong ketika penggantian sistem transportasi antara *dust* dengan *fine coal* akan menghasilkan udara dan akan terkontaminasi dengan *fine coal* yang mengakibatkan terjadi ledakan.^[2]

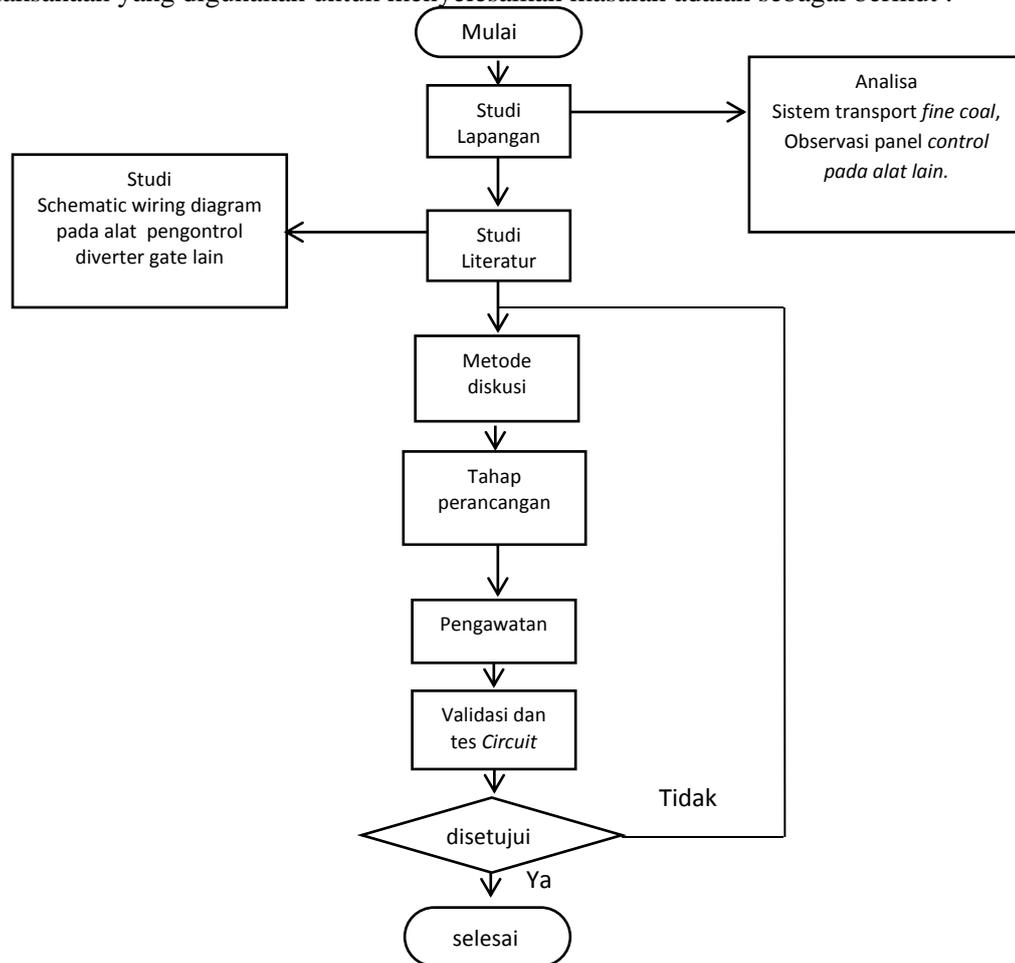
Oleh karena itu sangat di perlukan adanya *diverter gate* yang digunakan untuk mencegah ledakan yang dapat mengakibatkan terjadinya kebakaran. Jadi *diverter gate* ini akan di gunakan untuk mengalirkan *dust* dari tempat penyimpanan di alirkan menuju sesuai dengan alat yang akan di selimuti agar *fine coal* tidak terkontaminasi



Gambar 1. *Diverter gate*

2. METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram alir metode pelaksanaan

Pada tahap awal, dilakukan observasi untuk mengidentifikasi masalah dan pengumpulan data yang berkaitan dengan kebutuhan yang diperlukan dalam merancang bangun sistem isolasi jalur batubara menggunakan *diverter gate valve*. Dilakukan juga pengukuran lokasi, studi buku manual untuk mengetahui besaran tekanan yang dibutuhkan serta diskusi kepada pihak terkait seperti *team member* yang bertanggung jawab di area tersebut untuk mendapatkan informasi bagaimana sistem isolasi batubara saat ini yang diterapkan ketika proses *maintenance* di area *coal mill* berlangsung. Sistem pengontrol untuk menentukan desain dan konsep sistem isolasi jalur batubara menggunakan *diverter gate valve* yang paling mungkin diterapkan di area *coal mill* dengan mempertimbangkan nilai kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif konsep. Melakukan survei lapangan serta observasi dengan supervisi mengenai standar kebutuhan *valve* yang sesuai dengan area yang akan diisolasi.

Survei lapangan dan diskusi dengan pembimbing lapangan untuk menentukan titik pemasangan *diverter gate valve* yang paling efektif untuk diterapkan di area *coal mill*. Pemilihan material dan alat berdasarkan pertimbangan pemilihan konsep desain yang akan diterapkan untuk *diverter gate valve*. Dari perhitungan beban motor dan *pneumatic* yang dibutuhkan untuk mengoperasikan *diverter gate valve*, dilakukan desain sistem dan skema gambar rangkaian kerja dari sistem isolasi batubara menggunakan *diverter gate valve* yang akan diterapkan di area *coal mill*. Membuat perancangan sistem pengontrol *diverter gate* yang sesuai dengan kondisi di lapangan agar pengontrol tersebut beroperasi sesuai dengan yang di kehendaki oleh operator.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi kerja sistem *Diverter Gate*

Diverter gate adalah suatu alat yang berfungsi sebagai alat mengatur / membagi arah transportasi material.^[3] Yang dimaksud deskripsi kerja adalah pergerakan suatu alat pada proses produksi yang dijalankan sesuai dengan objektif yang telah ditentukan, agar bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan oleh operasional. Sehingga mampu menjaga keberlangsungan proses produksi.

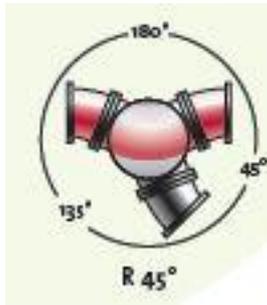
Deskripsi kerja yang diinginkan oleh operasional seperti berikut:

1. *Diverter gate* harus mampu mengatur laju transportasi antar *dust* dengan *fine coal* secara terus menerus dengan kebutuhan yang di sesuaikan oleh operator agar tidak terjadi masalah.
2. Pengoperasian *Diverter Gate* dapat membuka dan menutup sesuai dengan kehendak operator.
3. Pengoperasian *Diverter Gate* dapat dengan mode *local* dan *remote*. *Local* untuk pengoperasian secara manual dan *remote* secara otomatis.
4. Motor yang digunakan dapat forward dan reverse karena untuk membuka dan menutup valve
5. Terdapat alat pengaman yang aktif maka *Diverter gate* akan langsung mematikan.
6. Jika terjadi kegagalan sistem tidak akan merusak alat dan membrikan symbol bahwa alat tersebut mengalami kegagalan sistem

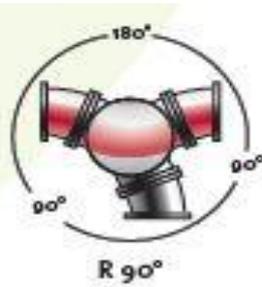
1. Kriteria konsep perancangan valve diverter gate yang telah disusun diantaranya:
 - Valve yang digunakan harus tepat dengan pipa transportasi
 - Mudah pemasangan
 - Fleksibilitas
2. Kriteria konsep perancangan pneumatik yang telah disusun diantaranya:
 - Silinder yang digunakan kuat
 - Respon cepat
 - Mampu menahan beban yang berat
 - Fleksibilitas
3. Kriteria konsep perancangan motor yang telah disusun diantaranya:
 - Harga motor dapat dijangkau.
 - Mampu menahan beban yang berat
 - Mudah instalasi
 - handal dalam industry semen
4. Kriteria konsep perancangan control diverter gate yang telah disusun diantaranya:
 - Panel yang digunakan tahan air dan debu
 - Mudah dalam instalasi
 - Mudah untuk *troubleshooting*
 - Aman saat digunakan
 - Pengoperasian mudah

Setelah hasil deskripsi dari pihak operasional didiskusikan dengan pihak terkait maka menghasilkan *Diverter gate* dan pengontrolnya seperti berikut:

3.2 Diverter gate design



Gambar 3. Design 1



Gambar 4. Design 2



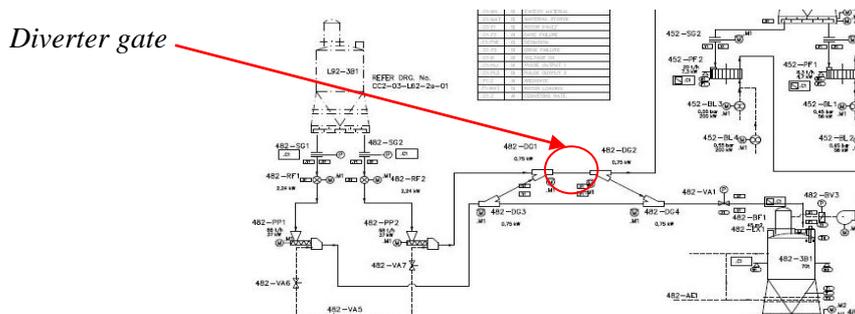
Gambar 5. Design 3

Tabel. 1 analisa kebutuhan

No.	Aspek Penilaian	Bobot (%)	Konsep					
			1		2		3	
			Nilai (1-5)	Nilai x Bobot (%)	Nilai (1-5)	Nilai x Bobot (%)	Nilai (1-5)	Nilai x Bobot (%)
1	Valve sesuai dengan pipa transport	50	5	50	3	30	2	20
2	Mudah instalasi	30	4	24	4	24	2	12
3	Fleksibilitas.	20	3	12	4	16	5	20
Total Nilai		100		86		70		52

3.3 Penentuan Titik Pemasangan

Sebelum dilakukan pemilihan dan penentuan kapasitas alat, terlebih dahulu harus dilakukan pemetaan berdasarkan kondisi aktual di lapangan sehingga di dapatkan titik yang paling mudah untuk dilakukan pemasangan *diverter gate valve*. Dari hasil survei dilapangan ditetapkan titik pemasangan *diverter gate valve* berdasarkan *flow sheet coal transportation* dan pertimbangan kemudahan pengerjaan (tidak perlu memotong pipa jalur batu bara yang terlapis wool) seperti gambar dibawah.



Gambar 6. Lokasi pemasangan *diverter gate valve*

3.4 *Pneumatic*

1. Menentukan spesifikasi *pneumatic*

Untuk menentukan spesifikasi *pneumatic* yang digunakan maka menghitung dulu beban yang di terima oleh *pneumatic* tersendiri lalu mencari torsi, biasanya plant menggunakan alat yng sesuai dengan spesifikasi

a. Menentukan beban total

- Beban damper.

Beban damper didapat dengan mengalikan massa jenis dengan volume damper. Damper yang digunakan sama dengan damper sebelum modifikasi.

Material damper 3Cr16, $\rho = 7,68 \text{ gr/cm}^3$

Volume damper = $46\text{cm} \times 70\text{cm} \times 1,6\text{cm} = 5152\text{cm}^3$

Koefisien gesek material = 0,61

Beban damper = $v \text{ damper} \times \rho \text{ damper}$

$$= 5152 \times 7,68 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$= 39567,36 \text{ g} \rightarrow 40\text{kg}$$

$$= 392 \text{ N}$$

Beban damper total = $392 \times 0,61 = 239,12\text{N}$

- Beban material.

Beban material didapat dari mengalikan massa jenis dust dengan voume chute. Untuk medapat beban maksimal, maka chute dianggap penuh dengan material atau volume chute sama dengan volume material.

Material dust, $\rho = 1,59 \text{ gr/cm}^3$

Volume material = $38,8\text{cm} \times 64,8\text{cm} \times 9,1\text{cm} = 22879,584\text{cm}^3$

Beban material = $1,59 \text{ gr/cm}^3 \times 22879,584\text{cm}^3 = 36378,538\text{gr} \rightarrow 356,509\text{N}$

- Beban total. Beban total yaitu jumlah dari semua beban

Beban total = $356,509\text{N} + 239,12\text{N}$

$$= 595,629 \text{ N}$$

b. Menentukan torsi

$$T = F \times l$$

$$T = 595.629 \times 1$$

$$T = 595.629 \text{ Nm}$$

3.5 *Motor*

untuk mencari spesifikasi motor maka menghitung daya motor yang di butuhkan. Untuk beban total yang dibutuhkan oleh motor sama dengan beban total yang diterima oleh *pneumatic*.

Beban total. Beban total yaitu jumlah dari semua beban

Beban total = $356,509\text{N} + 239,12\text{N}$

$$= 595,629 \text{ N}$$

Menentukan torsi

$$T = F \times l$$

$$T = 595.629 \times 0.5$$

$$T = 297.815 \text{ Nm}$$

Menghitung daya yang di butuhkan

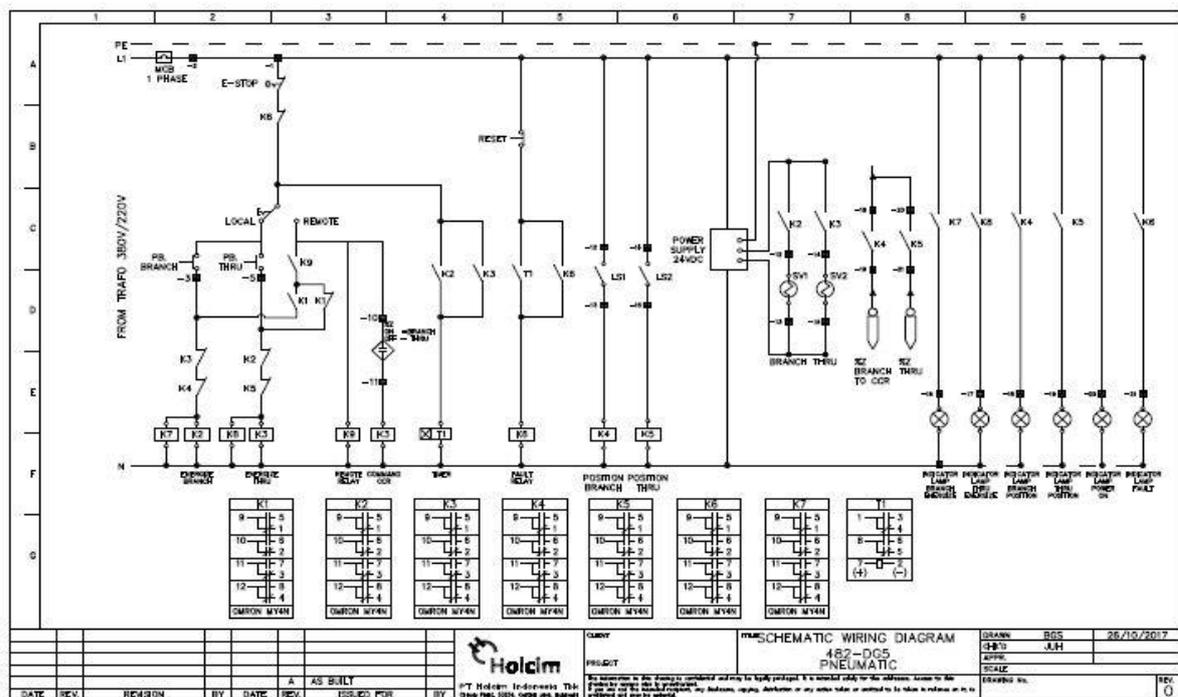
$$P = (T \times N) \div 5252$$

$$P = (297.815 \times 1360) \div 5252$$

$$P = 77.11 \text{ Watt}$$

Daya yang diperlukan oleh motor adalah 77,11 Watt, maka menggunakan motor dengan daya 550 Watt di karenakan motor yang tersedia pada plant.

3.6 Schematic wiring diagram Diverter gate



Gambar 6. Rangkaian kontrol diverter gate

Berikut ini prinsip kerja dari rangkaian kontrol

1. Saat *switch kiln* masih terhubung sistem tidak dapat dijalankan, dengan kata lain sistem dapat beroperasi jika *kiln* stop.
2. Jika *kiln* sudah stop, saat *push button branch* ditekan maka akan mengaktifkan **K2** dan akan memberi sinyal ke *SV_1* untuk meneruskan udara ke silinder dan membuka *diverter gate* serta menyalakan lampu indikator merah.
3. Saat *push button thru* ditekan maka akan mengaktifkan **K3** dan akan memberi sinyal ke *SV_2* untuk meneruskan udara ke silinder dan menutup *diverter gate* serta menyalakan lampu indikator hijau.
4. *Limit switch* akan mendeteksi posisi *gate* dan memberi sinyal melalui indikator yang menyala merah pada layar.
5. Jika *limit switch* tidak tertekan selama 7 detik maka akan mematikan semua sistem dan menyalakan lampu warna kuning serta mengirimkan sinyanya ke CCR bahwa sistem gagal / *fault*.
6. Prinsip kerja akan berulang ketika *push button open* atau *close* ditekan oleh operator dari CCR.

3.6 Perhitungan dan penentuan komponen

3.6.1 Kebutuhan kapasitas (CB) *Circuit Breaker*

Jenis CB yang kita gunakan dalam rangkaian power untuk motor adalah NFB (*No Fuse Breaker*). Untuk menentukan kapasitas CB kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut

Nilai arus nominal dari motor Diverter gate yaitu, $I = 550 / (\sqrt{3} \times 380 \times 0.83) = 1.1 \text{ A}$ (kapasitas NFB yang tersedia 4A). Berdasarkan spesifikasi diatas maka sesuai PUIL 2011^[4] maka kapasitas NFB yang dibolehkan minimal 3A(4A) dan maksimal $2,5 \times 3A = 7.5A$ (10A). [1]

3.6.2 Kebutuhan *fuse* / sekering

Nilai arus nominal yang melewati *fuse* / sekering, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi} \dots \dots \dots [\text{Persamaan 1}]$$

$$I = \frac{45.6}{220 \times 0.75} = 0.275 \text{ A (In beban)}$$

$$I_{\text{sekering}} \geq I_{\text{beban}}$$

Jika besar In beban adalah 0.275 A maka penulis menggunakan fuse dengan In 0.5A.

3.6.3 Kebutuhan relay

Kebutuhan relay untuk rangkaian ini membutuhkan jenis relay dengan tegangan sumber 220 VAC dan 24 VDC. Sedangkan untuk jumlahnya hanya dibutuhkan 7 relay VAC dan VDC MY4N dengan jenis *Quadruple Pole Double Throw*(QPDT) yang memiliki 14 terminal (termasuk 2 untuk coil).^[5]

3.6.4 Kebutuhan Transformator (Trafo)

Untuk kebutuhan transformator itu sendiri, kita menggunakan transformator step down yang berfungsi untuk mengubah tegangan 380 V menjadi 220V. Yang nantinya tegangan 220 V ini akan dijadikan sebagai tegangan sumber dari rangkaian kontrol motor T92-BC2.

Untuk nilai minimal daya transformator yang digunakan, dapat dihitung dengan mengetahui total beban pada rangkaian. Total beban pada rangkaian adalah :

$$P = (8 \times \text{beban Relay} + 6 \times \text{beban pilot lamp})$$

$$P = (8 \times (1.2) + 6 \times 6) = 45.6 \text{ W}$$

Sebenarnya untuk pemilihan transformator dapat menggunakan transformator dengan kapasitas daya minimal sebesar 50 VA. Tetapi karena ketersediaan stock yang ada dan kebutuhan yang mendesak dipilahlah transformator dengan kapasitas daya sebesar 250 VA.

3.6.5 Kebutuhan Power Supply

Untuk mencari ampere yang dibutuhkan maka dapat di hitung :

$$\text{Ampere} = \frac{550 \text{ Watt}}{220 \text{ V}}$$

$$\text{Ampere} = 2.5 \text{ A}$$

Agar power supply aman maka spesifikasi yang digunakan di tambahkan 30% dari total ampere yang digunakan

$$I_{\text{power supply}} = 2,5 + (30\% \times 2.5)$$

$I_{power\ supply} = 3.25\ Ampere$

Jadi untuk memenuhi standar yang di tentukan menggunakan power supply dengan kapasitas ampere 3,25 sudah cukup. Tetapi karena stock di warehouse hanya ada kapasitas ampere 5 A maka dipilih dengan kapasitas 5 A

3.6.6 Kebutuhan switch / saklar

Kebutuhan switch atau saklar pada rangkaian ini terdapat beberapa jenis switch sesuai dengan penggunaannya diantaranya :

1. *Selector switch*, untuk pemilihan mode Local atau Remote.
2. *E-stop swict*, berfungsi sebagai pemutus rangkaian emergency ketika terjadi suatu masalah (abnormal kondisi)
3. *Momentary switch*, sebagai saklar untuk start motor, hampir sama dengan fungsi push button switch.

3.6.7 Kebutuhan pengaman alat

Kebutuhan alat pengamandisini adalah *Limit switch* , *Proximity sensor* .

3.6.8 Kebutuhan penghantar

3.6.8.1 Rangkaian power motor

kita dapat menentukan luas penampang dari penghantar dengan menghitung nilai arus nominal dari rangkaian power tersebut, untuk menghitung arus nominal penulis menggunakan rumus:

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 2}]$$

Jadi arus nominal yang mengalir pada rangkaian power motor adalah $I = 550 / (1.73 \cdot 380 \cdot 0.77) = 1.1$ A (3A). Sedangkan untuk menghitung luas penampang kabel harus mengetahui KHA (Kuat Hantar Arus). $KHA = 125\% \cdot I = 1.25 \cdot 3A = 3.75$ A. Untuk menentukan luas penampang kita dapat menggunakan rumus :

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 4}]$$

$$A = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{\gamma \times U} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 5}]$$

$$A = \frac{\sqrt{3} \times 10 \times 3.75 \times 0.77}{56 \times 2} = 0.45\ mm^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka penulis dapat menggunakan kabel NYAF dengan luas penampang $\geq 0.5\ mm^2$ sebagai kabel power untuk motor.

3.6.8.2 Rangkaian kontrol motor

Untuk rangkaian ini kita mencari arus nominal dengan menggunakan rumus instalasi 1 fasa :

$$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 1}]$$

$$I = \frac{45.6}{220 \times 0.75} = 0.275\ mm\ (In)$$

$P = (7 \times \text{beban Relay} + 6 \times \text{beban pilot lamp})$. Nilai KHA penghantar adalah $0.275 \times 125\% = 0.35$ A

Kemudian untuk luas penampang dari penghantar adalah :

$$A = \frac{2 \times L \times I \times \cos\phi}{\gamma \times U} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 6}]$$

$$A = \frac{2 \times 50 \times 0.35 \times 0.75}{56 \times 2} = 0.24 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka penulis dapat menggunakan kabel NYAF dengan luas penampang $\geq 0.25 \text{ mm}^2$ sebagai penghantar rangkaian kontrol.

3.6.9 Kebutuhan pilot lamp

Kebutuhan *pilot lamp* digunakan sebagai lampu indicator dari sebuah rangkaian kontrol, untuk tegangan sumber yang digunakan menggunakan 220 VAC, menyesuaikan tegangan pada rangkaian kontrol. Untuk jumlah dan warnanya adalah :

- 2 *pilot lamp* warna hijau (indikator branch)
- 2 *pilot lamp* warna merah (indikator thru)
- 1 *pilot lamp* warna kuning (indikator ready)
- 1 *pilot lamp* warna putih (indicator power ON)

3.6.10 Kebutuhan terminal block

Berdasarkan perhitungan luas penampang kabel, maka ukuran terminal kabel yang digunakan adalah jenis MA 2.5/5.

Sedangkan untuk jumlah dari terminal kontrol motor berjumlah sekitar 31, jumlah 35 sudah termasuk untuk terminal cadangan (spare). Sedangkan untuk terminal power motor berjumlah 4 terminal.

3.6.11 Kebutuhan Wire Duct

Disini penulis menggunakan wire duct dengan ukuran luas 40 x 40 dengan keseluruhan luas penampang 1600 mm². Ukuran ini dipilih karena ketersediaan stock yang ada dan luas dari inside panel. Dengan ukuran wire duct sekian, dapat menampung kabel kontrol dan power dengan diameter rata rata 2.5 mm² sebanyak 640 kabel.

3.6.12 Kebutuhan panel box

Ukuran luas penampang panel dapat ditentukan dengan manjumlahkan semua ukuran luas penampang komponen. Luas penampang tiap komponen adalah :

1. Trafo	= 150mm x 150mm	= 22500mm ²
2. Power Supply	= 150mm x 350mm	= 52500mm ²
3. NFB	= 100mm x 150mm	= 15000mm ²
4. Relay	= 40mm x 70mm x 2	= 5600mm ²
5. Terminal	= 40mm x 10mm x 60	= 24000mm ²
6. Wire duct	= 40mm x 3000mm	= 120000mm ²

Total keseluruhan luas penampang komponen adalah 239600 mm². Sedangkan untuk tinggi dari panel ditentukan berdasarkan tinggi komponen yang paling tinggi yaitu Trafo dengan tinggi 200 mm. Dengan hitungan seperti diatas penulis menggunakan panel dengan ukuran 800mm x 600mm x 300mm.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Penggunaan *diverter gate valve* pada sistem isolasi jalur batubara dinilai mampu mencegah timbulnya bahaya kebakaran. *Diverter gate valve* dipilih karena memiliki keunggulan dapat digunakan untuk aliran material yang halus dengan beban yang cukup berat.
2. Dari unjuk kerja simulasi kontrol yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem bisa bekerja dengan baik. Saat kiln berhenti beroperasi akan mengaktifkan relay sehingga sistem dapat dijalankan dengan menekan tombol *open* dari CCR dan dengan menekan tombol *close*, gate akan bergerak dan kembali ke posisi semula. Dengan demikian keberadaan dari *diverter gate valve* tidak mengganggu transportasi batubara ke burner.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] De Luca, Arnaud , 'Bag Filter' , Vol. 5 , page 101-117, 2007.
- [2] T. P. PT HOLCIM INDONESIA Tbk, "Flow Sheet "Coal Transportation", " 2012.
- [3] T. P. PT HOLCIM INDONESIA Tbk, "*Diverter Gate*" 2002.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011(PUIL 2011)*. Jakarta : Yayasan
- [5] Jack,Hugh. *Automating Manufacturing Systems with PLC`s*. 31 Maret 2002.

Rancang Bangun Unit Pemurnian Gliserol dan Sintesa Bioplastik dari Limbah Produksi Biodiesel

Aulia Rahman Hanifan¹; Bambang Tri Atmaja²; Hary Achmad Nugroho³; Rizky Gusmanto⁴
Andi Ulfiana⁵; Vicky Indrafusa⁶; Robby Sukma Dharmawan⁷

^{1,2,3,4,5}Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Jawa Barat

^{6,7}PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur

bambang3atmaja@gmail.com

Abstrak

Dalam proses produksi biodiesel, dihasilkan limbah gliserol dengan volume +10% dari volume produk total biodiesel dengan kadar yang masih rendah (10-20 %-m). Gliserol sangat bermanfaat khususnya di industri kosmetik, makanan, farmasi, sebagai opacifier, emulsifier, dan plasticizer. Gliserol dapat digunakan sebagai plasticizer atau bahan pemlastis pada material plastik berbahan baku tepung tapioka (singkong). Penelitian ini bertujuan untuk (1) melakukan proses peningkatan kemurnian crude glycerol dari limbah produksi, dan (2) melakukan proses sintesa bioplastik dengan memanfaatkan limbah gliserol dari pembuatan biodiesel.

Melalui proses pengasaman, limbah gliserol akan direaksikan dengan asam sulfat dengan konsentrasi 5%. Setelah itu, akan terbentuk dua lapisan. Lapisan atas merupakan asam lemak bebas yang mengandung sedikit gliserol, kemudian lapisan bawah yang mengandung gliserol dan air. Kandungan air pada lapisan bawah akan dihilangkan dengan memanaskan larutan tersebut pada temperatur 100 °C selama 3 jam. Sedangkan lapisan atas yang terbentuk akan dibuang. Selain menjadi produk gliserol kasar (crude glycerol), gliserol hasil pemurnian digunakan sebagai zat pemlastis (plasticizer). Proses pembuatan bioplastik menggunakan prinsip gelatinisasi dimana air, tepung tapioka dan gliserol dicampur menjadi satu. Kemudian campuran tersebut dipanaskan sambil di aduk pada suhu 60 °C (suhu gelatinisasi tepung tapioka) selama 90 menit. Larutan tersebut dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 50 °C. Bioplastik kemudian didinginkan pada temperatur ruang hingga kering sehingga dapat dilepaskan dari cetakan.

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh bahwa dengan komposisi 3500 ml limbah gliserol dan 5250 ml asam sulfat 5%, dihasilkan produk gliserol dengan kemurnian 62,2%-m. Namun dengan karakteristik ini, gliserol yang dihasilkan belum memenuhi spesifikasi Gliserol Kasar (Crude Glycerol) berdasarkan SNI 06 1564-1995. Walaupun masih belum memenuhi standar SNI tersebut, hasil pemurnian ini telah dapat digunakan untuk membuat bioplastik tepung tapioka. Namun karakteristik bioplastik yang dihasilkan belum dilakukan identifikasi untuk mengetahui sifat-sifat mekanisnya.

Kata kunci: biodiesel, limbah gliserol, pengasaman, bioplastik

Abstract

In biodiesel manufacturing process, glycerol waste by volume + 10% of the total product volume of biodiesel with low purity (10-20% -m) is produced. Glycerol is particularly beneficial in the cosmetics, food, pharmaceutical industries, as opacifiers, emulsifiers, and plasticizer. Glycerol can be used as plasticizer on plastic material made from tapioca flour (cassava). The aim of this research are to (1) to perform glycerol from biodiesel production waste purification with SNI 06-1564-1995 target, and (2) to perform bioplastic synthesis by utilizing glycerol waste from biodiesel production.

To increase its economic value, glycerol waste from biodiesel production needs to be further purified. Through the acidification process, the glycerol waste will be reacted with 5% sulfuric acid, then taken the bottom layers (rich glycerol) and evaporated. In addition to being a product of glycerol, the purified glycerol is used as a plasticizer. The process of making bioplastics using the principle of gelatinization. With this method water, tapioca starch and glycerol are mixed and heated at its gelatinating temperature. The solution is then dried using an oven.

Based on the test results, 3500 mL of glycerol waste and 5250 mL of 5% sulfuric acid produced the highest purity glycerol product of 62.2% -m. This characteristic has not been able to meet the specifications of Crude Glycerol based on SNI 06-1564-1995 (minimum glycerol content is 80%-m). Despite it is underspecified based on SNI, this purified glycerol has been used to make tapioca starch bioplastic. However, no identification had been examined to determine its mechanical characteristics.

Keywords: biodiesel, glycerol waste, acidification, bioplastic

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Biodiesel merupakan metil ester yang diproduksi dari minyak atau lemak dengan pereaksi methanol atau etanol dan katalisator asam atau basa. Metil ester yang dihasilkan dapat dijadikan bahan bakar yang mirip dengan solar untuk mendukung penggunaan bahan bakar terbarukan (Rahayu, 2005). Sumber biodiesel yang berasal dari alam membuat bahan bakar ini semakin berkembang seraya untuk mengurangi ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Di Indonesia sendiri, mulai tahun 2016, telah diberlakukan kewajiban pencampuran 20 persen biodiesel ke dalam setiap liter solar. Hal tersebut diperkirakan membutuhkan pasokan 900.000 kiloliter biodiesel, naik dari sebelumnya 300.000 kiloliter (Kompas.com, 2017).

Proses transesterifikasi pada pembuatan biodiesel menghasilkan hasil samping gliserol, suatu senyawa alkohol dengan rumus fungsi (1,2,3 propanetriol). Pada proses pembuatan biodiesel, jumlah gliserol yang dihasilkan mencapai 10% (v/v) dari produk biodiesel (Darnoko & Cheryan, 2000). Berdasarkan data Dirjen Energi Terbarukan dan Konservasi Energi, selama Juli 2016 – Juni 2017 tercatat telah diproduksi 3.451.434 kiloliter biodiesel di Indonesia (www.aprobi.or.id, 2017), sehingga dapat diperkirakan sekitar 345.143 kiloliter limbah gliserol dihasilkan pada kurun waktu tersebut. Gliserol juga akan semakin banyak dihasilkan seiring dengan semakin berkembang pemakaian biodiesel.

Saat ini, tidak banyak industri yang memanfaatkan limbah gliserol hasil samping biodiesel dikarenakan kemurniannya yang rendah. Berdasarkan penelitian Azis, 2010, biodiesel dari minyak jelantah menghasilkan limbah gliserol dengan kandungan gliserol sebesar 32,23 %-m (Aziz, et al., 2010). Sedangkan SNI 06-1564-1995: Gliserol Kasar menyebutkan kandungan gliserol minimal pada Gliserol Kasar (*crude glycerol*) sebesar 80%-m. Pada dasarnya terdapat berbagai produk turunan gliserol yang bermanfaat seperti gliserol trihepanoat, gliserol monostearat, lesitin, Tri Tetra Butil gliserol, dan lain lain. Produk-produk tersebut umum digunakan di industri kosmetik, makanan, kertas, tinta, dan sebagainya (Prasetyo, et al., 2012).

Gliserol dapat digunakan sebagai bahan pemlastis plastik biodegradable atau biasa disebut bioplastik. Bioplastik dirancang untuk mempermudah proses degradasi pada reaksi enzimatik oleh bakteri dan jamur, sehingga ramah lingkungan (Darni & H., 2010). Salah satu bahan baku yang bisa digunakan untuk membuat bioplastik adalah pati yang diproses menggunakan prinsip gelatinisasi. Pati dilarutkan dengan sejumlah air, kemudian dipanaskan hingga temperatur gelatinisasinya, antara 55-65 °C, sehingga menguapkan kandungan air dan meninggalkan lapisan film yang bersifat kaku dan stabil. Untuk meningkatkan elastisitas pada material plastik, ditambahkan zat aditif *plasticizer*. *Plasticizer* akan meningkatkan elastisitas suatu material dan meningkatkan sifat ekstensibilitas material. Bahan yang biasanya digunakan sebagai *plasticizer* adalah gliserol.

II. METODE PENELITIAN

1. Studi Proses dan Praeksperimen

Sebagai langkah awal, tahap ini bertujuan untuk menentukan kelayakan proses agar ditemukan kondisi operasi yang sesuai untuk diterapkan di unit rancang bangun. Tahap ini terdiri dari proses analisa kandungan limbah gliserol sebagai umpan dan praeksperimen berskala laboratorium. Kandungan gliserol yang ada pada sampel maupun produk dianalisis menggunakan metode oksidasi dingin dan titrasi dengan Natrium Periodat berdasarkan prosedur dan standar ASTM D7637-10 - *Standard Test Method for Determination of Glycerin Assay by Titration* (International, 2015). Berikut data analisa sampel limbah gliserol.

Tabel 1 Hasil analisa sampel limbah gliserol

Variabel	Sampel 13 Oktober 2017	Sampel 27 Oktober 2017	Sampel 29 Oktober 2017	Satuan
Massa Jenis Gliserol	1.121	1.101	1.098	kg/m ³
Kadar Gliserol	22,56	22,35	22,10	%-m
Warna	Hitam	Hitam	Hitam	

Setelah dilakukan analisa kandungan limbah. Dilakukan proses praeksperimen pemurnian gliserol. Limbah gliserol 80 ml pertama-tama akan dicampur dengan asam sulfat 5% dengan variasi volume. Penambahan asam akan mengubah sabun kembali menjadi asam lemak bebas (FFA). Terbentuk dua lapisan, lapisan atas merupakan lapisan sabun yang akan dibuang, sedangkan lapisan bawahnya yang mengandung banyak gliserol. Setelah itu dilakukan proses evaporasi selama 30 menit. Dengan sampel tanggal 13 Oktober 2017, didapatkan hasil eksperimen pada tabel berikut.

Tabel 2 Hasil praeksperimen proses pemurnian gliserol

Volume Asam	60 ml	80 ml	120 ml	160 ml
Massa Jenis Gliserol (kg/m ³)	1.143	1.158	1.180	1.099
Kadar Gliserol (%-m)	58,82	63,16	74,09	39,43
Warna	Kuning Kehitaman	Kuning Kecoklatan	Kuning Kecoklatan	Kuning Kecoklatan

Kemurnian gliserol tertinggi didapat pada variasi perbandingan volume asam dengan limbah gliserol sebesar 3:2 (dari asam 120 ml dan limbah gliserol 80 ml), yakni 63,16 %. Komposisi ini akan digunakan sebagai dasar penentuan kondisi operasinya. Sedangkan untuk proses sintesa bioplastik, pelaksanaan proses pada skala rancang bangun merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dengan proses yang serupa dan diambil variabel dengan hasil terbaik (H. & Arnata, 2015).

2. Penentuan Kondisi Operasi dan Kebutuhan Proses

Dengan mengacu pada perbandingan volume yang menghasilkan kadar optimum (asam 5% : limbah gliserol = 3:2). Didesain alat dengan kapasitas dapat mengolah limbah gliserol 3,5 liter selama 4 jam. Sehingga volume asam dan air yang dibutuhkan untuk setiap proses adalah 5,25 liter asam sulfat 5% (0.27 liter asam pekat (98.5%)) dan 4.98 liter air. Dengan asumsi unsur pada lapisan bawah hanyalah gliserol dan air, dapat dihitung kalor yang dibutuhkan (Q) untuk menguapkan semua airnya (Persamaan 1). Kebutuhan kalor tersebut (Q) kemudian disesuaikan dengan sisa waktu yang tersedia untuk mendapatkan daya minimal yang harus diberikan menggunakan Persamaan 2. Untuk proses pencampuran antara asam dan limbah gliserol, dibutuhkan waktu sekitar 1.5 jam, sehingga sisa maksimal untuk menjalankan proses evaporasi adalah 2.5 jam.

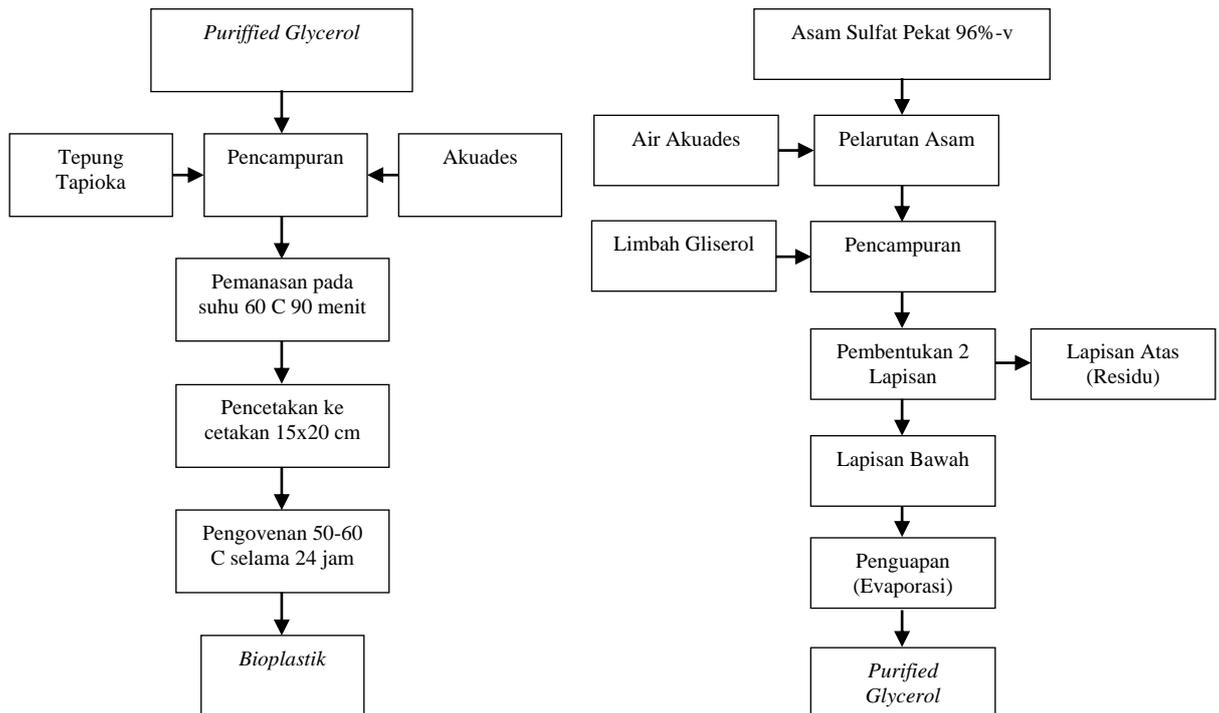
$$Q \text{ evaporasi} = m c \Delta T + m U = \rho V(c \Delta T + U) \quad (\text{Persamaan 1})$$

$$W \text{ elemen min} = \frac{Q \text{ evaporasi per batch}}{\text{Lama operasi maksimal}} \quad (\text{Persamaan 2})$$

Didapatkan daya minimal elemen pemanas sebesar kurang lebih 1000 Watt dengan waktu 2,5 jam (asumsi efisiensi elemen panas 100%).

Pada proses sintesa bioplastik, kondisi operasi yang diterapkan menggunakan metode verifikasi, sehingga pelaksanaan skala rancang bangun merujuk pada penelitian yang telah dilakukan (H. & Arnata, 2015). Dimana dengan konsentrasi pati 6% dari 100 ml akuades ditambah dengan *plasticizer* gliserol sebanyak 5 ml (kadar gliserol 100%-m). Parameter utama yang digunakan untuk volume total larutan dibutuhkan setiap *batch* adalah dapat diproduksi minimal 5 liter larutan bioplastik. Namun dengan modifikasi volume gliserol yang digunakan, yakni 63%-m. Sehingga didapatkan air 5 liter, dengan 300 gram tepung tapioka dan 330 ml gliserol. Untuk proses pemanasan pada sintesa bioplastik, elemen panas yang digunakan dibatasi oleh lama elemen pemanas tersebut memanaskan air hingga mencapai suhu operasi 60 °C (nilai tengah dari range suhu gelatinisasi, dari 55°C hingga 65°C), yakni 10 menit. Sehingga dibutuhkan elemen heater dengan daya minimal 790,69 W.

3. Penentuan Skema Proses



Gambar 1 Diagram alir unit pemurnian gliserol (kiri) dan unit sintesa bioplastik (kanan)

Proses Pemurnian Gliserol

Limbah gliserol dari produksi biodiesel akan dituangkan ke dalam tangki D-1, kemudian isi tangki air D-2 dengan air. Langkah selanjutnya adalah memasukkan sejumlah air ke Reaktor 1 (R-1) untuk melarutkan asam. Setelah itu, asam sulfat pekat dimasukkan melalui inlet atas R-1. Setelah asam dimasukkan, air dimasukkan kembali hingga volume akhir, kemudian larutan diaduk menggunakan mixer selama 2 menit untuk menghomogenkan larutan asam tersebut. Kemudian ditambahkan limbah gliserol dari tangki penyimpanan D-1 ke R-1. Campuran tersebut diaduk kembali menggunakan *mixer* selama 3 menit sebelum didiamkan selama 30 menit agar terpisah lapisan atas dan lapisan bawah. Lapisan bawah tersebut kemudian akan dialirkan ke Evaporator (E-1), dimana air yang terkandung akan diuapkan dan tersisa gliserol sebagai produk. Sedangkan lapisan atas akan dikeluarkan melalui sistem *drain* dari R-1.

Proses Sintesa Bioplastik

Selain menjadi produk akhir, gliserol yang telah dimurnikan melalui unit pemurnian gliserol akan digunakan sebagai umpan di unit sintesa bioplastik. Gliserol yang telah dimurnikan dimasukkan ke tangki *purified glycerol* (D-3). Proses sintesa bioplastik dimulai dari memasukkan air dari tangki air (D-2) ke dalam Reaktor 2 (R-2). Kemudian *mixer* 2 menyala untuk mengaduk air tersebut sambil dimasukkan tepung tapioka melalui lubang atas. Setelah 5 menit, ditambahkan *purified glycerol* (sebagai *plasticizer*) dari tangki D-3. Campuran tersebut kemudian dipanaskan dan dijaga pada temperatur 55-65 °C selama 90 menit. Setelah itu, campuran dikeluarkan dari reaktor 2 dan ditempatkan pada cetakan lalu dioven selama 24 jam pada suhu 50-60 °C. Setelah itu, cetakan didinginkan di suhu ruangan hingga bioplastik bisa dilepaskan dari cetakan.

4. Perancangan

Perancangan Ketinggian Minimum

Unit rancang bangun ini menggunakan prinsip gravitasi (tidak menggunakan pompa), sehingga harus dipastikan fluida dapat mengalir hingga level di dalam tangki habis. Pada prinsipnya, perbedaan ketinggiannya harus lebih besar dari *headloss*. Untuk dapat menentukan ketinggiannya, terlebih

dahulu harus ditentukan *headloss*. *Headloss* dapat dicari menggunakan persamaan Bernoulli, dimana:

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \text{konstan} \quad (\text{Persamaan 3})$$

Karena perbedaan ketinggiannya harus lebih besar dari *headloss*, dan semenjak tekanan atmosferik maka,

$$z_1 - z_2 > h_f \quad (\text{Persamaan 4})$$

Headloss sistem perpipaan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$h_f = \frac{V^2}{2g} \left(\frac{fL}{D} + \sum k \right) \quad (\text{Persamaan 5})$$

Keterangan:

h_f = *headloss* friction (m)

f = faktor gesekan

h_m = *headloss* mayor (m)

L = panjang lintasan fluida (m)

V = kecepatan alir fluida (m/s)

D = diameter pipa (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

k = koefisien fittings

f untuk aliran turbulen:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -1.8 \log \left[\frac{6.9}{Re} \right] + \left(\frac{\epsilon}{3.7d} \right)^{1.1}$$

(Persamaan 6)

f untuk aliran laminar:

$$f = \frac{64}{Re}$$

(Persamaan 7)

Dari rumus yang ada, untuk mendapatkan *headloss* diperlukan data yang lain. Perancangan ketinggian mengacu pada fluida dengan viskositas dan densitas tertinggi yang pada sistem perpipaan agar dapat mengalir secara gravitasi.

Pemilihan Material

- a. Shell Tank dan Reaktor : pipa Carbon Steel 8" dan 10"
- b. Top dan Bottom Head : pelat Carbon Steel 1/4" dan 3/8"
- c. Pipa Saluran : Tube Stainless Steel 1/2" dan 3/4", Carbon Steel Pipe 3/4"
- d. Support : Angle Beam Carbon Steel 2"x 2" dan Channel Beam Carbon Steel 4"x2"
- e. Blade Mixer : Tipe propeller dan Turbin
- f. Dan beberapa material penunjang

Material Carbon Steel dipilih karena ketersediaan bahan serta spesifikasi yang telah memenuhi *minimum thickness design* dan *perhitungan corrosion rate*. Sedangkan untuk penggunaan *blade mixer* berdasarkan ketersediaan bahan dan viskositas dari fluida yang diaduk.

Penghitungan Dimensi Tangki

- a. Ketebalan Minimum Tangki
Berdasarkan perhitungan standar ASME Sec. VIII Div. 1, dibutuhkan ketebalan minimal sebesar 0,407 inch.
- b. Tinggi Tangki

Tinggi tangki yang dibutuhkan dihitung berdasarkan diameter pipa yang digunakan, yakni 8" dan 10" disesuaikan dengan volume kebutuhan proses.

Perancangan Sistem Kelistrikan

a. Sistem Perkabelan

Untuk pemakaian kabel pada motor dan beban-beban yang ada pada panel kontrol telah diatur dalam standar NPFA 70, NEC 2002 pada aturan kode NEC 215.2(A) dan aturan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Bagian perkabelan beban menggunakan konduktor kabel 12AWG(4 mm²), sedangkan untuk bagian *sensing element*, kontroler otomatis dan ke beban kecil lainnya menggunakan kabel ukuran 1.5 mm².

b. Sistem Proteksi

Sistem proteksi bertujuan untuk melindungi beban-beban dari gangguan kelistrikan, contohnya hubungan singkat, dsb. Untuk *Heater*, *Motor* dan *Solenoid Valve* standar proteksi yang digunakan adalah menggunakan *Circuit Breaker*. Penentuan *Circuit Breaker* dan *fuse* menggunakan aturan pada NEC 2008 kode 430,52, yaitu untuk beban listrik selain motor listrik merupakan penjumlahan dari arus beban penuh pada masing-masing beban.

Perancangan Sistem Instrumentasi dan Kontrol

a. Sensing Element

- i. Thermocouple : sensor suhu untuk monitoring dan sistem otomatisasi
- ii. Level switch : sistem otomatisasi solenoid valve dan proteksi heater

b. Final Element

- i. Solenoid Valve : sebagai pengatur aliran, tersambung dengan sistem otomatisasi.
- ii. Heater : elemen pemanas untuk tangki-tangki tertentu, dipilih 1500 W berdasarkan kebutuhan daya
- iii. Motor Listrik : sebagai motor penggerak blade/agitator pencampur
- iv. Lampu Indikator : sebagai indikator on/of solenoid valve, heater, dan motor

c. Kontroler

Dalam rancang bangun ini, sistem pengontrolan terdiri dari sistem manual dan otomatis. Untuk sistem manual, operator dapat mengoperasikan alat melalui *toggle switch* yang tersedia di panel. Sedangkan sistem otomatis didukung oleh mikrokontroler ATMega2560 dengan input *thermocouple* dan *level switch* sebagai *sensing element* serta *push button* untuk menginisiasi proses.

5. Fabrikasi Alat

Fabrikasi alat dilakukan di Maintenance Department, PT Badak NGL, Kota Bontang. Disini dilakukan beberapa proses seperti pemotongan, pengelasan, pengecatan, dll.



Gambar 2 Proses fabrikasi meliputi (dari kiri ke kanan): pengelasan, plasma cutting, machining.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Realisasi Alat

Rancang bangun pemurnian gliserol dan sintesa bioplastik terbagi menjadi enam bagian, yaitu tangki limbah gliserol, tangki air, tangki *purified glycerol*, reaktor pemurnian gliserol, evaporator, serta reaktor sintesa bioplastik.



Gambar 3 Unit rancang bangun

2. Analisis Produk Gliserol



Gambar 4 Hasil pengujian alat
(dari kiri ke kanan: limbah gliserol, gliserol hasil pemurnian 1, gliserol hasil pemurnian 2)

Telah dilakukan dua kali pengujian dengan volume berbeda dan menghasilkan gliserol yang telah dimurnikan dari limbah gliserol dari produksi biodiesel (gambar di atas). Setiap pengujian menghasilkan volume gliserol dan kadar yang berbeda-beda. Masing-masing pengujian menghasilkan karakteristik seperti pada tabel berikut:

Tabel 3 Karakteristik produk gliserol hasil pengujian

Uji Ke	Volume Asam Sulfat 5% (ml)	Volume Limbah Gliserol (ml)	Volume Produk (ml)	Kadar Gliserol Produk (%-m)	Kadar Gliserol Umpan (%-m)
1	6000	4000	1415	62,2	22,01
2	4500	3000	1090	60,9	22,01

Berdasarkan hasil di atas, unit pemurnian gliserol berhasil untuk menaikkan kemurnian dari 22,01 %-m menjadi 62,2 %-m gliserol. Jika dibandingkan dengan standar crude glycerol berdasarkan SNI 06-1564-1995, nilai tersebut masih belum masuk pada rentang kadar gliserol. Dalam SNI 06-1564-1995, minimal kadar gliserol yang dipersyaratkan adalah 80 %-m.

3. Analisis Produk Bioplastik

Sesuai dengan hasil pengamatan diatas, kemurnian gliserol yang telah dimurnikan dapat digunakan untuk substitusi gliserol murni sebagai plasticizer. Seperti pada berikut, bioplastik yang dihasilkan berwarna kuning dan bertekstur kasar dan sedikit elastis. Berdasarkan literatur yang dijadikan patokan (H. & Arnata, 2015), hasil produk bioplastik ini secara kualitatif sama secara tekstur dan elastisitas.



Gambar 5 Hasil produk bioplastik menggunakan gliserol yang telah dimurnikan

IV. KESIMPULAN

- a. Dari rancang bangun unit pemurnian gliserol yang telah dibuat dengan kapasitas produksi 3.5 liter limbah gliserol tiap 4 jam, dihasilkan produk gliserol dengan kemurnian tertinggi sebesar 64,2 %-m. Namun produk dari rancang bangun ini belum memenuhi spesifikasi gliserol kasar (*crude glycerol*) berdasarkan SNI-06 1564-1995.
- b. Dari rancang bangun unit sintesa bioplastik yang telah dibuat, telah dihasilkan produk bioplastik dengan memanfaatkan produk gliserol yang telah dimurnikan di pada unit pemurnian gliserol. Namun belum dilakukan pengujian karakteristik mekanis pada bioplastik ini sesuai literatur.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apriyani, M. D., 2015. *Rancang Bangun Biodiesel*. Bontang: LNG Academy.
- [2] ASME Boiler and Pressure Vessel Comitee, 2001. *ASME VIII – Rules for Construction of Pressure Vessel, Div. 1*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [3] Aziz, I., Nurbayti, S. & Luthfiana, F., 2010. *Pemurnian Gliserol Dari Hasil Samping Pembuatan Biodiesel Menggunakan Bahan Baku Minyak Goreng Bekas*, Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- [4] Darni, Y. & H., U., 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 7 Universitas Lampung*.
- [5] Darnoko, D. & Cheryan, M., 2000. Kinetics of Palm Oil Transesterification in a Batch Reactor. *Journal of the American Oil Chemists' Society*.
- [6] Earley, M. W., 2014. *NFPA 70 National Electrical Code Handbook*. s.l.:s.n.
- [7] H., B. A. & Arnata, I. W., 2015. *Studi Konsentrasi Tapioka dan Perbandingan Campuran Pemlastis pada Pembuatan Bioplastik*, Bali: Universitas Udayana.
- [8] Howell, S. & W. J., 1997. *Biodiesel Use in Underground Metal and Non-metal Mines*. http://www.dieselnet.com/papers/9705_howell.html [Diakses April 2018].
- [9] Huda, T., 2007. Karakteristik Fisiokimiawi Film Plastik Biodegradable. *Jurnal Penelitian dan Sains Logika*, Volume 7, No 1.
- [10] IEC, 2010. *Rotating Electrical Machines Part 1: Rating & Performance*. s.l.:s.n.
- [11] International, A., 2015. *Standard Test Method for Determination of Glycerin Assay by Titration (Sodium Meta Periodate)*. s.l.:ASTM International.
- [12] Khayoon, M. & Hameed, B., 2011. Acetylation of Glycerol to Biofuel additives Over Sulfated Activated Carbot Catalyst. *Bioresource Technology*.
- [13] Lazidin, M., 2010. *Pengelasan*. <http://cipretx.blogspot.com/2010/03/pengelasan.html> [Diakses 2018].
- [14] NEMA, 2015. *Electrical Standard & Product Guide*. s.l.:s.n.
- [15] Ogata, K., 1997. *Modern Control Engineering*. 3rd ed. New Jersey: Pretince-Hall, Inc..

- [16] Prakoso, T. H. S. & B., 2007. Pemurnian Hasil Samping Produksi. *Prosiding Konferensi Nasional Pemanfaatan Hasil Samping Industri Biodiesel dan Industri Etanol serta Peluang Pengembangan Industri Integratednya*.
- [17] Prakoso, T. H. S. & B., n.d.
- [18] Pranamuda, H., 2001. *Pengembangan Bahan Plastik Biodegradable Berbahan Baku Pati Tropis*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- [19] Prasetyo, A. E., Widhi, A. & W., 2012. Potensi Gliserol dalam Pembuatan Turunan Gliserol melalui Proses Transesterifikasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan, Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana UNDIP*.
- [20] Rachmani, 2017. *Laporan Running Unit Pengolahan Limbah Minyak Jelantah menjadi Biodiesel PT Badak NGL* [Interview] (October-April 2017).
- [21] Rahayu, M., 2005. *Teknologi Proses Produksi Biodiesel. Metanol*. http://www.oocities.org/markal_bppt/publish/biofbm/biraha.pdf
- [22] Ratnayake, W. S. & Jackson, D. S., 2009. Starch Gelatinization. *Advances in Food and Nutrition Research*, Volume 55.
- [23] Standar Nasional Indonesia, 2011. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL)*. s.l.:s.n.
- [24] Suhargo, 2000. *Pencampuran dan Pengadukan dalam Pengolahan Pangan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [25] Syafila, M., Setiadi, T., Mulyadi, A. H. & Esmiralda, 2007. Kajian Biodegradasi Limbah Cair Industri Biodiesel pada Kondisi Anaerob dan Aerob. *PROC. ITB Sains & Teknologi*, 39 A(ITB), pp. 165-178.
- [26] The Thermal Insulation Association of Southern Africa, 2001. *Thermal Insulation Handbook*. South Africa: Architectural Glass Industry.
- [27] Winarno, 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia.
- [28] Young, W. C., Budynas & G, R., 1989. *Roark's Formulas for Stress and Strain*. 7th ed. s.l.:McGraw Hill Book Company.

RANCANG BANGUN *FIXTURE* PURGING YANG PRAKTIS

M. Gufronaka Irsyad¹, Rahmat Ramadhan¹, Grenny Sudarmawan², Ahmad Hasnan³

¹Program Studi Manufaktur Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. G. A Siwabessy. Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Email: gufronakairsyad005@gmail.com, r.ramadhan0902@gmail.com

Abstrak

Pada tahap persiapan jalur pipa gas, proses purging diperlukan untuk mengecek fungsi komponen dan menghilangkan kadar oksigen pada pipeline. Proses ini dilakukan dengan menginjeksikan gas nitrogen kedalam pipa, melalui sebuah fixture purging hingga mencapai tekanan yang ditentukan. Observasi lapangan yang dilakukan menunjukkan proses terlama terjadi saat mengalirkan gas nitrogen dari tabung ke pipa, dan pada tahap reload (penggantian ulang) tabung. Penyebabnya adalah alat/fixture yang digunakan kurang efektif karena hanya mampu mengalirkan nitrogen dari 4 tabung, dan tanpa penyangga sehingga penggantian ulang tabung harus merubah posisi fixture. Oleh karena itu dilakukan proses rancang bangun, yang menghasilkan fixture purging dengan jumlah maksimal input 8 tabung sekali injeksi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan volume gas input, dan mengurangi waktu penggantian ulang tabung. Bentuk fixture juga dirubah dengan menambahkan komponen cover, dan handle untuk memudahkan mobilisasi fixture, jika proses purging harus dilakukan di beberapa titik. Fixture ini dibuat berdimensi 394x219 mm², dengan menggabungkan komponen seperti Tee ¾", Nipple ¾", Cross, Elbow, selang, ball valve, dan Pressure Gauge ½" 10000 psi, menggunakan material A105 dengan mengacu pada standar B31.3 mengenai proses piping. Kemampuan dan ketahanan fixture terhadap tekanan tinggi diuji dengan menginjeksikan gas kedalam fixture hingga mencapai tekanan 1000 psi. Pengujian selanjutnya untuk mengetahui perbandingan waktu antara fixture sebelumnya dengan fixture modifikasi, dalam mengalirkan gas dari 8 tabung kedalam pipa gas berukuran 14" sepanjang 750m.

Kata kunci : Purging, Penambahan input, fixture

Abstract

On Pre-commissioning stages of gas pipeline, a purging process should be needed to check pipeline components functional, and clearing oxygen content from the pipeline. this process start with injecting nitrogen gas into the pipeline through a purging fixture, until determined pressure reached. Field observation conducted shows that the longest progress happened on gas flowing from the nitrogen tube into the pipeling, and reloading, this problem occur because of un-effectiveness of fixture that can only used on 4 gas nitrogen cylinders, and unfix shape ,so it need to be reposition for another reloading. Solving that matter, there given some solution in engineering change, to produce a purging fixture that can held injection with 8 gas nitrogen cylinder at once. The purpose is to increase the gas volume to as maximal as the material can tolerated, to significantly decrease the whole injection processes times. Slightly changes in fixture shape by adding cover and handle to increase fixture mobility, in case of purging process held on many point. The fixture sizes 294x219 mm², and made from the joining of Tee ¾", Nipple ¾", Cross, Elbow, selang, ball valve, dan Pressure Gauge ½" 10000 psi, fixture use material A105 based on standard B31.3 about process piping. Ability and endurance of this fixture are tested by injecting gas into this tool, until the pressure reach 1000 psi. after that, for the final result on engineering change, there should be a test to compare the modified fixture and before, by comparing the time needed by fixture to flowing 9 gas cylinder into 14" gas pipe with length 750m

Key word : Purging, input increasing, fixture

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari sektor migas selalu memiliki peranan penting dalam kehidupan masyarakat di dunia ini, mulai dari transportasi, pembangkit listrik hingga kebutuhan memasak sektor migas menjadi peranan yang bisa dikategorikan sebagai peranan *primer*. Dalam sektor tenaga listrik

mengalami peningkatan kebutuhan di Indonesia, dan hal tersebut mendorong pemerintah melakukan pengembangan pembangunan pembangkit listrik. Berdasarkan data yang dikeluarkan *U.S Energy Information Administration*, pada tahun 2006 Indonesia menjadi negara dengan jumlah cadangan gas alam terbesar ke-11. Hal ini ternyata menjadi dasar bagi pemerintah untuk memanfaatkan cadangan gas tersebut menjadi sumber bahan bakar pembangkit listrik. Pembangunan dan peningkatan dari kapasitas listrik berbanding lurus dengan banyaknya pembangunan jalur pipa gas yang baru.

Dalam tiap pembangunan pipa gas, ada beberapa tahapan yang harus dilalui, dimulai dari survey lapangan untuk memperkirakan bentuk jalur, perancangan jalur dan komponen-komponen pipa, pengujian / *pre-commissioning*, dan pengaliran gas alam / *commissioning*. *Pre-Commissioning* dilakukan untuk mengetahui adanya kebocoran pada sistem pipa, menguji fungsi tiap komponen dan menghilangkan kandungan gas *oksigen* didalam pipa. *Pre-Commissioning* diawali dengan purging, yaitu sebuah proses menghilangkan kandungan gas *oksigen* didalam *installasi* pipa, dengan cara menginjeksikan gas *nitrogen* kedalam *installasi* pipa.

Gas *oksigen* yang sebelumnya ada pada *installasi* pipa akan terdorong keluar akibat *nitrogen* yang diinjeksikan dengan kemungkinan, adanya reaksi gas *nitrogen* dan gas *oksigen*.

1.2 Rumusan Masalah

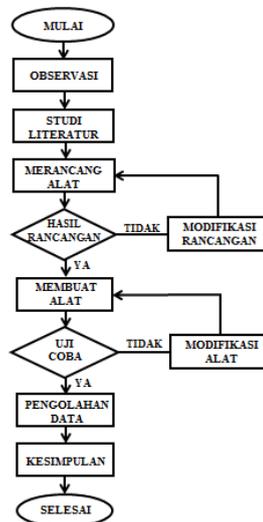
- A. Bagaimana membuat alat bantu purging yang tahan tekanan 500 psi?
- B. Bagaimana membuat alat bantu purging yang bisa mengurangi waktu purging dan mudah dibawa?
- C. Berapakah peningkatan yang didapat dari fixture yang baru?

1.3 Tujuan

Fixture purging yang praktis, dirancang dan dibangun dengan tujuan meningkatkan efektifitas *purging*, dengan cara mengubah metode injeksi 1 tabung dengan *injeksi* 8 tabung. Peningkatan jumlah tabung ini meningkatkan volume gas *injeksi* agar waktu purging dapat disingkat menjadi 1 hari kerja, dengan asumsi tanpa adanya permasalahan

2. METODE RANCANG BANGUN

Rancang bangun *fixture purging* yang praktis mengikuti diagram alir seperti Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Rancang Bangun

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Observasi Lapangan

Observasi kegiatan *purging* yang dilakukan di Metering Station Muara Tawar, menunjukkan proses *purging* pada dua titik hingga tekanan 500 psi membutuhkan waktu 4 hari, berdasarkan izin yang diberikan PT. PERTAMINA, seluruh kegiatan *pre-commissioning*, termasuk di dalamnya *purging*, *Leak*

Test, dan Gas Contain Test , harus diselesaikan dalam 6 hari kerja. Akibatnya Leak Test dan Gas Contain Test tidak terlaksana dengan sempurna.

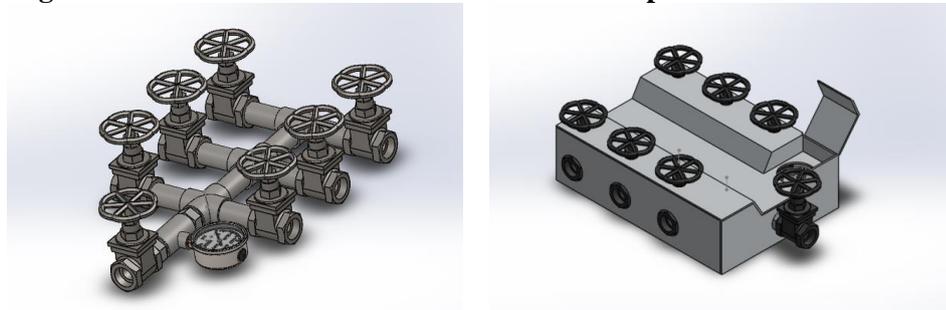
3.2 Studi Literatur

Mengacu pada standar ASME B31.3 mengenai *process piping*, menerangkan dalam merancang sebuah pipa bertekanan, terkait hal ini sebuah fixture, dibutuhkan perhitungan ketebalan pipa (schedule) agar mampu menahan tekanan yang diberikan.

$$t = \frac{P \cdot D}{2(S \cdot E \cdot W + P \cdot Y)}$$

Keterangan :
t = tebal schedule
P= tekanan
D= diameter luar pipa
S= stress value (tabel A-1)
E= *quality factor* (tabel A-1A / A-1B)
Y= coefficient (tabel 304.1.1)

3.3 Rancangan Fixture dan Analisa Ketebalan Minimum Pipa Fixture



Gambar 2. *Fixture purging* yang praktis tanpa box (kiri), dengan box (kanan)

Analisa yang dibutuhkan fixture adalah analisa ketahanan terhadap tekanan tinggi gas, sesuai dengan rumus ketebalan pipa pada ASME B31.3, sebelumnya ditentukan P (working pressure) yang dibutuhkan, hasil observasi *purging* di Muara Tawar, didapatkan *working pressure* adalah 500 psi. selanjutnya dalam menghitung *schedule* dibutuhkan nilai – nilai variabel yang didapatkan dari tabel berikut:

Tabel 1. *Properties of pipe*

PROPERTIES OF PIPE (Courtesy of Anvil International)														
nominal pipe size outside diameter, in.	schedule number*			wall thickness, in.	inside diameter, in.	inside area, sq. in.	metal area, sq. in.	sq ft outside surface, per ft	sq ft inside surface, per ft	weight per ft, lb†	weight of water per ft, lb	moment of inertia, in. ⁴	section modulus, in. ³	radius gyration, in.
	a	b	c											
¾ 1.050	—	—	5S	0.085	0.920	0.665	0.2011	0.275	0.2409	0.684	0.2882	0.02451	0.0467	0.349
	—	—	10S	0.083	0.884	0.614	0.2621	0.275	0.2314	0.657	0.2661	0.02970	0.0566	0.343
	40	Std	40S	0.113	0.824	0.533	0.333	0.275	0.2157	1.131	0.2301	0.0370	0.0706	0.334
	80	XS	80S	0.154	0.742	0.432	0.435	0.275	0.1943	1.474	0.1875	0.0448	0.0853	0.321
	160	—	—	0.218	0.614	0.2961	0.570	0.275	0.1607	1.937	0.1284	0.0527	0.1004	0.304
—	XXS	—	0.308	0.434	0.1479	0.718	0.275	0.1137	2.441	0.0641	0.0579	0.1104	0.2840	

Sumber : ASME B31.3 *process piping* tahun 2014

Tabel *properties of pipe* diatas menunjukkan data diameter luar standar dari pipa ukuran ¾ in, yaitu 1.050 in.

Tabel 2. Basic Allowable Stresses dari ASME B.31.3-2014

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)
Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	Type/ Grade	UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size, in.	P-No. (5)	Notes	Specified		
								Min. Temp., °F (6)	Min. Strength, ksi Tensile	Min. Temp. 200 300

Forgings and Fittings (2)													
...	A350	LF1	K03009	...	...	1	(9)(57)(59)	-20	60	30	20.0	18.3	17.7
...	A181	...	K03502	60	...	1	(9)(57)(59)	A	60	30	20.0	18.3	17.7
...	A420	WPL6	K03006	...	...	1	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A234	WPB	K03006	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A350	LF2	K03011	1	...	1	(9)(57)	-50	70	36	23.3	22.0	21.2
...	A350	LF2	K03011	2	...	1	(9)(57)	0	70	36	23.3	22.0	21.2
...	A105	...	K03504	...	...	1	(9)(57)(59)	-20	70	36	23.3	22.0	21.2
...	A181	...	K03502	70	...	1	(9)(57)(59)	A	70	36	23.3	22.0	21.2
...	A234	WPC	K03501	...	...	1	(57)(59)	B	70	40	23.3	23.3	23.3

Sumber : ASME B31.3 *process piping* tahun 2014

Tabel 3. Basic Quality Factor

Table A-1B Basic Quality Factors for Longitudinal Weld Joints in Pipes, Tubes, and Fittings, E_j
These quality factors are determined in accordance with para. 302.3.4(a). See also para. 302.3.4(b) and Table 302.3.4 for increased quality factors applicable in special cases. Specifications, except API, are ASTM.

Spec. No.	Class (or Type)	Description	E_j [Note (2)]	Appendix A Notes
Carbon Steel				
API 5L	...	Seamless pipe	1.00	...
		Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
		Electric resistance welded pipe	0.85	...
		Electric fusion welded pipe, double butt, straight or spiral (helical) seam	0.95	...
		Furnace butt welded	0.60	...
A53	Type S	Seamless pipe	1.00	...
	Type E	Electric resistance welded pipe	0.85	...
	Type F	Furnace butt welded pipe	0.60	...
A105	...	Forgings and fittings	1.00	(9)
A106	...	Seamless pipe	1.00	...
A134	...	Electric fusion welded pipe, single butt, straight or spiral (helical) seam	0.80	...

Sumber : ASME B31.3 *process piping* tahun 2014

Tabel 4. Nilai Koefisien Y

Pressure Design 33

TABLE 4.1
VALUES OF COEFFICIENT Y FOR $t < D/6$

Material	Temperature, °C (°F)					
	≤ 482	510	538	566	593	≥ 621
	(900 & lower)	(950)	(1000)	(1050)	(1100)	(1150 & up)
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Cast iron	0.0	...	...	...	...	...

Sehingga diketahui nilai-nilai seperti dibawah:

- P = 500 Psi
- D = 1.050" dalam ukuran pipa 3/4" (tabel *properties of pipe ASME B31.3*)
- S = dalam temperature 200F = 22 ksi = 22000 Psi (tabel A-1)
- E = 1 (tabel A105)
- W = 1 (stadar *ASME B31,3 for wind & seismic*)
- Y = 0 (*cast iron*)

$$t = \frac{500.1.050}{2(22000.1.1 + 500.0)}$$

$$t = \frac{525}{44000} = 0,01193$$

Dalam menentukan *schedule* pada tabel perlu diketahui tebal minimum pipa maka digunakan rumus:

$$t_{min} = t + CA$$

Keterangan t_{min} = tebal minimum pipa
 t = tebal *schedule* (0,01193 hasil penghitungan)
 CA = *corossion allowance standart* (3mm = 0,11811 inch)

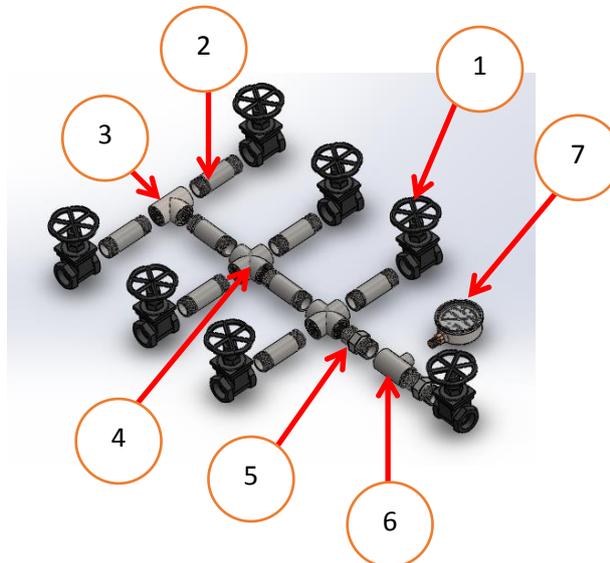
$$t_{min} = 0,01193 + 0,11811$$

$$t_{min} = 0,13004$$

(dalam tabel A105 schedule 80 / 0,154 inch, *check mill tolerance 12.5%*)

tebal minimum 0,13004 (masih dapat diterima). Jadi *schedule* yang digunakan adalah schedule 80

3.4 Bill of Material



Gambar 3. Bill of Material

<i>Bill Of Material</i>			
<i>No</i>	<i>Name</i>	<i>Description</i>	<i>Quantity</i>
1	Ball Valve	3/4" 800#	7
2	Pipe Nipple	3/4" A105 3000# sch 80	8
3	Tee	3/4" A105 3000# sch 80	1
4	Cross Tee	3/4" A105 3000# sch 80	2
5	Double Nipple	3/4" A105 3000# sch 80	2
6	Tee Reducer	3/4" x 1/2" A105 #3000 sch 80	1
7	Pressure Gauge	1/2" 800Psi	1

Tabel 5. Bill of Material

3.5 Proses Pembuatan

Fixture purging yang praktis dalam pembuatannya membutuhkan beberapa tahapan diantaranya:



Gambar 4 *part-part* yang telah siap

- Tahap pertama yaitu persiapan *part-part* yang sudah ditentukan, sebelumnya part bisa didapatkan dengan cara pembelian.



Gambar 5 *part* dilapisi dengan selontip

- Selanjutnya lapiasi tiap ulir pada *part* yang berjenis *male connector* dengan selontip secukupnya, hal ini dilakukan untuk mencegah kebocoran sekaligus mengurangi potensi aus pada ulir



Gambar 6. Perakitan tiap *part*

- Setelah tiap *part* yang berjenis *male connector* dilapisi dengan selontip, rakit dan kencangkan semua *part* menggunakan kunci pipa dan kunci inggris dengan kuat agar tidak terjadi kebocoran.

3.6 Pengujian *Fixture*

Untuk membuktikan bahwa *fixture* berfungsi dengan baik dilakukan pengujian tekanan menggunakan gas N_2 (Nitrogen), dengan target tekanan yang dicapai adalah 500Psi. dan tekanan dapat dilihat pada bagian *pressure gauge*.



Gambar 7. Persiapan *fixture* dan N_2 (nitrogen)

- Persiapkan *fixture* dan nitrogen ditempat terbuka untuk menghindari resiko keracunan gas nitrogen apabila terjadi kebocoran.



Gambar 8 Sebelum diisi gas nitrogen (kiri) dan setelah diisi gas nitrogen(kanan)

- Sebelum diisi gas nitrogen, pastikan hanya satu *valve* yang dalam keadaan posisi terbuka, dan *valve* lainnya harus tertutup. Setelah dipastikan, lalu alirkan gas nitrogen secara perlahan kedalam *fixture* hingga target yang dicapai yaitu 500 psi.

4. SIMPULAN

Fixture purging yang praktis dirancang dan dengan desain yang mampu menahan tekanan dari 0 – 500 Psi, berdasarkan permintaan klien di *Metering Station* PLTGU Muara Tawar.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, bapak R. Grenny Sudarmawan, Drs, S.T., M.T. selaku pembimbing, bapak Ahmad Hasnan, S.T., M.T., selaku pembimbing, dan Diar Azzis Septian, S.T. selaku pembimbing dari PT. Pustek E&T.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Becht. Charles. 2009. Process Piping The Complete Guide to ASME B31.3 Third Edition. ASME Press. New York
- [2] American Gas Association. 2001. Purging Principles and Practice Third Edition. American Gas Association. Washington
- [3] Ladish Valves. 2013. Material Reference Chart, <http://www.ladishvalves.com/resources/material-references-chart> , 22 Mei 2018
- [4] Newdell Company. 2011. Pressure Temperature Chart, <http://www.smithvalve.com/technical/pressure-temp-chart.aspx>

**RANCANG BANGUN MESIN PEMIPIL JAGUNG BERKAPASITAS 100 [KG/JAM]
DENGAN DAYA MOTOR 5,5 [HP] MENGGUNAKAN SISTEM TRANSMISI SABUK
(BELT & PULLEY)**

Dedi Dwi Haryadi¹, Rudi Edial², Aziz Ismail³, Erdian Bachri⁴, Fiki Ramdani⁴, M. Dirgari Azizi⁶

¹Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034

Email : aziz.ismailtalib@rocketmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Proses pemipilan jagung dapat dilakukan secara manual dengan tangan, pamarut, atau memanfaatkan mekanisme mesin penggiling. Berdasarkan hasil observasi terhadap petani jagung di Desa Cinanglaya, Kecamatan Karangpawitan, Kabupaten Garut, ditemukan bahwa teknologi yang digunakan dalam proses pemipilan jagung masih sangat sederhana. Proses pemipilan jagung dilakukan secara manual dengan memanfaatkan warga sekitar sebagai pekerja harian lepas dengan upah sebesar Rp 200,-/[kg]. Alat yang digunakan warga untuk memipil jagung adalah alat yang berupa parutan. Pemipilan secara manual membutuhkan sepuluh tenaga kerja selama tujuh hari kerja dengan waktu kerja dimulai dari jam 8 pagi hingga jam 1 siang. Jumlah biji pipilan yang dapat dihasilkan dengan proses pemipilan manual adalah 2,5 [ton]. Jika dihitung rata-rata, kemampuan alat sederhana ini (parutan) dalam memipil jagung adalah 7-8 [kg]/[jam] setiap pekerja. Mesin yang dibuat memiliki kapasitas 100 [kg/jam] menggunakan motor bakar sebesar 5,5[hp]. Putaran yang dihasilkan oleh motor bakar akan diteruskan menuju penggiling dengan bantuan pulley dan belt. Putaran yang dihasilkan oleh penggiling akan memisahkan biji jagung dengan tongkolnya. Gerakan berputar motor (rotasi) diteruskan lalu diubah menjadi gerakan maju-mundur (translasi) untuk menggerakkan pengayak. Gerakan translasi pengayak akan memisahkan biji jagung yang telah dipipil dengan tongkolnya. Hal yang perlu diperhatikan saat memipil jagung menggunakan mesin penggiling adalah kadar air yang terkandung dalam jagung. Kadar air biji jagung harus diturunkan menjadi kurang dari 20% untuk menghindari terjadinya biji pecah. Rancang bangun mesin pemipil jagung sangat dibutuhkan untuk membantu pekerjaan para petani jagung untuk meningkatkan efisiensi pemipilan biji jagung. Mesin pemipil jagung ini akan lebih unggul dari metode pemipilan jagung yang digunakan sebelumnya oleh petani. Karena, mesin pemipil jagung tersebut dapat memipil dengan kapasitas 100 [kg]/[jam] sementara proses sebelumnya hanya dapat memipil dengan kapasitas 7-8 [kg]/[jam] disertai kemampuan untuk memisahkan biji jagung yang telah dipipil dengan tongkolnya.

Kata Kunci: jagung, pemipil, penggiling jagung, pengayak jagung.

Abstract

Corn peeling process can be done manually using hand, grater, or mechanism of grinding machine. Base on observation of corn farmer in Desa Cinanglaya, Kecamatan Karangpawitan, Kabupaten Garut, Found that the technology used by the farmer is still conventional. Corn peeling process is done manually by utilizing local people as casual wokers paid Rp 200,-/[kg]. Tool used by local people to peel corn is tool in the form of grater. Corn peeling manually needs ten casual workers in seven days of works (a week) start working from 8 a.m until 1 p.m. The total of corn kernels that can be produced by corn peeling manually using grater is 2.5 [ton]. The conventional method has capacity only 7-8 [kg]/[hour] on average each workers. The machine made has production capacity of 100 [kg]/[hour] by using a 5.5 [hp] engine. The rotational motion produced by the engine will be transmitted into the grinder using pulleys and belts mechanism. The corn kernels and the cob are peeled by the rotational motion of the grinder. The rotational motion of the engine are translated into reciprocating motion required by strainer. The reciprocating motion of strainer will devide between corn kernels that have been peeled and the cob. Thing that have to be concerned when peeling using corn peeler machine is the corn kernels should contains less than 20% of water to avoid the corn kernels broken. The corn peeler machine is needed by the farmer to increase efficiency of corn peeling process. The machine designed better than an earlier method used by farmer because of its capacity. The machine has production capacity of 100 [kg]/[hour] whereas the earlier method, which be done manually, has capacity only 7-8 [kg]/[hour]. Another benefit of the machine is its ability to devide between corn kernels that have been peeled and the cob.

Keywords: corn, corn peeling, strainer.

1. LATAR BELAKANG DAN TUJUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung pipilan kering merupakan salah satu bentuk pengolahan jagung pasca panen yang dilakukan pada tingkat petani jagung guna meningkatkan nilai jualnya. Proses pengolahan jagung pipilan kering dilakukan dengan cara mengeringkan jagung yang telah dikupas kulitnya, setelah kering jagung dipisahkan antara biji dan tongkolnya. Proses pemisahan biji dari tongkolnya pada jagung kering disebut proses pemipilan jagung. Proses pemipilan jagung dapat dilakukan secara manual dengan tangan, pamarut, atau memanfaatkan mekanisme mesin penggiling

Berdasarkan hasil observasi terhadap petani jagung di Desa Cinanglaya, Kecamatan Karangpawitan, Kabupaten Garut, ditemukan bahwa teknologi yang digunakan dalam proses pemipilan jagung masih sangat sederhana. Proses pemipilan jagung dilakukan secara manual dengan memanfaatkan warga sekitar sebagai pekerja harian lepas dengan upah sebesar Rp 200,-/[kg]. Alat yang digunakan warga untuk memipil jagung adalah alat yang berupa parutan. Pemipilan secara manual membutuhkan sepuluh tenaga kerja selama tujuh hari dengan waktu kerja dimulai dari jam 8 pagi hingga jam 1 siang. Jumlah biji pipilan yang dapat dihasilkan dengan proses pemipilan manual adalah 2,5 [ton]. Jika dirata-rata, kemampuan alat sederhana ini (parutan) dalam memipil jagung adalah 7-8 [kg]/[jam] setiap pekerja.

Rancang bangun mesin pemipil jagung bertujuan untuk meningkatkan produktivitas petani dalam proses pemipilan jagung. Mesin pemipil jagung dirancang agar mampu melakukan proses pemipilan hingga 100 [kg]/[jam]. Mesin pemipil jagung ini menggunakan motor bakar sebagai sumber tenaganya. Putaran yang dihasilkan oleh motor bakar akan diteruskan menuju penggiling dan pengayak dengan bantuan *pulley* dan *belt*. Putaran yang dihasilkan oleh penggiling akan memisahkan biji jagung dengan tongkolnya. Gerakan berputar motor (rotasi) diteruskan lalu diubah menjadi gerakan maju-mundur (translasi) untuk menggerakkan pengayak. Gerakan translasi pengayak akan memisahkan biji jagung yang telah dipipil dengan tongkolnya dan diteruskan menuju penyimpanannya (*storage*) masing-masing. Dari latar belakang yang ada, maka munculah permasalahan seperti :

1. Bagaimana membuat mesin yang dapat memisahkan antara biji jagung dan tongkolnya (memipil) ?
2. Bagaimana menentukan dimensi mesin pemipil jagung beserta elemen-elemen utamanya agar memiliki kapasitas 100 [kg]/[jam]?

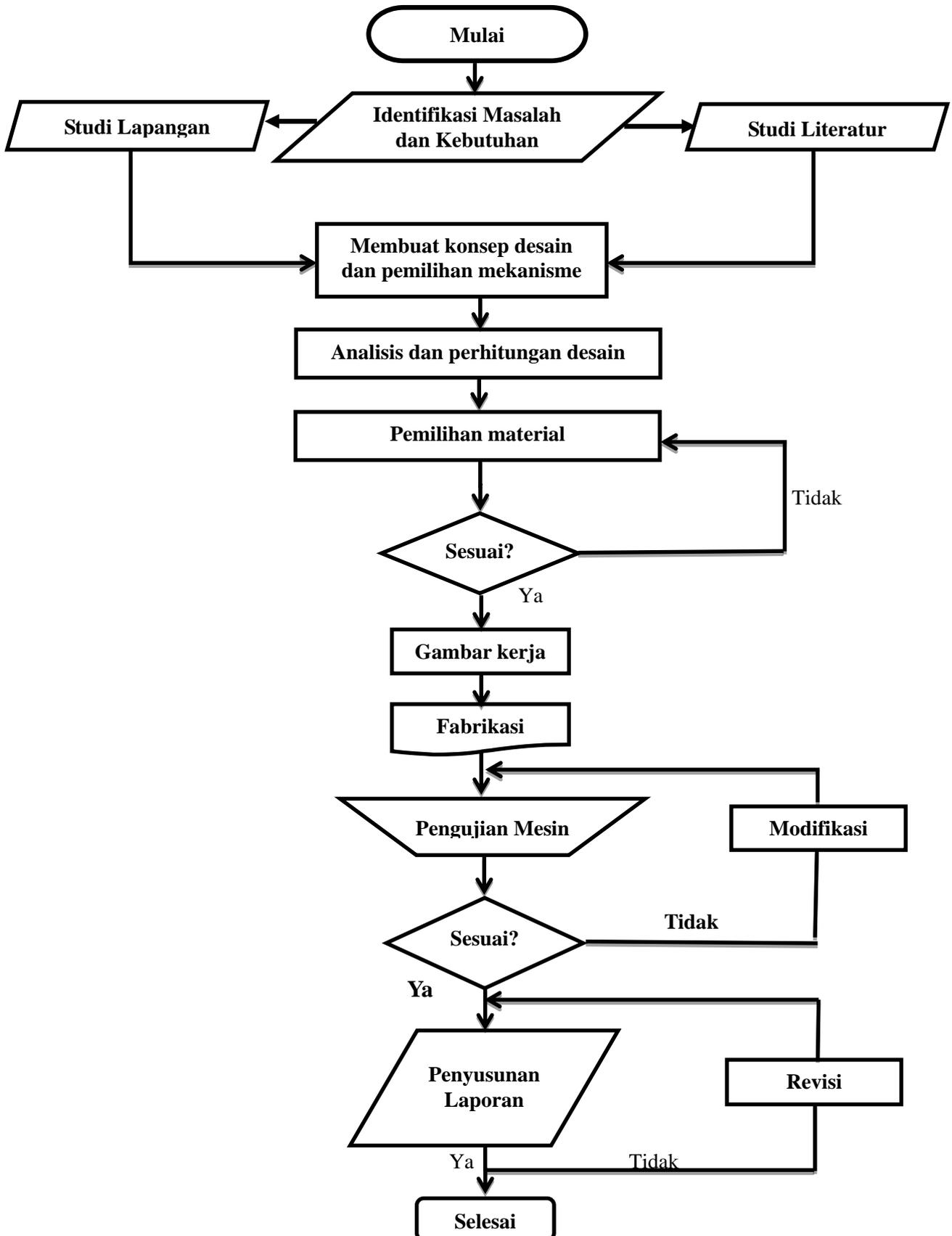
1.2 Tujuan Penulisan

Melihat dari latar belakang yang dibuat, maka tujuan dari pembuatan mesin pemipil jagung yaitu :

1. Membuat mesin pemipil jagung yang dapat memisahkan antara biji jagung dan tongkolnya menggunakan penggiling dengan penggerak motor berdaya 5,5 [hp] dengan sistem transmisi sabuk (*pulley & belt*).
2. Menganalisa perancangan terhadap material, gaya-gaya yang bekerja pada elemen utama, sehingga mendapatkan dimensi mesin pemipil jagung yang memiliki kapasitas 100 [kg]/[jam].

2. METODOLOGI PELAKSANAAN

2.1 Diagram Alir



1) Mulai

Tim rancang bangun memulai dengan berdiskusi membahas gagasan yang akan dikemukakan dalam makalah seminar nasional teknik mesin 2018.

2) Identifikasi Masalah dan Kebutuhan

Identifikasi masalah dan kebutuhan meliputi wawancara kepada konsumen, mengkaji mesin yang sudah ada di pasaran dan jurnal atau artikel yang memiliki fungsi dan prinsip yang serupa sebagai pembanding, merumuskan masalah serta kebutuhan, kemudian menyusun solusi berdasarkan data yang didapat dari studi lapangan.

3) Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan pada petani jagung di Desa Cinanglaya, Kecamatan Karangpawitan, Desa Pangeureunan, Kecamatan Limbangan, Desa Sindanggalih, Kecamatan Karagtengah, Kabupaten Garut. Kegiatan yang dilakukan pada saat observasi adalah melakukan wawancara mengenai hal-hal yang dibutuhkan petani dalam melakukan proses pemipilan jagung dan membandingkannya dengan kondisi yang sudah ada.

4) Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan pada perancangan mesin ini adalah dengan mengumpulkan data dimensi, kecepatan dan kapasitas produksi dari memipil jagung secara manual, serta alat-alat yang memiliki tema serupa yang ada di pasaran. Data-data yang terkumpul digunakan sebagai pembandingan dalam hal cara kerja, kapasitas, ukuran, kekurangan dan kelebihan, power, keselamatan kerja, kemudahan operasi, perawatan dan perbaikan, ketersediaan komponen terhadap mesin rancangan ini dengan mempertimbangkan masalah serta kebutuhan yang ada.

5) Membuat konsep desain dan pemilihan mekanisme

Pembuatan konsep desain dilakukan dengan mempertimbangkan tema, identifikasi masalah dan solusi, serta studi literatur yang telah dilakukan agar konsep sesuai dalam pembentukan rancang bangun. Memilih mekanisme kerja dari mesin untuk menentukan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan dengan biaya murah, memiliki kemampuan yang handal dan awet.

6) Analisis dan perhitungan mesin

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa perhitungan untuk mendapatkan data spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan. Pada tahap ini perancangan detail sudah ditetapkan berupa susunan komponen, bentuk, dimensi, material dari setiap komponen. Perhitungan dan analisis meliputi komponen daya, *pulley*, sabuk-v, poros, bantalan, dan rangka mesin. Setelah mendapat perhitungan mesin kemudian di buatlah kumpulan gambar kerja komponen-komponen untuk memudahkan proses selanjutnya.

7) Pemilihan material

Menentukan jenis material yang akan dipakai. Pada tahapan pemilihan material ditentukan berdasarkan analisis perhitungan. Setelah itu, pemilihan material disesuaikan dengan spesifikasi standar yang ada. Pemilihan material juga memberikan masukan awal dalam menyelesaikan masalah yang didapatkan.

8) Gambar Kerja

Gambar kerja yang berisi dimensi, simbol pengerjaan dan jenis material untuk proses fabrikasi.

9) Fabrikasi

Setelah mendapat gambar kerja, fabrikasi permesinan dilakukan untuk melakukan pengolahan material dengan proses fabrikasi menggunakan mesin bor, mesin bubut, mesin gerinda, mesin potong plat, mesin penekuk dan mesin las. Proses perakitan dilakukan setelah semua *part* jadi, sehingga pada akhirnya akan dihasilkan alat siap pakai.

10) Pengujian mesin

Pengujian dilakukan terhadap semua komponen mesin dengan memastikan semua komponen beroperasi dengan baik. Mesin dapat memisahkan jagung dari tongkolnya. Jika ditemukan komponen yang tidak beroperasi dengan baik dan atau hasil tidak sesuai dengan yang direncanakan, maka harus dilakukan tindakan modifikasi.

11) Penyusunan laporan

Penyusunan laporan untuk mengevaluasi keberhasilan dari pembuatan mesin ini dalam mengikuti seminar nasional teknik mesin 2018. Laporan disusun dengan lengkap meliputi lampiran (gambar, foto, laporan keuangan, scan bukti pengeluaran uang).

12) Selesai

Setelah melewati semua proses dari awal sampai pelaporan, maka kegiatan ini selesai dan mesin siap untuk digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Observasi

Bedasarkan hasil observasi dan wawancara di lapangan terhadap petani jagung di Desa Sindanglaya & Sindanggalih, Kecamatan Karangpawitan, Kabupaten Garut, ditemukan bahwa teknologi yang digunakan dalam proses pemipilan jagung masih sangat sederhana. Proses pemipilan jagung dilakukan secara manual memiliki kapasitas 7-8 [kg]/[jam]. Oleh karena itu, mesin yang kami rancang dengan kapasitas sebesar 100 [kg]/[jam] diharapkan dapat memenuhi kebutuhan petani.

1. Penggunaan mesin yang praktis. Sehingga proses pemipilan menjadi lebih mudah, rapi, dan efisien.
2. Mesin dapat dibawa ke kebun.
3. Meningkatkan kapasitas pemipilan dari alat yang biasa digunakan oleh petani.

Bedasarkan keinginan konsumen inilah yang menjadi dasar kami dalam proses perancangan untuk menganalisa kebutuhan konsumen dan penentuan konsep yang kami lakukan dalam menjawab kebutuhan pasar.

3.2 Kajian Pembeding Alat yang Sudah Ada

3.2.1 Pemipilan Secara Manual



Gambar 1 Parutan Pemipil Jagung

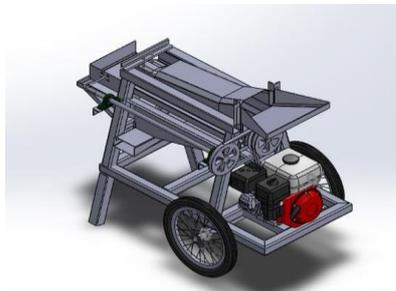
- Spesifikasi :
 - a) Panjang = 25 [cm]
 - b) Lebar = 15 [cm]
 - c) Kapasitas = 7-8 [kg]/[jam]
- Kelebihan :
 - a) Mobilitas tinggi, alat ini dapat digunakan baik di kebun maupun di rumah.
 - b) Biaya untuk membuat alat ini relatif murah.
- Kekurangan :
 - a) Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses memipil relatif lama.
 - b) Tenaga kerja yang dibutuhkan relatif banyak.
 - c) Biaya yang dikeluarkan untuk proses memipil relatif besar.

3.2.2 Mesin pemipil Jagung PPJ-001



- Spesifikasi :
 - a) Dimensi = 52 x 28,5 x 23 [cm³]
 - b) Kapasitas = 80-120 [kg]/[jam]
 - c) Power = 750 [Watt], 220 [V]
 - d) Rpm = 2850 [rpm]
- Kelebihan :
 - a) Kapasitas relatif besar jika dibandingkan dengan pemipilan secara manual.
 - b) Dimensi yang relatif kecil memudahkan untuk mobilitas mesin.
- Kekurangan :
 - a) Tidak bisa dioperasikan di lokasi yang jauh dari sumber listrik karena menggunakan motor listrik.
 - b) Jagung dimasukkan satu persatu, membuatnya kurang efisien.
 - c) Tidak ada mekanisme untuk memisahkan antara biji pipilan dengan tongkolnya (berceceran).

3.3 Konsep Rancangan Alat



Gambar 3 Konsep Rancangan Alat

3.4 Pembahasan

Mesin pemipil jagung ini merupakan mesin yang dapat membantu produktivitas petani jagung dengan target kapasitas jagung yaitu 100 [kg]/[jam]. Mesin ini dirancang menggunakan motor bakar yang bertujuan agar mudah mobilitasnya karena tidak membutuhkan sumber listrik. Dengan ditambahkan roda mesin ini bisa dibawa ke lahan panen jagung. Mesin ini menggunakan prinsip belt dan *pulley* yang digerakan oleh motor bakar, belt dan *pulley* yang terintegritas dengan poros roller pemipil yang membuat roller memutar dan memipil jagung. Saat jagung sudah dijemur kurang lebih 3 hari dan kadar air nya < 20%, jagung sudah bisa dipipil lalu jagung juga sudah terkelupas dari kulitnya. Terdapat saluran pembuangan berbeda antara biji jagung dengan tongkolnya yang membuat hasil dari mesin ini tidak berserakan. Beberapa keunggulan alat ini dengan produk pembandingan yaitu :

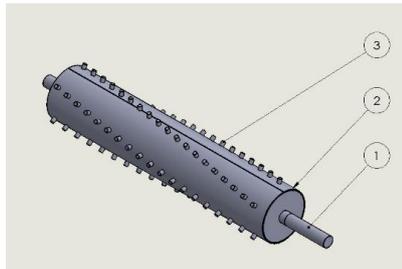
1. Mesin memiliki mekanisme yang dapat memisahkan antara biji jagung yang telah dipipil dengan tongkolnya.
2. Mesin dapat dibawa ke kebun. Penggunaan engine membuat mesin dapat dioperasikan di daerah yang tidak memiliki sumber listrik.
3. Mesin memiliki kapasitas hingga 100 [kg]/[jam]. Kapasitas mesin meningkatkan efisiensi proses pemipilan biji jagung oleh petani.

Dibuatnya mesin ini diharapkan dapat memudahkan petani jagung dengan menambah produktivitas hasil panen jagung yang nantinya langsung siap diolah. Dengan adanya mesin ini petani jagung dapat memanen jagung lebih efisien dibanding harus menggunakan cara manual dengan tangan maupun parutan.

3.5 Perhitungan Rancangan

a) Perhitungan Kecepatan Putar dan Daya *Roller* [RPM]

Roller merupakan komponen dari mesin pemipil jagung yang berfungsi untuk memisahkan biji jagung dari tongkolnya. Proses pemisahan biji jagung tersebut terjadi ketika adanya kontak antara jagung dengan gigi *roller* yang berputar. Oleh karena itu, kecepatan putar dari *roller* akan berpengaruh terhadap jumlah biji jagung yang dapat dipipil dalam setiap waktunya.



Gambar 4 Gambar Isometri *Roller*

Keterangan Gambar :

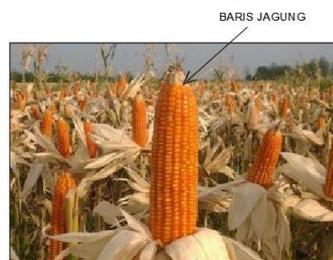
1. Poros *Roller*
2. Tabung *Roller*
3. Gigi *Roller*

Tabel 1 Data Spesifikasi *Roller*

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Diameter luar <i>roller</i>	Do	4	in
Diameter gigi <i>roller</i>	Dr	6	mm
Jumlah gigi <i>roller</i> dalam satu keliling	Gk	4	Gigi
Jumlah total gigi <i>roller</i>	Gt	76	Gigi

Tabel 2 Data Spesifikasi Jagung

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Gaya melepas biji jagung	Fb	3.9	N
Jumlah baris biji jagung	Jb	15 - 20	Baris/buah
Jumlah jagung kering dalam 1 [kg]	Jk	5 - 7	Jagung/kg



Gambar 5 Posisi Baris Jagung

1. Mencari jumlah jagung yang dibutuhkan

Jagung terdiri dari tongkol, biji jagung, dan kelobot (kulit jagung). Berat biji jagung dari keseluruhan berat total jagung dalam keadaan kering adalah 75,91 %. Berdasarkan komposisi/persentase biji jagung tersebut dapat diketahui jumlah jagung yang dibutuhkan untuk mendapatkan 100 [kg] biji jagung.

- Kapasitas Mesin pemipil jagung = 100 [kg]/[jam]

- Jumlah jagung yang dibutuhkan

$$X_j \cdot 0,7591 = 100 \text{ [kg]/[jam]}$$

$$X_j = \frac{100 \text{ [kg]/[jam]}}{0,7591}$$

$$X_j = 131,735 \text{ [kg]} \approx 132 \text{ [kg]/[jam]}$$

Jadi, untuk menghasilkan 100 [kg] biji jagung dibutuhkan 132 [kg] buah jagung.

2. Mencari kecepatan putar *roller*

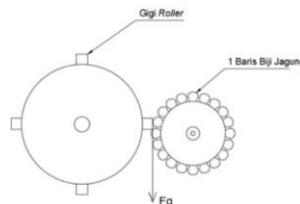
- Pada tabel xx diketahui bahwa jumlah baris dalam biji jagung adalah $J_b = 15 - 20$ jagung, dan jumlah jagung kering dalam 1 [kg] adalah $J_k = 5 - 7$ [jagung]/[kg].

- Jumlah jagung yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} X_j &= 132 \text{ [kg]/[jam]} \\ &= 2,2 \text{ [kg]/[menit]} \end{aligned}$$

- Jika $J_k = 5-7$ [jagung]/[kg], banyaknya jagung yang dibutuhkan dalam 1 menit adalah J_1 :

$$\begin{aligned} J_1 &= X_j \cdot J_k \\ &= 2,2 \text{ [kg]/[menit]} \cdot 7 \text{ [jagung]/[kg]} \\ &= 15,4 \text{ [jagung]/[menit]} \approx 16 \text{ [jagung]/[menit]} \end{aligned}$$

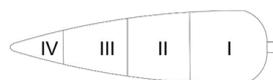


Gambar 6 *Free body diagram roller* pemipil

- Pada Tabel xx diketahui beberapa parameter sebagai berikut:
 - $F_b = 3,9$ [N].
 - $G_k = 4$ [gigi]/[putaran].
 - $J_b = 15 - 20$ [baris biji jagung]
- F_g adalah gaya tangensial pada gigi *roller*, $F_g = F_b = 3,9$ N.
- Untuk memastikan bahwa jagung terlepas pada tongkolnya, dibutuhkan 2 [gigi] *roller* untuk setiap baris jagung. Maka putaran yang dibutuhkan untuk merontokan 20 [baris] / [jagung] adalah N_1 :

$$N_1 = \frac{N_b}{N_k} \cdot 2$$

$$= \frac{20 \text{ [baris] / [jagung]}}{4 \text{ [gigi] / [putaran]}} \cdot 2 = 10 \text{ [putaran] / [jagung]}$$



Gambar 7 Segmen Jagung

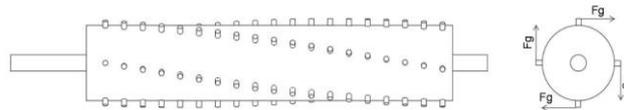
- Karena diameter tongkol jagung yang berbeda-beda pada setiap titiknya, 1 jagung akan diberikan 4 segmen. Di mana segmen dengan diameter tongkol terbesar akan terpipil terlebih dahulu hingga diameter tongkol yang terkecil.
 - Jumlah putaran total yang dibutuhkan untuk memipil satu buah jagung adalah
- $$N_1 = 10 \text{ [putaran] / [jagung]} \cdot 4$$

$$= 40 \text{ [putaran]/[jagung]}$$

- Maka kecepatan putar roller (N_r) yang dibutuhkan untuk menghasilkan biji jagung sebanyak 100 [kg]/[jam] adalah

$$\begin{aligned} N_r &= N_1 \cdot J_1 \\ &= 40 \text{ [putaran]/[jagung]} \cdot 16 \text{ [jagung]/[menit]} \\ &= 640 \text{ [putaran]/[menit]} = 640 \text{ [rpm]} \end{aligned}$$

3. Mencari daya yang dibutuhkan roller.



Gambar 8 Gaya yang Bekerja pada Roller

- Pada pembahasan sebelumnya diketahui bahwa $F_g = F_b = 3.9 \text{ [N]/[gigi]}$.
- Pada tabel xx diketahui bahwa jumlah gigi total pada roller adalah $G_t = 76 \text{ [gigi]}$ dan diameter luar roller, $D_o = 4,5 \text{ [in]} = 114,3 \text{ [mm]}$
- Gaya total yang bekerja pada roller untuk memipil jagung adalah F_t .

$$\begin{aligned} F_t &= 76 \text{ [gigi]} \cdot 3,9 \text{ [N]} \\ &= 296,4 \text{ [N]} \end{aligned}$$

- Torsi yang bekerja pada roller adalah T_r .

$$\begin{aligned} T_r &= 296,4 \text{ [N]} \cdot 114,3/1000 \text{ [m]} \\ &= 33,879 \text{ [Nm]} \end{aligned}$$

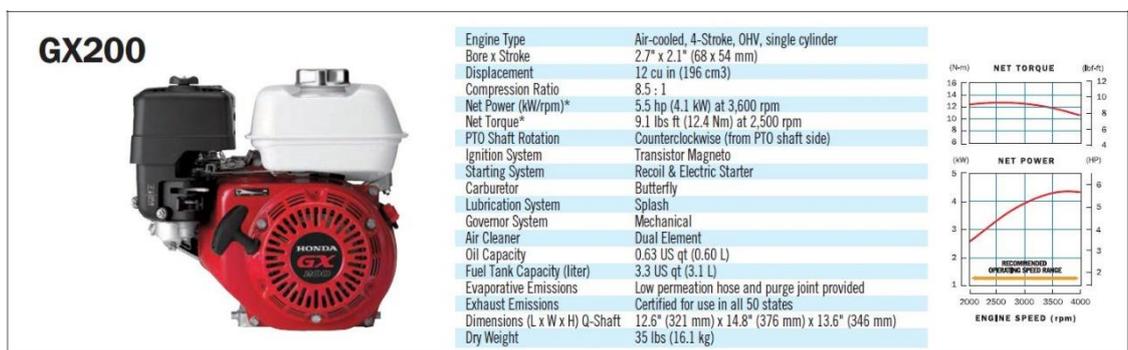
- Daya yang dibutuhkan roller jika kecepatan putar roller, $N_r = 640 \text{ [rpm]}$

$$\begin{aligned} P_r &= \frac{T \cdot 2\pi \cdot N_r}{60} \\ &= \frac{33,879 \text{ [Nm]} \cdot 2\pi \cdot 640 \text{ [rpm]}}{60} = 2270,592 \text{ [watt]} \end{aligned}$$

- Jika $1 \text{ [hp]} = 745.7 \text{ [watt]}$

$$\begin{aligned} P_r &= 2270,592 \text{ [watt]} / 745,7 \\ &= 3,045 \text{ [hp]} \end{aligned}$$

Jadi, daya yang dibutuhkan roller adalah $P_r = 3,045 \text{ [hp]}$



Gambar 9 Spesifikasi motor honda GX200

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka dipilih motor bakar *Honda GX200* dengan daya sebesar 5,5 [hp].

4. KESIMPULAN

1. Dibuatlah mesin pemipil jagung yang dapat memisahkan antara biji jagung dan tongkolnya menggunakan penggiling dengan penggerak motor berdaya 5,5 HP dan dimensi 750 [mm] X 500 [mm] x 100 [mm], dengan sistem transmisi sabuk (*pulley & belt*) dari proses rancang bangun.
2. Melakukan analisa perancangan terhadap material, gaya – gaya yang bekerja pada elemen utama, sehingga mendapatkan dimensi mesin pemipil jagung yang memiliki kapasitas 100 [kg/jam].

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Khurmi, R.S., dan J.K Gupta. *A Textbook Of Machine Design: SI Unit*. Eurasia Publishing House (PVT) LTD. Ram Nagar New Delhi. 2005.
- [2]. Sularso. dan K. Suga. *Dasar-dasar Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin*. CV. Rajawali. Jakarta. 2013.
- [3]. Badan Pengkajian dan Pengembangan Kebijakan Perdagangan. *Potret Jagung Indonesia : Menuju Swasembada Tahun 2017*. Kementerian Perdagangan REPUBLIK INDONESIA. 2017.
- [4]. Purna Irawan, Agustinus. *Diktat Elemen Mesin*, Jakarta. 2009.
- [5]. Firmansyah, I.U, M. Aqil dan Yamin Sinuseng. *Penanganan Pascapanen Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros. 2006.
- [6]. Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 07-06-01-2006. Baja Gulungan Canai Panas. Dewan Standarisasi Indonesia. Jakarta. 2006.
- [7]. Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 07-2054-2006. Baja Profil Siku Sama Kaki Canai Panas. Dewan Standarisasi Indonesia. Jakarta. 2006.
- [8]. Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 0068:2007. Baja Pipa Karbon. Dewan Standarisasi Indonesia. Jakarta. 2006.
- [9]. Uslinah, Silvia., Tri Wahyudi, Muhammad Salah, Suko Priyono. *Rancang Bangun Mesin Pemipil Jagung Untuk Meningkatkan Hasil Pemipilan Jagung Kelompok Tani Desa Kuala Dua*. Universitas Tanjungpura. Sumatra Utara, 2014.
- [10]. Pramono, Agus Edy. *Buku Ajar Elemen Mesin 1*. Politeknik Negeri Jakarta. Depok. 2016.
- [11]. Pramono, Agus Edy. *Buku Ajar Elemen Mesin 2*. Politeknik Negeri Jakarta. Depok. 2017.
- [12]. Tambunan, Hayado., Achwil Putra Munir, Sumono. *Rancang Bangun Alat Pemipil Jangung*. Fakultas Pertanian USU. Medan. 2015.
- [13]. Sagita, Diang. *DESAIN DAN KINERJA UNIT PERONTOK JAGUNG PADA MESIN PEMANEN JAGUNG*. Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor. 2016.
- [14]. Meriem, JL dan L.G Krange. *Mekanika Teknik Statika Jilid 1*. Erlangga. Jakarta. 1996
- [15]. Jutz, Hermann dan Eduard Scharkus. *Westernmann Tables for the Metal Trade*. New Delhi. Wiley Eastern Limited. 1966.

RANCANG BANGUN BELTWEIGHER DI 212-BC2

Franciscus Agung Dono Mulyono¹; Syupriadi Nasution²

¹Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,

²Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta,

franciscusagung.holcim@gmail.com

Abstrak

Batu kapur merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan semen ($\pm 84\%$). Batu kapur yang kita gunakan saat ini berasal dari Pulau Nusakambangan. Setelah batu kapur melewati proses pengurangan ukuran material, material tersebut segera di pindahkan menuju ke tempat penyimpanan di pabrik menggunakan kapal tongkang yang nantinya dari kapal tongkang akan di pindahkan menggunakan alat pengangkut muatan dari kapal untuk di pindahkan menuju tempat penyimpanan. Dalam proses pemindahan material ini batu kapur perlu dilakukan pengukuran laju material agar kita dapat mengetahui jumlah material yang di pindahkan dari Pulau Nusakambangan sesuai perizinan yang telah disepakati sebelumnya.

Metode dalam pengukuran laju material batu kapur saat ini masih menggunakan cara manual yaitu dengan melihat pada angka yang menunjukkan ketinggian air yang terdapat di sisi samping kapal tongkang saat proses pengisian selesai dilakukan. Metode ini dinilai masih kurang efisien dan akurat dalam pengukuran laju material yang akan di pindahkan menuju tempat penyimpanan mengingat setiap orang pasti memiliki perbedaan dalam keakuratan membaca ketinggian air ini dan juga keadaan permukaan air laut yang tidak selalu stabil (terkadang bergelombang, terkadang tenang).

Dengan kondisi yang kita tidak dapat di prediksi seperti ini maka diperlukan sebuah sistem penimbangan material agar dalam pengukuran laju material ini menjadi lebih akurat dan efisien. Pembuatan alat timbang yang dilengkapi dengan sensor berat merupakan solusi untuk mengatasi masalah tersebut mengingat bahwa load cell memiliki fungsi sebagai sensor berat untuk mengetahui berat material yang akan di pindahkan oleh 212-BC2 agar pengukuran laju material dari batu kapur dapat memberikan hasil yang efisiensi dan akurat bagi PT Holcim Indonesia Tbk Plant Cilacap.

Kata Kunci : Laju Material, Efisiensi, Batu Kapur, Sensor Berat, Ketinggian Air.

Abstract

Limestone is one of the raw material in the manufacture of cement ($\pm 84\%$). The limestone we use today comes from Nusakambangan Island. After limestone passes the process of reducing the material in Crusher, the material is immediately transported to Stockpile Limestone in Plant by barge which later from barge will be unloaded using Ship Unloader equipment to move to Stockpile Limestone. In the process of transporting this material (transport) limestone need to be measured flow material so that we can know the amount of material that is transported from Nusakambangan Island according to permission which has been agreed previously.

The method of measuring the flow of limestone material for now is still using manual method by looking at the numbers that indicate the water level (draft) contained on the side of the barge when the loading process is done. This method is considered to be inefficient and accurate in measuring the flow material that will be transported to Stockpile considering that each person must have a difference in the accuracy of reading this draft and also the sea level is not always stable (sometimes wavy, sometimes quiet).

With conditions that we can not predict in advance like this then we need a weighing system (Weighing System) so that the measurement of the flow material becomes more accurate and efficient. Making Belt Weigher equipped with Load Cell heavy sensor is a solution to overcome the problem considering that the load cell has a function as a heavy sensor to know the weight of material to be transported by 212-BC2 so that measurement of material flow from limestone can give an efficient and accurate result for PT Holcim Indonesia Tbk Plant Cilacap.

Keywords: Flow Material, Efficiency, Limestone, Load Cell, Draft.

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat banyak perusahaan industri modern. Salah satunya yaitu industri semen. Industri semen di Indonesia cukup menjanjikan, karena di Indonesia bahan baku pembuatan semen cukup melimpah. Semen adalah bahan bangunan yang erat hubungannya dengan kehidupan kita. Proses pembuatan semen itu sendiri tidaklah sederhana, terutama untuk menghasilkan semen yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan pasar di Indonesia. Oleh karena itu bahan baku merupakan salah satu hal penting dalam pembuatan semen. Pada proses pembuatan semen di PT Holcim Indonesia Tbk Cilacap

Plant, terdapat 4 bahan baku utama (*raw material*) yang digunakan pada proses pembuatannya yaitu batu kapur (*limestone*), tanah liat (*clay*), pasir silika (*silica sand*), dan pasir besi (*iron ore*).

Latar Belakang

Limestone merupakan salah satu bahan utama (*raw material*) dalam pembuatan semen. *Limestone* ini berasal dari Quarry Nusakambangan dan ditambang dengan cara *blasting* yang nantinya akan di pindahkan menggunakan *Dump Truck* menuju *Crusher* untuk di *reduzing size* sebelum di muat pada Tongkang menuju *Ship Unloader* untuk di *unloading* menuju area *Stockpile Limestone*. Sebelum *limestone* ini di pindahkan menuju tongkang, *limestone* ini ditimbang *tonnage* nya agar kita dapat mengetahui berapa ton *limestone* yang di pindahkan. Dalam aplikasinya metode yang digunakan untuk menimbang *limestone* ini menggunakan *draft* yang terdapat di tongkang. Metode ini sangat kurang efisien dan kurang akurat dalam penghitungan *tonnage* material yang dipindahkan. Dengan dipasangnya *Belt Weigher* di 212-BC2 ini diharapkan dapat mempermudah dalam proses penimbangan material yang di pindahkan sehingga menjadi efisien dan akurat dalam penyampaian data di lapangan.

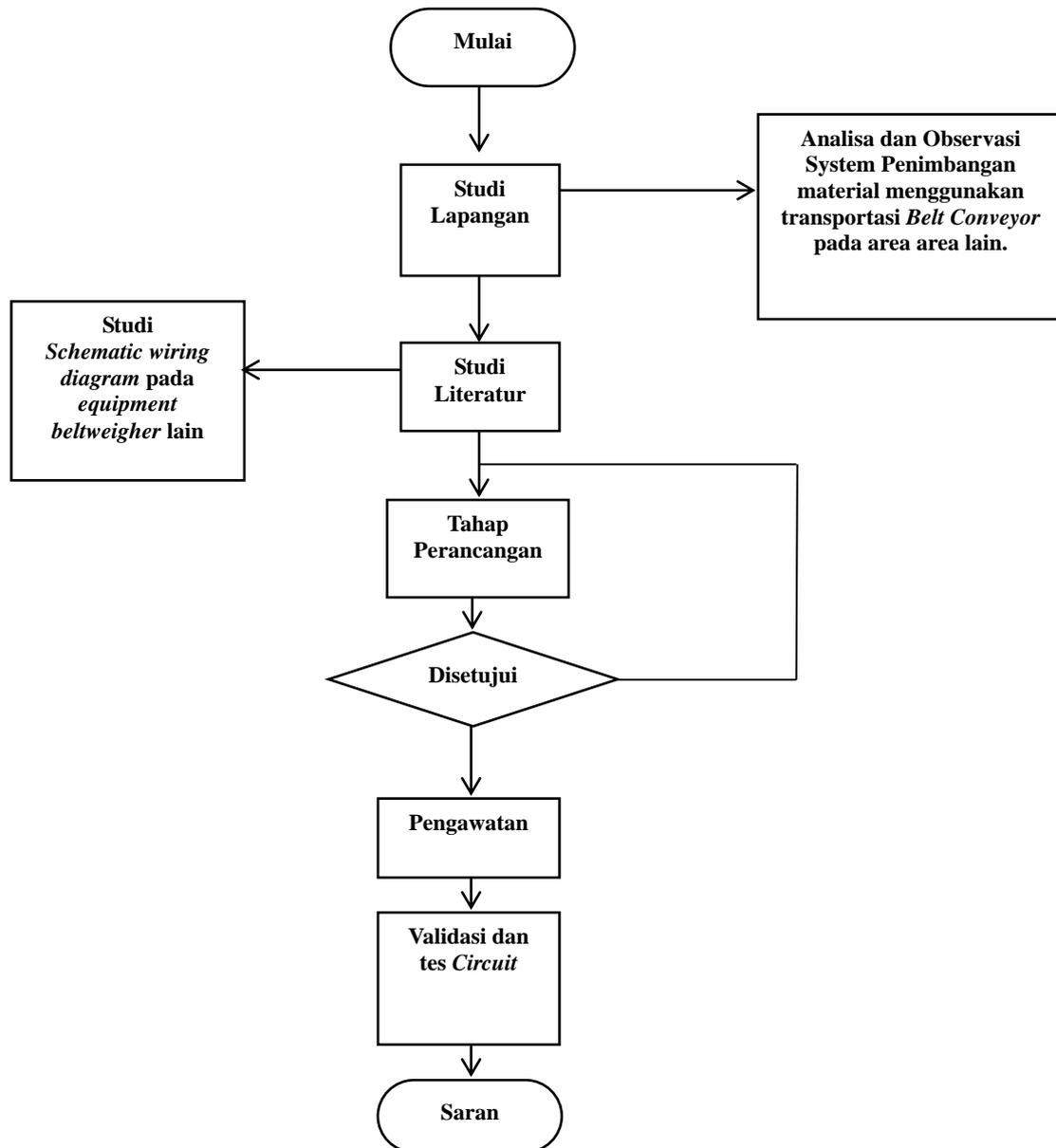


Gambar 1 Lokasi Pemasangan *Belt Weigher*.



Gambar 2 *Draft* yang digunakan saat ini

II. METODE PENELITIAN



Gambar 3 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Metode penelitian dari tugas akhir berguna untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan dan menjawab permasalahan yang telah dirumuskan dengan berbagai macam tahap penelitian agar lebih terarah. Metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini meliputi:

1. Observasi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap *electrical control belt weigher* lainnya. Dengan melihat rangkaian control yang ada di dalam panel, nantinya akan dijadikan referensi dalam perancangan.

2. Studi Literatur

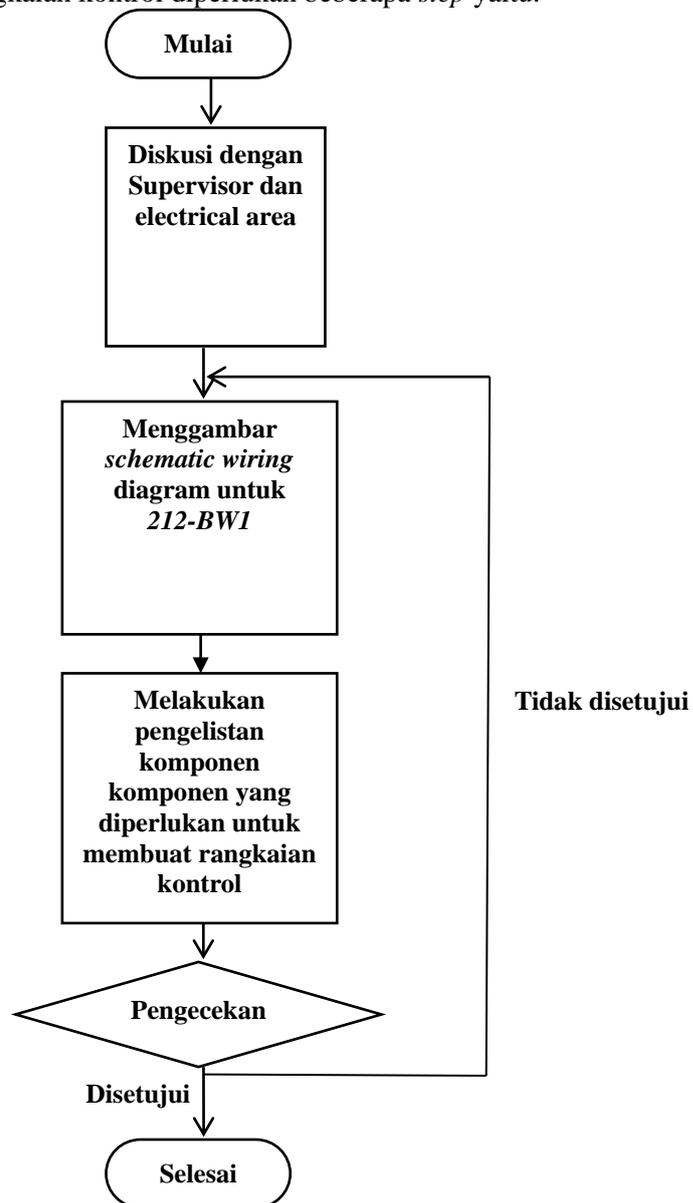
Mencari dan mengumpulkan segala informasi yang terkait baik itu dari buku, spesifikasi data, *vendor*, pembimbing lapangan, internet, maupun *manual book* suatu alat guna mendapatkan bahan-bahan untuk menyelesaikan rancangan *wiring diagram*.

3. Diskusi Masalah

Mengadakan pertemuan atau forum diskusi untuk mengumpulkan ide-ide dari banyak subjek untuk menemukan cara yang paling tepat untuk menyelesaikan sebuah masalah. Forum diskusi dilakukan bisa dengan *supervisor* lapangan bagian elektrik, *patroller* produksi *shift*, dan pihak lain yang terkait.

4. Perancangan

Tahap perancangan dilakukan setelah observasi lapangan, studi literature, dan diskusi bersama berbagai pihak. Pada tahap ini dilakukan perancangan *schematic wiring diagram* sebagai rangkaian kontrol motor. Dalam melakukan perancangan rangkaian kontrol diperlukan beberapa *step* yaitu:



Gambar 4 Flowchart tahap perancangan

5. Pengawatan

Tahap ini dimana dilakukan adanya instalasi rangkaian listrik hasil dari perancangan gambar yang sudah disetujui oleh supervisor lapangan.

6. Validasi dan Test Circuit

Tahap ini dilakukan setelah hasil perancangan *upgrade diagram* pengawatan dicek untuk rangkaian kontrol motor. Sedangkan tes circuit ini dilakukan setelah kegiatan *wiring* selesai dan diawasi oleh electrical

engineer, team leader area, dan operator area dan disetujui oleh electrical engineer. Validasi adalah kegiatan pengecekan sistem *hardwire* dari *schematic wiring* diagram.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Mengidentifikasi akar masalah pada pembacaan *tonnage* material

Berikut data pasca operasi *crusher* di nusakambangan :

No	Waktu operasi	<i>Draft</i>	<i>Tonnage</i> pada tabel	<i>Tonnage</i> sisa	<i>Tonnage</i> total*	<i>Tonnage/hours</i> **
1	2jam45menit	405	4512	688	3824	1561
2	2jam12menit	394	4350	688	3662	1666
3	5jam23menit	390	4292	377	3915	728
4	6jam07menit	370	4002	377	3625	587
5	4jam07menit	400	4438	438	4000	973

Tabel 1 Operasi *Crusher*

Dari data diatas diketahui bahwa dalam perhitungan *tonnage/hours* di setiap operasi *crusher* masih menggunakan rumus manual.

$$** \quad \textit{tonnage} / \textit{hours} = \frac{\textit{tonnage total}}{\textit{waktu operasi}}$$

$$* \quad \textit{tonnage total} = \textit{tonnage pada tabel} - \textit{tonnage sisa}$$

Berikut *draft* tongkang yang digunakan sebagai acuan perhitungan *tonnage* material :

DRAFT	TONAGE	DRAFT	TONAGE	DRAFT	TONAGE
345	3643	369	3987	393	4336
346	3657	370	4002	394	4350
347	3672	371	4016	395	4365
348	3686	372	4031	396	4380
349	3700	373	4045	397	4394
350	3715	374	4060	398	4409
351	3729	375	4074	399	4424
352	3743	376	4086	400	4438
353	3757	377	4103	401	4453
354	3772	378	4117	402	4467
355	3786	379	4132	403	4482
356	3800	380	4146	404	4496
357	3815	381	4161	405	4512
358	3828	382	4176	406	4526
359	3843	383	4190	407	4541
360	3858	384	4205	408	4557
361	3872	385	4219	409	4570
362	3887	386	4234	410	4585
363	3901	387	4248	411	4600
364	3915	388	4263	412	4615
365	3930	389	4277	413	4629
366	3944	390	4292	414	4644
367	3958	391	4307	415	4659
368	3973	392	4321	416	4674

Tabel 2 *Draft* tongkang

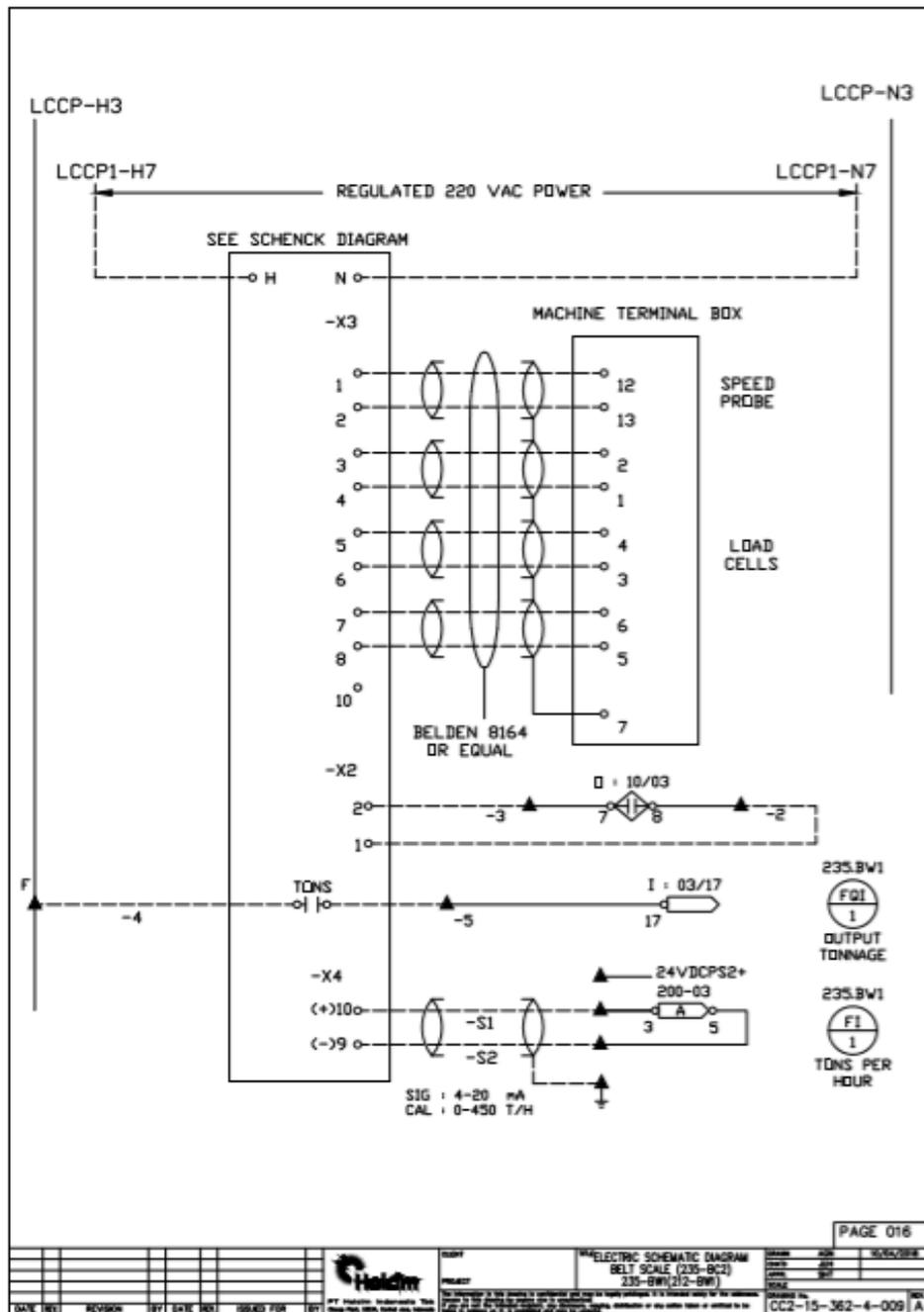
2. Deskripsi kerja system 212-BW1

Yang dimaksud deskripsi kerja adalah pergerakan suatu *equipment* pada proses produksi yang dijalankan sesuai dengan objektif yang telah ditentukan, agar bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan oleh operasional. Sehingga mampu menjaga keberlangsungan proses produksi.

Deskripsi kerja yang diinginkan oleh operasional seperti berikut:

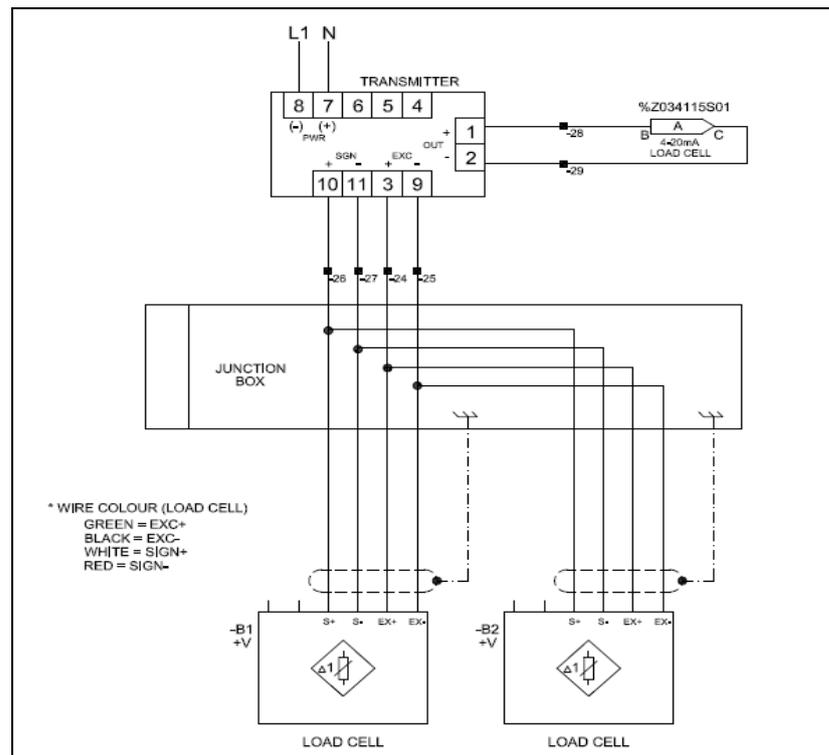
1. *Belt Weigher 212-BW1* harus mampu membaca tonnage dari limestone yang melewati *Belt Conveyor 212-BC2*.
2. Pengoperasian *212-BW1* dilakukan bersamaan dengan pengoperasian *212-BC2*.
3. *Tonnage* dari *Belt Weigher 212-BW1* dapat termonitor di *panel view Crusher*.

Setelah hasil deskripsi dari pihak operasional didiskusikan dengan penulis dan pihak *electrical quarry team* maka menghasilkan *electrical wiring diagram* pada panel motor *212-BW1* seperti berikut:



Gambar 5 Schematic Wiring Diagram 212-BW1

3. Load cell & transmitter M-SYSTEM



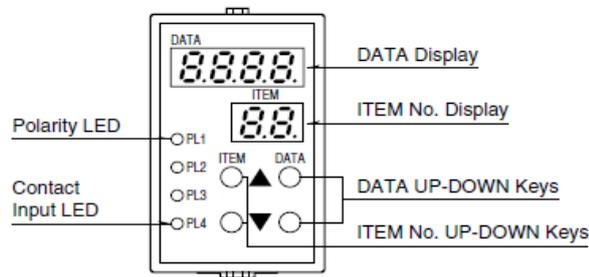
Gambar 6 Wiring Diagram Load Cell dan Transmitter M_SYSTEM

Dalam penimbangan *Limestone* yang melewati *Belt Weigher 212-BW1* diperlukan adanya sensor penimbangan untuk mengetahui *tonnage* dari *Limestone* tersebut. Pada kasus ini kita menggunakan sensor *load cell*. Pada prinsipnya cara kerja dari sensor ini adalah dengan adanya perubahan nilai *resistansi* akibat perubahan penampang *strain gauge* yang nantinya akan menghasilkan tegangan sebagai *signal input* ke *transmitter*. Pemasangan *load cell* pada *212-BW1* di letakan dibagian sisi kanan dan sisi kiri frame BC yang bertujuan agar pembacaan berat dari material *Limestone* lebih akurat. Sedangkan untuk bagian bagiannya, *load cell* memiliki empat terminasi yaitu 2 untuk kabel *signal* dan 2 untuk kabel eksitasi. Untuk warna dari kabel eksitasi adalah hijau dan hitam, sedangkan warna kabel untuk kabel *signal* adalah putih dan hitam. Fungsi dari eksitasi itu sendiri adalah sebagai sumber tegangan dari *load cell*, tegangan yang kita gunakan dalam kasus ini adalah 12 V, nilai tegangan ini ditentukan berdasarkan jenis dari *load cell* itu sendiri. Kemudian untuk kabel *signal* difungsikan untuk mengirim *signal* tegangan yang dihasilkan dari perubahan penampang *strain gauge* yang masuk kedalam *transmitter* untuk dikonversikan menjadi 4-20 mA.

Untuk *wiringnya*, koneksi untuk kedua *load cell* ini di koneksi secara paralel sebelum nantinya masuk ke dalam M-SYSTEM untuk dilakukan konversi. Untuk koneksi paralel ini dikoneksi didalam *junction box* agar terhindar bahaya dari luar, baik karena faktor lingkungan maupun bahaya kejatuhan material. Untuk kabel *signal* dari *load cell* yaitu warna putih (*sign+*) masuk ke terminal *transmitter* no '10' untuk kabel merah (*sign-*) masuk ke terminal no '11'. Sedangkan untuk kabel warna hijau (*eks+*) masuk ke terminal *transmitter* no '3' dan untuk kabel hitam (*eks-*) masuk ke terminal *transmitter* no '9'. Untuk keluaran dari *load cell* yang telah dikonversikan menjadi 4-20 mA melalui terminal no '1' (*out+*) dan nomer 2 (*out-*), dari terminal no '1' nantinya akan di hubungkan ke *analog input* sebagai *input signal tonnage* ke *panel view crusher*, kemudian keluaran dari *analog input* akan masuk ke terminal no '2' sebagai *common*. Sedangkan untuk sumber tegangan dari *transmitter* itu sendiri adalah tegangan 220 VAC yang diambilkan dari rangkaian kontrol, yang nantinya masuk ke terminal *transmitter* no '7' & '8'.

4. Set-Up Parameter Transmitter M-SYSTEM

Pengaturan Parameter disini harus sesuai dengan nilai aktual yang sebenarnya agar dalam melakukan *monitoring* tidak terjadi kesalahan dalam pembacaan data. ^[1]



Gambar 7 Layout Transmitter M-SYSTEM^[1]

Untuk prosedur pemrograman dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut : ^[1]

1. Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan “01”.
2. Tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai *DATA Display* menunjukkan “2”.
- “1” : Indikasi data saja
- “2” : Semua parameter dimodifikasi
3. Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan nomor *ITEM* yang ingin dilakukan modifikasi.
4. Tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai *DATA Display* menunjukkan angka *DATA* yang akan dimasukan
5. Ulangi Cara No. 3 dan No. 4 untuk melakukan modifikasi parameter yang lainnya. (Data yang dimasukan akan tersimpan 1 detik setelah operasi telah selesai)
6. Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan “01”
7. Tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai *DATA Display* menunjukkan “1”.
8. Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan “P”

Catatan : Jangan melakukan penekanan tombol *UP* dan *DOWN* secara bersamaan

Kemudian berikut adalah *daftar basic* parameter yang perlu dilakukan pemrograman / modifikasi sesuai dengan data aktual dilapangan :

1. Input range code

Untuk penentuan *input range code* tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan item no 03, setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai *DATA Display* menunjukkan angka 3. Dalam hal ini penulis menggunakan *Input range code* S4 (0.0 – 30.0 mV/V). ^[1]

03	N/A	0, 1, 2, 3	Input range code	0 : S1 (0.0 – 1.0mV/V)	S1 : 0
				1 : S2 (0.0 – 3.0mV/V)	S2 : 1
				2 : S3 (0.0 – 10.0mV/V)	S3 : 2
				3 : S4 (0.0 – 30.0mV/V)	S4 : 3

Gambar 8 Input Range Code^[1]

1. Output range code

Untuk penentuan *Output range code* tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan item no 04, setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai *DATA Display* menunjukkan angka 2. Data no 2 adalah : Z1 (0.0 – 20 mA).

04	N/A	0, 1, 2	Output range code	0 : V1 (-1 – +1V)	V1 : 0
				1 : V2 (-10 – +10V)	V2 : 1
				2 : Z1 (0 – 20mA)	Z1 : 2

Gambar 9 Output Range Code^[1]

Pemilihan *output range code* disini didasarkan pada jenis signal yang masuk / input signal yang masuk kedalam DCS (*Direct Control System*). Pada kasus ini input signal yang digunakan untuk masuk ke DCS adalah 4-20mA sehingga penulis memilih pilihan no 2 : Z1 (0.0 – 20 mA).^[1]

2. Excitation voltage (V)

Untuk penentuan *excitation voltage* dapat dilakukan dengan tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan item no 06, setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai *DATA Display* menunjukkan angka kisaran 0.1 – 12.0 V sesuai dengan nilai tegangan eksitasi yang diinginkan.^[1]

2. Sensor sensitivity

Untuk penentuan nilai Sensitivitas sensor tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan item no 05, setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai *DATA Display* menunjukkan nilai *range* yang telah ditentukan sebelumnya. Lakukan pengaturan *ITEM No. 07* sebelum *ITEM No. 06*. Cara ini dilakukan apabila penentuan nilai sensitivitas sensor menggunakan nilai *rating*. Besarnya nilai *rating* yang digunakan adalah 2 mV/V, maka penulis menggunakan pilihan S2 : 0.0 – 3.0 mV/V.^[1]

06	2	0010 – 9999	Sensor sensitivity	S1 : 0.0 – 1.0mV/V	S1 : 1.0mV/V
		0.010 – 3.000		S2 : 0.0 – 3.0mV/V	S2 : 3.0mV/V
		0.010 – 9.999		S3 : 0.0 – 10.0mV/V	S3 : 10.0mV/V
		0.10 – 30.00		S4 : 0.0 – 30.0mV/V	S4 : 30.0mV/V
		Used when adjusting the sensor sensitivity by its rating value. Set ITEM 07 before 06.			

Gambar 10 Sensor Sensitivity^[1]

3. 0% Input voltage

Untuk penentuan nilai tegangan *0% Input voltage* tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan item no 07. Kemudian dilakukan penyensoran tanpa beban dan setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai nilai tampilan distabilkan. *DATA Display* menunjukkan nilai tegangan offset, didapat hasil 1.1 mV. Nilai tegangan ini dijadikan sebagai nilai *zero*. Nilai tampilan = Tegangan sensor x Koefisien internal^[1]

4. 100% Input voltage

Untuk penentuan nilai tegangan *100% Input voltage* tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No. Display* menunjukkan item no 08. Kemudian lakukan pembebanan maksimal yang nilainya telah diketahui sebelumnya. Setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai nilai tampilan distabilkan. setelah dilakukan pengukuran dengan beban material maksimal didapat hasil 7.4 mV. Lakukan pengaturan *ITEM No. 07*. sebelum melakukan pengaturan *ITEM No. 08*. *DATA Display* menunjukkan nilai rentan Sensitivitas sensor. Dengan cara ini kita dapat menentukan nilai Sensitivitas sensor apabila menggunakan beban aktual.^[1]

5. Parameter List Transmitter M-SYSTEM

No.	Item	No Item	Data
	<i>Modification mode</i>	01	2 : All parameter are modifiable
	<i>Status Indication</i>	02	0 : Normal
1	<i>Input Range Code</i>	03	3 : S4 (0.0 – 30.0 mV/V)
2	<i>Output Range Code</i>	04	2 : Z1 (0.0 – 20 mA).
3	<i>Excitation Voltage</i>	05	0.1 – 12.0 V
4	<i>Sensor Sensitivity</i>	06	S4 : 0.0 – 30.0 mV/V
5	<i>0% Input Voltage</i>	07	1.4 mV
6	<i>100% Input Voltage</i>	08	24 mV

7	<i>Load Ratio</i>	09	100 %
8	<i>Tare Adjustment</i>	10	0 %
9	<i>Zero Adjustment</i>	12	0 %
10	<i>Gain Adjustment</i>	13	1
11	<i>Display range scaling 0%</i>	14	0%
12	<i>Display range scaling 100%</i>	15	200 %
13	<i>Decimal point position</i>	16	1 : _ _ _ . _
14	<i>Moving average</i>	17	1 : 4 <i>samples</i>
15	<i>Contact input function</i>	18	0 : <i>Tare adjustment</i>
16	<i>Power saving mode</i>	20	10 <i>minutes</i>
17	<i>Output code Z1 0%</i>	21	4 mA
18	<i>Output code Z1 100%</i>	22	20 mA

Tabel 3 *Parameter List Transmitter M-SYSTEM*^[1]

6. Perawatan Secara keseluruhan

Perawatan ini ditujukan agar kondisi rangkaian kontrol ini selalu terjaga dengan baik dalam artian tampilan fisik dari rangkaian kontrol dan fungsinya masih bagus, berikut adalah perawatan apa saja yang harus dilakukan :

1. Lakukan pengecekan secara keseluruhan terhadap kondisi dari setiap komponen rangkaian kontrol, baik komponen yang didalam panel maupun komponen yang ada dilapangan selama 3 bulan / 4 bulan sekali.
2. Apabila pada suatu waktu terdapat salah satu komponen yang mengalami kerusakan yang mengakibatkan rangkain kontrol tersebut tidak dapat berfungsi, maka lakukanlah perbaikan. Apabila tidak dapat dilakukan perbaikan maka ganti dengan yang baru secepatnya
3. Lakukan pembersihan pada setiap komponen yang terdapat didalam panel dengan menggunakan kuas / *vacum* bila diperlukan dari kemungkinan debu yang menempel, karena dapat menyebabkan resiko terjadinya short cirecuit.
4. Lakukan pengechekan kekencangan baut baut pada setiap komponen setiap 3 bulan / 4 bulan sekali, baik baut untuk penjepit kabel maupun untuk penopang komponen pada *mounting plate*.
5. Apabila terjadi perubahan *wiring* aktual / perubahan fungsi rangkaian kontrol dikarenakan permintaan dari produksi, maka segeralah *redrawing schematic wiring diagram* yang lama dengan yang baru yang sesuai dengan *wiring* aktual yang paling terbaru. Hal ini diperlukan untuk mempermudah *trouble shooting* apabila terjadi suatu masalah.

7. Kalibrasi *Transmitter* M-SYSTEM

Dalam melakukan pengkalibrasian *Transmitter* M-SYSTEM ini dapat menggunakan 2 cara, diantaranya adalah :^[1]

a. Kalibrasi dengan menggunakan beban aktual

1. Mode Program

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 01, kemudian tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* dan kemudian pilih *DATA* No. 2 untuk mengubah ke mode program.^[1]

2. Tegangan eksitasi

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 05, kemudian tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai menunjukkan tegangan eksitasi yang diinginkan.^[1]

3. 0% *Input Voltage*

tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No.07. Kemudian dilakukan penyensoran tanpa beban dan setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai nilai tampilan distabilkan. *DATA Display* menunjukkan nilai tegangan *offset*. Nilai tegangan ini dijadikan sebagai nilai *zero*. Nilai tampilan = Tegangan sensor x Koefisien internal^[1]

4. 100% *Input Voltage*

Untuk penentuan nilai tegangan 100% *Input voltage* tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 08. Kemudian lakukan pembebanan maksimal yang nilainya telah diketahui sebelumnya. Setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai nilai tampilan distabilkan. *DATA Display* menunjukkan nilai rentan Sensitivitas sensor.^[1]

5. Mode Monitor

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 01, kemudian tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* dan kemudian pilih *DATA* No. 1 untuk mengubah ke mode monitor.^[1]

6. Indikasi PV

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No.Display* menunjukkan 'P'.^[1]

b. Kalibrasi dengan menggunakan nilai / data

1. Mode Program

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 01, kemudian tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* dan kemudian pilih *DATA* No. 2 untuk mengubah ke mode program.^[1]

2. Tegangan eksitasi

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 05, kemudian tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai menunjukkan tegangan eksitasi yang diinginkan.^[1]

3. 0% *Input Voltage*

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No.07. Kemudian dilakukan penyensoran tanpa beban dan setelah itu tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai nilai tampilan distabilkan. *DATA Display* menunjukkan nilai tegangan *offset*. Nilai tegangan ini dijadikan sebagai nilai *zero*. Nilai tampilan = Tegangan sensor x Koefisien internal^[1]

4. Sensitivitas Sensor

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 06, kemudian tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* sampai menunjukkan nilai sensor sensitivitas yang diinginkan sesuai dengan lembar spesifikasi sensor. Nilai yang ditetapkan ditambah $\pm 1\%$ dari koefisien internal.^[1]

5. Mode Monitor

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM* No. 01, kemudian tekan tombol *DATA UP* atau *DOWN* dan kemudian pilih *DATA* No. 1 untuk mengubah ke mode monitor. [1]

6. Indikasi PV

Tekan tombol *ITEM UP* atau *DOWN* sampai *ITEM No.Display* menunjukkan 'P'. [1]

IV. KESIMPULAN

Dengan dipasangnya *Beltweigher* pada *212-BC2* ini memudahkan proses penimbangan *flow material* yang akan di pindahkan sehingga menjadi efisien dan akurat.

DUMP TRUCK		DUMPING QUANTITY		Jumlah	Hasil				No.LOADER/	QRY
NUMBER					AL	R	B	SM	Excavator	LOC
17	|||||	|||||	|||||	18						X11D
18										
19										
20										
21	|||||	|||||	|||||	16						X11D
22	|||||	|||||	|||||	20						X11D
23										
24	|||||	|||||	|||||	22						X11D
Total				76						
988	<input type="checkbox"/>	Dumping Quantity Depan Hopper		Jumlah	Start : 07-01				390 : 7202	
990	<input type="checkbox"/>				Stop : 14-24				377	
Barat		Total			Total : 5-23 (5.28)				3715 / 728	
Timur		Total		17						
Total										

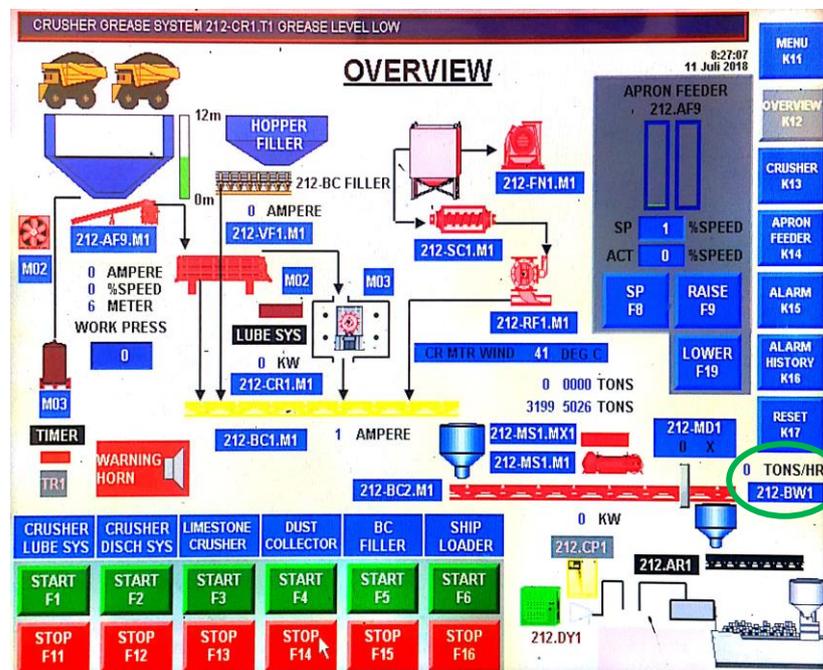
Notes:
AL : Ambil Langsung
R : Ripping
B : Blasting
SM : Service Miner
LOC : Lokasi Quarry

Catatan : 377

Report by : [Signature]

Form No. SF3234
1-Apr-14 Ver. 1.4

Gambar 11 Sebelum di pasang *Belt Weigher 212-BW1*



Gambar 12 Sesudah dipasang *Belt Weigher 212-BW1*

V. DAFTAR PUSTAKA

[1] M-SYSTEM. *Transmitter model MXLCF*.

SIMULASI PEMBAKARAN PADA BOILER SUBCRITICAL SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN OPERASI PLTU

Yudha Muhamad Fauzi¹, Cecep Slamet Abadi, Andi Ulfiana

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425,

¹myudhafauzi96@gmail.com

Abstrak

Masyarakat dunia kini menyambut suatu tatanan baru dalam dunia industrial yang akrab disapa dengan Era Revolusi Industri 4.0. Memasuki Era baru ini tidak hanya kalangan industrialis dan pengusaha saja yang didorong untuk menerapkan Revolusi Industri 4.0, namun dunia Pendidikan pun harus bergerak dinamis untuk menyiapkan bibit-bibit yang kompeten. Dalam mendukung pergerakan dinamis dunia Pendidikan, media pembelajaran kini tak harus berbentuk fisik yang memerlukan biaya pengadaan bernilai tinggi, namun dapat beralih ke bentuk yang ringkas dengan menggunakan aplikasi simulator. Perancangan simulator bertujuan untuk membuat suatu pemodelan dan simulasi operasi pembakaran pada Boiler Subcritical dengan merujuk kepada karakteristik Boiler PLTU Banten 1 Suralaya. Basis perancangan Simulator Boiler Subcritical ini menggunakan software National Instrument™ LabVIEW. Metode pemodelan dan simulasi akan mengikuti 3 item terpenting dalam proses pengoperasian boiler PLTU Banten 1 Suralaya, yaitu Instruksi Kerja; Permit & Trip; dan DCS. Instruksi Kerja digunakan operator lapangan sebagai pedoman tahap demi tahap pengoperasian boiler, sedangkan Permit & Trip merupakan kondisi - kondisi yang menyebabkan peralatan boiler kapan akan bekerja dan kapan akan mati. Untuk antarmuka pengguna, simulator akan mengikuti referensi DCS pada ruang CCR PLTU Banten 1 Suralaya. Simulator akan menyajikan pengoperasian ID Fan, PA fan dan FD fan dalam sesi penyuplai udara, serta pengoperasian Daily Fuel Oil, Oil Gun dan Pulverizer dalam sesi pembakaran. Proses operasi pembakaran, boiler menggunakan 11 lapis pembakaran yang terdiri dari 4 lapis pembakaran oleh Oil Gun (lapisan AB; CD; EF dan EF) dan 7 lapis pembakaran oleh Coal Burner (lapisan A; B; C; D; E; F dan G). Dengan adanya simulator, diharapkan dapat mendukung pemahaman mahasiswa tentang Operasi Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap khususnya dalam hal operasi pembakaran pada Boiler.

Kata Kunci: Simulator, Boiler Subcritical, LabVIEW,

Abstract

The Global Society nowadays were welcoming a new order in the world of industry which was intimately known as Industrial Revolution 4.0 Era. Jump into this new era, not only the industrialist and the businessman were driven to applied the Industrial Revolution 4.0, yet the education world must be moved dynamically as well to preparing competent seeds. In the way to supporting dynamical movement, the learning media now doesn't have to physically form which was requiring expensive procurements cost, but it can be change over to compact form by using a simulator application. The aim of simulator design study was to make a modelling and simulation operation Boiler Combustion in Subcritical type which was refer to Characteristic of Coal Fired Power Plant Boiler Banten 1 Suralaya. The Basis of Simulator design study was built in National Instrument™ LabVIEW software. The Method in the modelling and simulation would be following 3 of the most important element in the operational process of Coal Fired Power Plant Boiler Banten 1 Suralaya, there were Work Instruction; Permit & Trip; and DCS. Work Instruction were used by field operator as a guide to operate boiler step by step, while Permit & Trip are the causal conditions of boiler equipments when it must be run or trip. For User Interface Simulator will be refer to DCS which was installed on Center Control Room Coal Fired Power Plant Boiler Banten 1 Suralaya. Simulator would be presented the operational of ID Fan; PA Fan and FD Fan as a group in Air Supply Section, and also the operational of Daily Fuel Oil, Oil Gun and Pulverizer as a group in Combustion Section. The Process of Combustion in the boiler make use of 11 Combustor layers, which was consists from 4 Oil Gun's Layers and 7 Coal Burner's Layers. With the implementation of the simulator, it was expected could be supporting up the students understanding about Coal Fired Power Plant Operation, especially in the case of boiler combustion operation.

Key Words: Simulator, Boiler Subcritical, LabVIEW.

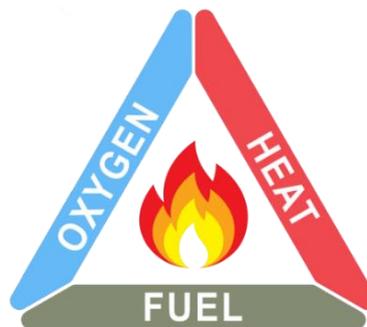
1. PENDAHULUAN

Saat ini media pendukung dalam kegiatan belajar mengajar dalam Operasi Pembangkitan Listrik masih berbentuk fisik yang tentunya memerlukan biaya pengadaan dan perawatan yang cukup tinggi. Untuk dapat mengefektifkan kegiatan belajar yang kondusif maka media yang berbentuk fisik tersebut dapat dialihkan ke dalam bentuk yang lebih ringkas dan dapat mudah dengan mudah dioperasikan oleh siapa saja. Salah satu caranya adalah beralih menggunakan aplikasi simulator. Perancangan simulator bertujuan untuk membuat suatu pemodelan dan simulasi operasi pembakaran pada *Boiler Subcritical* dengan merujuk kepada karakteristik Boiler PLTU Banten 1 Suralaya. Basis perancangan Simulator *Boiler Subcritical* ini menggunakan software National Instrument™ LabVIEW.

2. DASAR TEORI

2.1. TEORI PEMBAKARAN

Boiler dalam fungsinya untuk merubah air menjadi uap dilakukan dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan panas hasil pembakaran bahan bakar. Proses pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Terjadinya pembakaran yang berlangsung harus memenuhi prinsip segitiga api dimana harus ada **unsur bahan bakar, oksigen dan ,pemicu timbulnya api**.



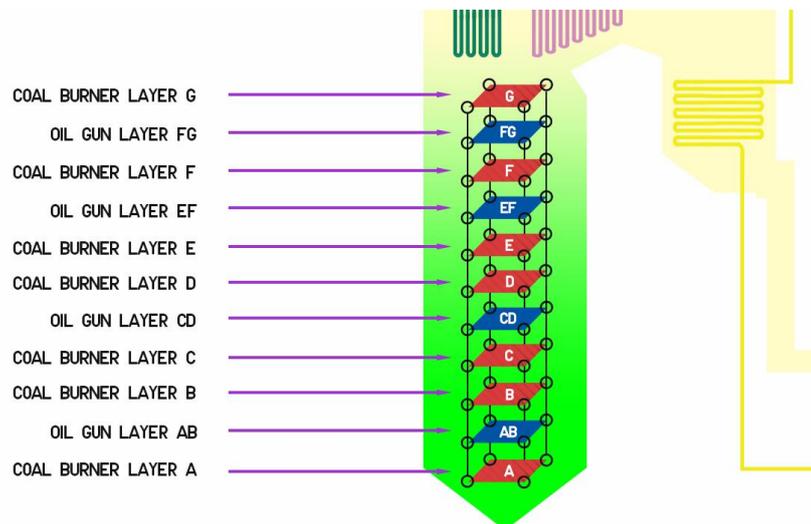
“Gambar 1. Segitiga api”

- a) **Unsur bahan bakar.** Pada umumnya bahan bakar yang digunakan pada boiler PLTU adalah bahan bakar cair dan bahan bakar padat .
 - Bahan bakar cair yang banyak dipakai di PLTU adalah jenis bahan bakar HSD (*High Speed Diesel*). Dalam pengoperasian pembakaran pada boiler, bahan bakar cair digunakan sebagai bahan bakar penyala awal dan pembakaran awal. Persediaan minyak HSD (*High Speed Diesel*) ditampung dalam tangki atau bunker. Penyaluran minyak HSD dari tangki ke alat penyala (*ignitor*) menggunakan pompa. Untuk kesempurnaan proses pembakaran, maka HSD yang disemprotkan ke ruang bakar diatomisasi (dikabutkan) dengan menggunakan uap atau udara.
 - Bahan bakar padat yang banyak dipakai di PLTU adalah batubara dan berfungsi sebagai bahan bakar utama. untuk melayani kebutuhan pembakaran di boiler, batubara ditampung pada *coal bunker*. Pemasokan batubara dari *coal bunker* ke *burner* ruang bakar dilakukan melalui *coal feeder*, *mill / pulverizer*, dan *coal pipe*. *Mill / pulverizer* berfungsi untuk menggerus batu bara sehingga menjadi serbuk (± 200 mesh). Serbuk batu bara ditransfer dari mill menuju *coal burner* melalui *coal pipe* dengan menggunakan hembusan udara primer. Udara primer dihasilkan oleh *Primary Air Fan*.
- b) **Unsur Oksigen.** Pada boiler PLTU fungsi ini dilakukan oleh *Forced Draft Fan*. *Forced Draft Fan* berfungsi sebagai pemasok udara pembakaran, dimana udara ini diambil dari atmosfer dan didistribusikan ke masing-masing *burner* untuk proses pembakaran.

- c) **Pemicu / pemantik api.** Pada proses penyalaan awal, boiler akan menggunakan bahan bakar HSD. Dengan bantuan *ignitor* pada *oil gun* sebagai pemantik apinya, HSD akan terbakar di dalam ruang bakar. Jika proses pembakaran dengan menggunakan HSD dirasa telah stabil, maka serbuk batu bara dapat dimasukkan ke dalam proses pembakaran dengan menghentikan supply HSD. Serbuk batu bara akan terbakar dengan sendirinya di ruang bakar akibat panas (*heat*) yang dihasilkan oleh pembakaran HSD sebelumnya.

2.2. SISTEM PEMBAKARAN PADA BOILER SUBCRITICAL

Instalasi *Boiler Subcritical* PLTU Banten 1 Suralaya memiliki kapasitas beban penuh 625 MW. Pada proses pembakaran menggunakan 11 tingkatan pembakaran yang terdiri dari 4 tingkat *Oil Gun* (tingkat AB; CD; EF; dan FG) dan 7 tingkat *Coal burner* (tingkat A; B; C; D; E; F; dan G). Pada penyalaan mula proses pembakaran dilakukan oleh *Oil Gun* berbahan bakar HSD, kemudian beban Boiler mencapai 300 MW, semua *oil gun* akan berhenti beroperasi dan fungsi pembakaran akan dialihkan kepada *Coal Burner* dengan *supply* serbuk batu bara yang berasal dari masing – masing *Pulverizer*. Tingkatan penyalaan *Coal Burner* berbanding lurus dengan nilai beban boiler. Semakin besar nilai beban yang ingin dicapai, semakin tinggi tingkat *Coal Burner* yang harus dinyalakan.



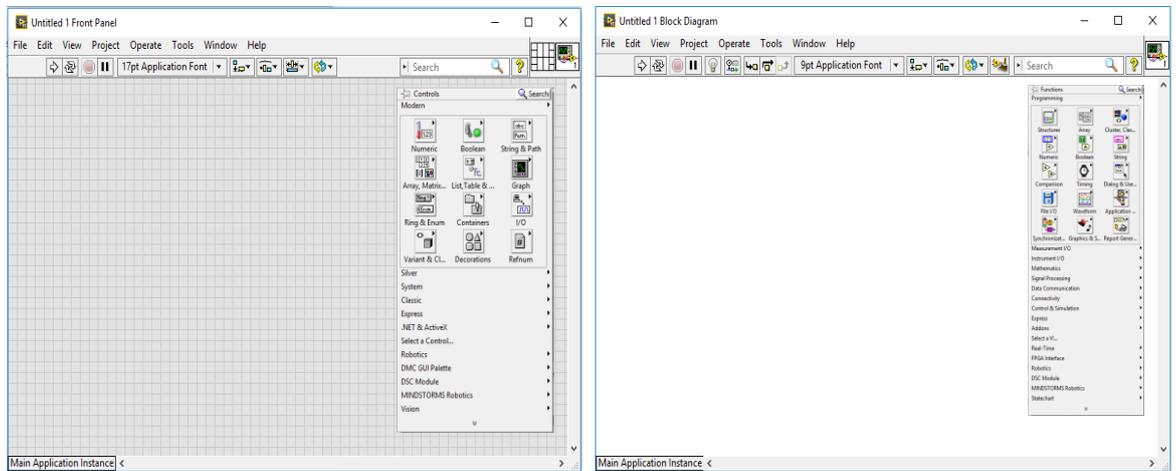
“Gambar 2. Tingkatan pembakaran pada *Boiler Subcritical* PLTU Banten 1 Suralaya”

2.3. SEKILAS TENTANG LABVIEW

LabVIEW adalah perangkat lunak yang diproduksi oleh National Instrument™ yang dapat digunakan untuk merakayasa suatu sistem kedalam bentuk aplikasi yang memerlukan pengujian, pengukuran dan kontrol. LabVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis dan blok diagram. Program LabVIEW dikenal dengan sebutan Vi atau *Virtual instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah instrument. Dalam software LabView terdapat 4 bagian utama yaitu :

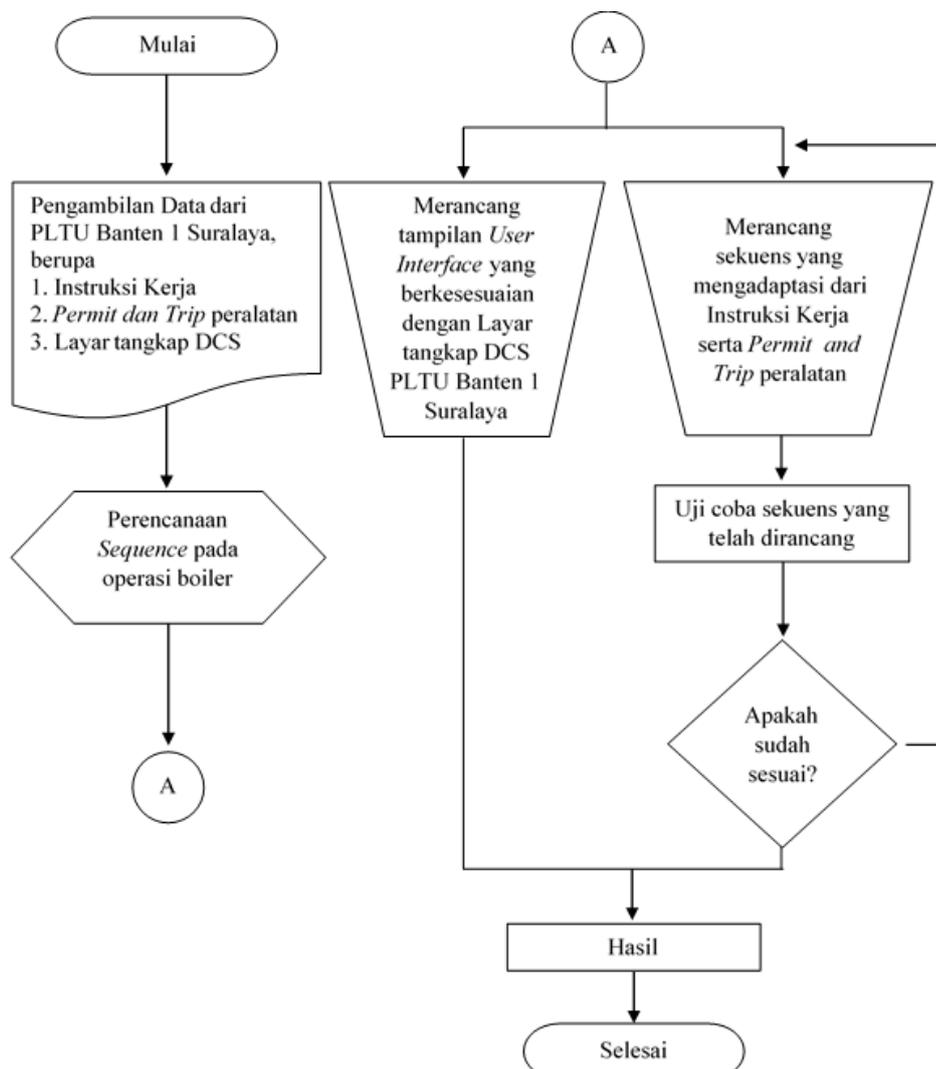
1. *Front Panel*, merupakan panel berlatar abu – abu yang menampilkan kontrol dan indikator untuk menjalankan program.
2. *Block Diagram*, merupakan bagian panel berlatar putih yang menampilkan diagram balok dan kode yang dibuat atas instruksi eksekusi untuk kontrol dan indikator pada *front panel*.
3. *Control Palette*, merupakan sebuah palet berisi beberapa control dan indikator yang hanya tersedia pada *Front Panel*.

4. *Function Palette*, merupakan sebuah palet berisi *tools* yang digunakan untuk membuat sebuah blok diagram. *Function Palette* hanya tersedia pada *Block Diagram*.



“Gambar 3. Dari Kiri Ke Kanan : *Front Panel* beserta *Control Palette*; *Block Diagram* beserta *Control Palette*”

3. METODE PENELITIAN



“Gambar 4. Diagram alir urutan penelitian”

3.1. PENGAMBILAN DATA

Untuk membangun simulator dengan mengadaptasi langkah pengoperasian perangkat aslinya, maka dibutuhkan beberapa data pendukung setidaknya terdapat 3 *item* yakni :

- **Instruksi Kerja**
Instruksi Kerja digunakan operator lapangan sebagai pedoman tahap demi tahap pengoperasian boiler.
- **Permit & Trip**
Merupakan kondisi - kondisi yang menyebabkan peralatan boiler kapan akan bekerja atau mati. Permit & Trip pada penelitian ini merupakan pengganti dari *Logic Sequence* dikaenakan *Logic Sequence* yang ada masih berbahasa Mandarin dan sulit untuk dimengerti. Selanjutnya Permit & Trip ini akan dijadikan acuan perencanaan urutan / *sequence* pengoperasian boiler pada simulator.
- **Antar-muka (User Interface) dari DCS**
DCS atau *Distributed Control System* digunakan untuk pengendalian dan *monitoring* proses produksi yang mempunyai karakteristik dimana proses produksi berlangsung secara kontinu (terus-menerus) dan terdapat banyak proses yang tersebar. Pengendalian dan *monitoring* tersebut dapat dengan mudah dieksekusi melalui komputer kendali. Komputer kendali ini memiliki antar-muka pengguna yang untuk selanjutnya dijadikan bahan acuan untuk merancang antar-muka dalam simulator.

3.2. MERANCANG SEKUENS

Urutan pengoperasian yang telah direncanakan sebelumnya, selanjutnya akan dibangun di dalam area panel *Block Diagram* pada *Software National Instrument™ LabVIEW*.

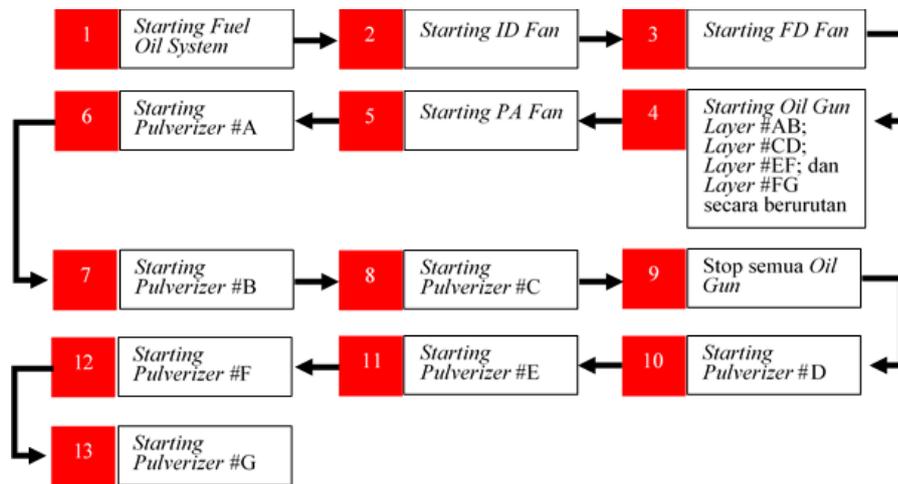
3.3. MERANCANG TAMPILAN ANTAR MUKA PENGGUNA

Simulator dibuat dengan target pengguna adalah kalangan mahasiswa, maka rancangan simulator harus dibuat dengan tampilan anatar muka yang mudah dipahami oleh penggunanya serta menarik untuk digunakan. Antar muka yang dibuat untuk simulator mengadaptasi dari antar muka asli dari *Control Center Room* PLTU Bantern 1 Suralaya dengan beberapa modifikasi. Elemen antar muka dibuat dengan menggunakan *Software Adobe® Photoshop®* untuk selanjutnya disatukan kedalam *Front Panel* pada *Software National Instrument™ LabVIEW*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. SEKUENS DAN ANTAR-MUKA SIMULATOR BOILER

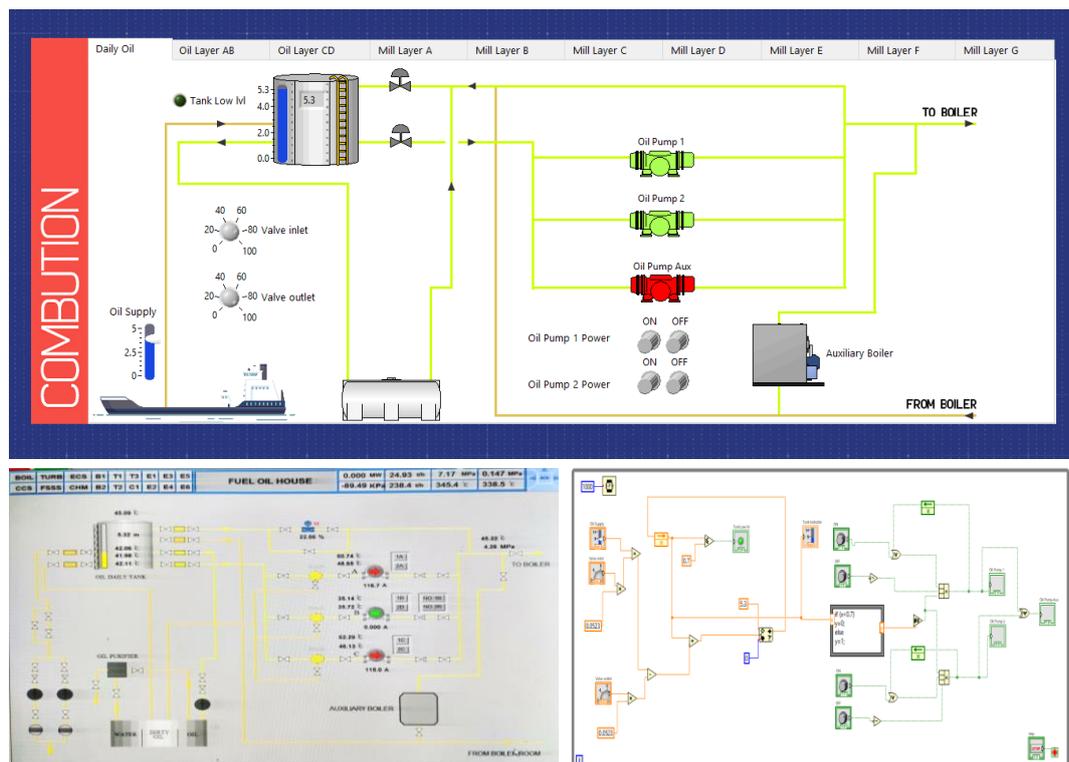
Sekuens atau urutan kerja operasi pembakaran pada Boiler yang digunakan pada simulator mengadaptasi dari Instruksi Kerja serta *Permit and Trip* yang berlaku di PLTU Banten 1 Suralaya. Berikut adalah rancangan sekuens operasi pembakaran yang berlaku di dalam simulator :



“Gambar 5. Diagram alir rancangan sekuens pembakaran pada simulator boiler”

Diagram alir diatas masih dipecah atas urutan pengoperasian pada masing-masing peralatan dengan penjabaran sebagai berikut:

4.1.1. FUEL OIL SYSTEM

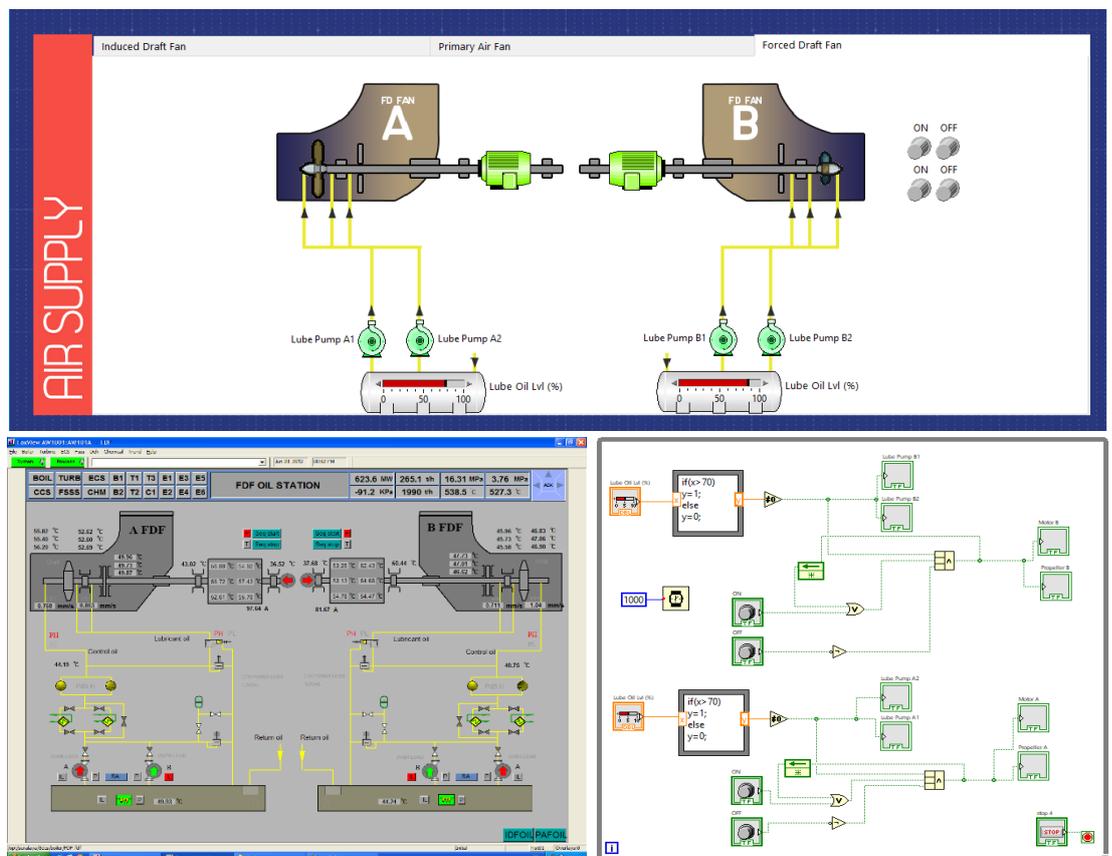


“Gambar 6. Atas: Rancangan tampilan *Front Panel* untuk komponen *Fuel Oil System*;
Kiri : Antar-muka pada monitor DCS PLTU Banten 1 Suralaya;
Kanan : Rancangan tampilan *Block Diagram* untuk komponen *Fuel Oil System*”

Komponen *Fuel Oil System* berfungsi sebagai penyuplai bahan bakar HSD ke setiap masing – masing tingkatan pembakaran oleh Oil Gun. Untuk Sekuens yang berlaku pada komponen *Fuel Oil System* adalah sebagai berikut :

- *Daily Oil Tank* memiliki level ketinggian 5,3 [m]. Tinggi rendahnya level *tank* dipengaruhi oleh : 1) Supply HSD dari Kapal *Oil Tanker* ; 2) Besar bukaan *Valve Inlet*; 3) Besar bukaan *Valve Outlet*.
- Untuk dapat menyalakan *Fuel Oil Pump*, terdapat beberapa persyaratan : 1) level ketinggian *Daily Oil Tank* setidaknya harus mencapai 70%; 2) *Valve Outlet* menuju *Boiler* harus terbuka; 3) *Valve Inlet* saluran balik dari *Boiler* harus terbuka.
- Terdapat 2 *Main Fuel Oil Pump* dan 1 *Fuel Oil Pump Auxiliary*. Untuk mengalirkan HSD ke *Boiler* diperlukan kerja dari 2 *Fuel Oil Pump*, Jika salah satu *Main Fuel Oil Pump* mati, *Fuel Oil Pump Auxiliary* akan menyala secara otomatis.

4.1.2. COMBUSTION AIR SYSTEM

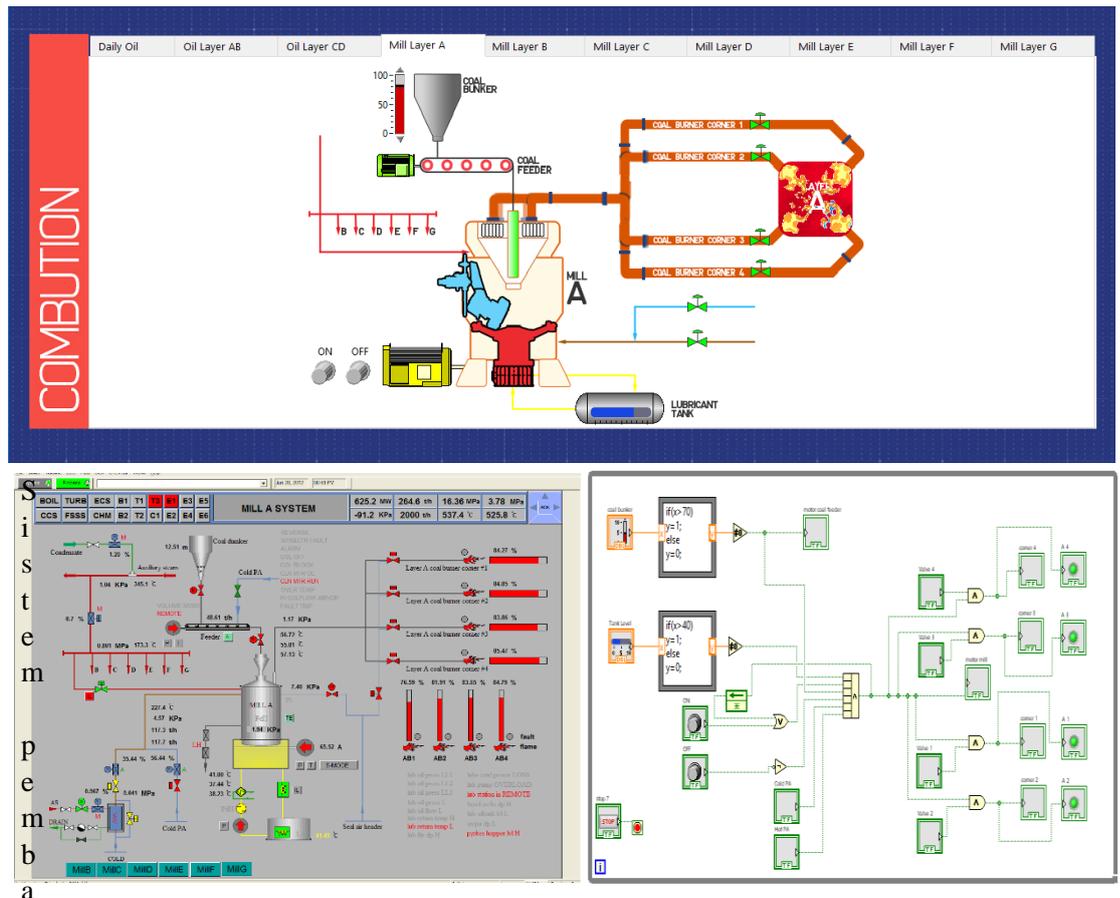


“Gambar 7. Atas: Rancangan tampilan *Front Panel* untuk komponen *FD Fan*;
Kiri : Antar-muka pada monitor DCS PLTU Banten 1 Suralaya;
Kanan : Rancangan tampilan *Block Diagram* untuk komponen *FD Fan*”

Komponen yang bertindak sebagai penyuplai udara pembakaran pada *boiler* adalah *FD Fan*; *PA Fan* dan *ID Fan*. Untuk Sekuens yang berlaku pada sistem udara pembakaran adalah sebagai berikut :

- *ID Fan* harus dinyalakan terlebihdahulu kemudian *FD Fan* dapat dinyalakan.
- *PA Fan* dapat dinyalakan setelah *Oil Gun* menyala.
- Ketiga *Fan* (*ID Fan*; *FD Fan* dan *PA Fan*) memiliki mekanisme operasi yang sama, sebagai contoh untuk *FD Fan* sesuai dengan Gambar 5, motor penggerak dapat menyala jika *Lube Pump Oil* menyala. Sedangkan, *Lube Pump Oil* sendiri menyala jika level *Lube Oil Tank* $\geq 70\%$.

4.1.3. COAL BURNER SYSTEM

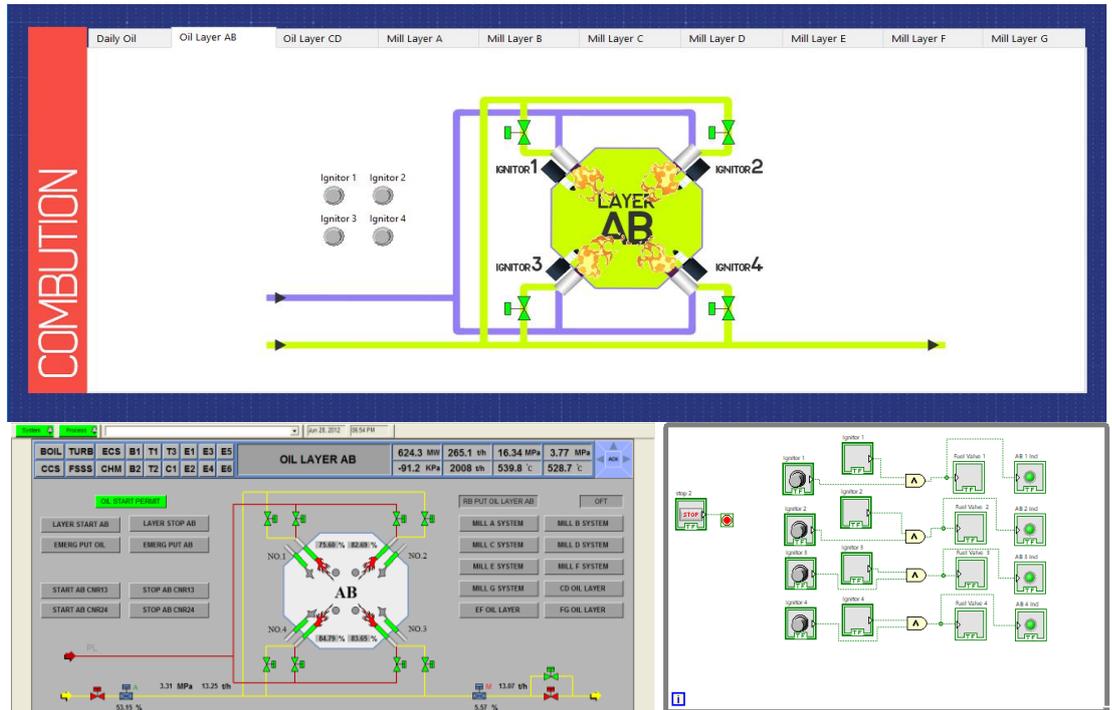


“Gambar 8. Atas: Rancangan tampilan *Front Panel* untuk komponen *Coal Burner #A*;
Kiri : Antar-muka pada monitor DCS PLTU Banten 1 Suralaya;
Kanan : Rancangan tampilan *Block Diagram* untuk komponen *Coal Burner #A*”

karan batu bara memiliki 7 tingkatan yang beroperasi secara berurutan mulai dari *Coal Burner Layer #A* hingga *Coal Burner Layer #G*, tergantung nilai beban Boiler yang ingin dicapai. Sistem ini terdiri dari 3 komponen utama yaitu: 1) *Coal Feeder*, berfungsi mengatur aliran batu bara yang masuk ke dalam *Pulverizer*; 2) *Pulverizer*, berfungsi untuk menghaluskan batu bara hingga berukuran serbuk (200 mesh); 3) *Coal Burner*, berfungsi untuk membakar serbuk batu bara. Ketiganya memiliki mekanisme operasi yang saling berkaitan, yaitu:

- Motor penggerak *Belt Conveyor* pada *Coal Feeder* hanya dapat menyala jika level ketinggian *Coal Bunker* $\geq 70\%$.
- Motor penggerak meja penggiling pada *Pulverizer* hanya dapat menyala jika : 1) Motor penggerak *Belt Conveyor* pada *Coal Feeder* menyala; 2) Level *Lubricant Tank Gear Box* $\geq 70\%$; dan 3) Damper *Hot PA* dan *Cold PA* terbuka.
- Keempat *Valve Coal Burner* hanya dapat dibuka ketika Motor penggerak meja penggiling *Pulverizer* sudah beroperasi.

4.1.4. OIL GUN SYSTEM



“Gambar 9. Atas: Rancangan tampilan *Front Panel* untuk komponen *Oil Gun Layer #AB*;
Kiri : Antar-muka pada monitor DCS PLTU Banten 1 Suralaya;
Kanan : Rancangan tampilan *Block Diagram* untuk komponen *Oil Gun Layer #AB*”

Ketika *Fuel Oil Pump* sudah menyala maka bahan bakar HSD akan disalurkan ke setiap tingkatan pembakaran yang akan dilakukan oleh *Oil Gun (Layer #AB; Layer #CD; Layer EF; dan Layer #FG)*. Ke-empat tingkatan tersebut memiliki operasi yang sama yaitu:

- Ignitor dinyalakan secara berurutan bermula dari *Ignitor Corner #1*; *Ignitor Corner #2*; *Ignitor Corner #3*; dan terakhir *Ignitor Corner #4*.
- *Fuel Valve* dapat dibuka setelah *Ignitor* menyala.

4.2. PARAMETER PEMBAKARAN PADA SIMULATOR

Untuk saat ini parameter pembakaran pada simulator hanya berupa temperatur dan tekanan *main steam* yang berdasar kepada grafik penyalaan *Cold-Start* unit PLTU Banten 1 Suralaya.

Sekuens	Temperatur Main Steam [°C]	Tekanan Main Steam [MPa]	Beban
<i>Starting Oil Gun #AB; #CD; #EF; #FG</i> secara berurutan	24 - 60	0,54 - 1,4	0 – 60 MW
<i>Starting Pulverizer #A</i>	60 - 125	1,4 - 2,9	60 MW – 125 MW
<i>Starting Pulverizer #B</i>	125 - 170	2,9 - 4	125 MW – 170 MW
<i>Starting Pulverizer #C</i>	170 - 350	4 - 8,25	170 MW – 350 MW

PEMBUATAN SIMULATOR GENERATOR DC SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN GENERATOR PADA ENGINE CATERPILLAR C15

Alex Saputra; Emier Muhammad Luthfi; Gusti Utomo Abdullah; Moh. Ifan Bagus Rahman; Fitri
Wijayanti

Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
ifan.muhammad46@gmail.com & fit3wi@gmail.com

Abstrak

Generator merupakan suatu perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada suatu unit generator memiliki komponen utama dalam kinerjanya untuk dapat menghasilkan output sesuai dengan spesifikasinya. Pada umumnya generator menggunakan jenis generator diesel. Engine diesel berfungsi sebagai penggerak utama untuk memutar alternator dan alternator sebagai pembangkit listriknya yang nantinya akan disuplai keperangkat yang membutuhkan energi listrik disaat suplai PLN tidak ada. Pada proses kerjanya, generator memiliki perbandingan antara kecepatan putar pada engine dengan energi listrik yang di hasilkan oleh alternator tersebut. Semakin tinggi putaran yang dihasilkan oleh engine maka energi listrik yang dihasilkan oleh alternator juga besar. Pada program studi alat berat di Politeknik Negeri Jakarta, media bantu pembelajaran masih belum optimal, seperti alat bantu simulator. Simulator merupakan hal penting sebagai media pendukung untuk pembelajaran agar mahasiswa mampu memahami dan menerapkan pembelajaran tersebut dengan nyata seperti apa saja komponen utamanya, fungsinya, dan cara kerja dari alat atau unit tersebut. Penulis merancang sebuah simulator generator DC yang pada prinsip kerjanya mengikuti pada sebuah unit alat berat C15 Caterpillar, yang nantinya akan dapat digunakan untuk dapat mengoptimalkan pembelajaran pada unit generator di program studi ini. Alat ini menggunakan motor listrik sebagai enginnya dan dinamo dc sebagai alternatornya. Kecepatan motor pada simulator ini dapat diatur sehingga kita dapat mengetahui hasil perbandingan antara putaran kecepatan pada motor dengan hasil output listrik pada dinamo listrik. Perbandingan ini dapat kita lihat melalui indikator RPM dan Avometer. Nantinya simulator ini diukur dengan menggunakan beban ataupun tanpa beban pada saat RPM minimum dan maksimum. Hasil Output dari dinamo ini akan dialirkan ke lampu atau dapat digunakan untuk mencharging ACCU.

Kata kunci: Generator DC, Engine Caterpillar C15, Prinsip Kerja

Abstract

Generator is a device that serves to convert mechanical energy into electrical energy. On a generator unit has a major component in its performances to produce output according to its spesification. Generally a generator uses a diesel generator type. Diesel engine serves as a prime mover to rotate the alternator and alternator as a power plant which will be supplied by the needs of the electricity when the supply of PLN does not exist. In the process of work, the generator has a ratio between the speed of rotation on the engine with electric energy generated by the alternator. The higher the rotation generated by the engine then the electric energy generated by the alternator is also large. On heavy equipment study program in State Polytechnic of Jakarta, learning aid media still not optimal, like simulator tool. Simulator is an important thing as a supporting medium for learning so that students are able to understand and apply the learning with real like what are its main component, its function, and how to work from that tool or unit. The author designed a dc generator simulator which in principle works following there is a Caterpillar C15 heavy equipment unit, which will be used to optimize learning on the generator unit in this study program. This tool uses electric motor as engine and dynamo dc as its alternator. Motor speed in this simulator can be arraged so that we can know the result of comparison between speed rotation on motor with result of electrical output at electric dynamo. This comparison can be seen through RPM and avometer indicators. Later, this simulator is measured by using the load or no load at the minimum and maximum RPM. The output of this dynamo will be flown to the lamp or can be used to charge the batteries.

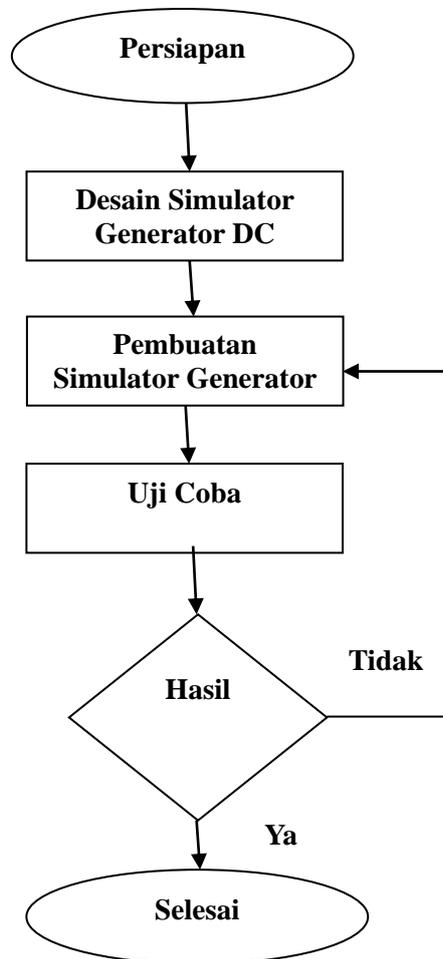
Keywords: DC Generator, Engine Caterpillar C15, Work Principle

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Peran media pembelajaran sangat diperlukan dalam hal peningkatan mutu pendidikan. Secara umum media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat menyalurkan pesan, dapat merangsang pikiran, perasaan, dan kemauan peserta didik sehingga dapat mendorong terciptanya proses belajar pada diri peserta didik. Generator adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Anthony, 2013). Perangkat ini bekerja dengan cara mengubah gerakan putar menjadi arus listrik, melalui medium medan magnet dan kumparan. Arus listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik ketika suplai listrik dari PLN tidak ada. Generator adalah mesin yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik (Zuhal, 1991). Secara sederhana prinsip generator adalah apabila konduktor digerakkan pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya maka tegangan akan diinduksikan pada generator. Generator menghasilkan tenaga listrik dengan cara memutar kumparan di dalam medan magnet dimana antar ujung penghantar disambung. Adapun yang mempengaruhi besarnya tenaga listrik atau gaya gerak listrik yang dihasilkan adalah kecepatan magnet dalam menginduksi kumparan, banyaknya jumlah kumparan atau lilitan, dan kekuatan magnet yang dikeluarkan. Sebagai mahasiswa jurusan teknik mesin dengan program studi teknik alat berat, maka sudah menjadi keharusan bagi penulis untuk mengetahui prinsip kerja dari generator untuk mengubah gerakan putar dari engine menjadi arus listrik yang dihasilkan oleh generator. Sehubungan dengan hal tersebut maka penulis ingin menjadikan **“Rancang Bangun Simulator Generator DC Sebagai Pendukung Media Pembelajaran Generator pada Engine Caterpillar C15”** sebagai judul pada tugas akhir. Simulator ini bertujuan sebagai salah satu media pembelajaran untuk mengetahui cara kerja generator menghasilkan listrik dengan merubah gerakan putar hingga menjadi arus listrik. Simulator ini menggunakan motor listrik sebagai pengganti *engine* yang berfungsi sebagai penggerak utamanya, dinamo listrik sebagai alternator yang berfungsi sebagai penghasil arus listriknya, dan untuk *outputnya* dapat difungsikan untuk mengisi ACCU dan untuk menyalakan lampu.

II. METODE PENELITIAN



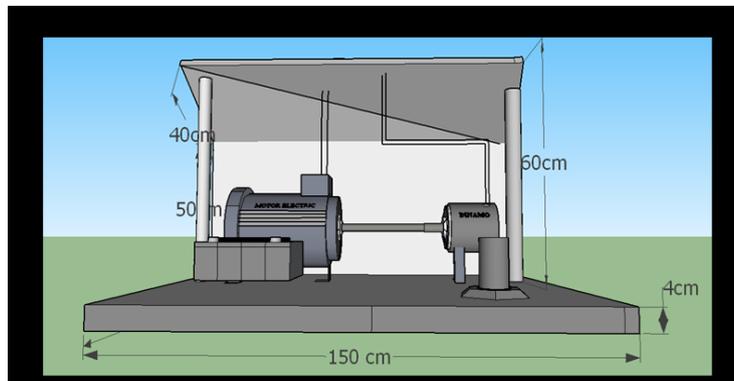
Berikut adalah penjelasan mengenai diagram alir dari pembuatan simulator generator ini:

1. Persiapan

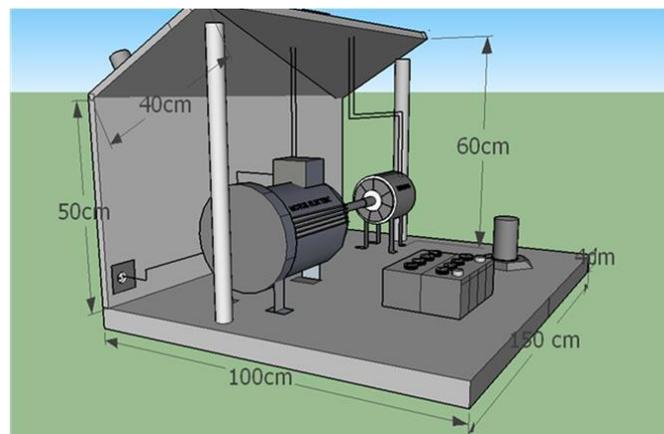
Pada tahap ini, dipersiapkan peralatan dan bahan-bahan yang diperlukan selama proses pembuatan, pengujian, dan uji coba.

2. Desain Simulator Generator DC

Langkah selanjutnya adalah desain simulator dengan menggunakan aplikasi *software* sketch-up 2017.



Desain Simulator Tampak Depan



Desain Simulator Tampak Samping

3. Pembuatan Simulator Generator DC

Pada tahap ini dilakukan perakitan bahan-bahan yang sudah disiapkan dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan sebelumnya. Bahan-bahan yang digunakan diantaranya motor listrik, dinamo AC, *rectifier*, PWM (*Pulse Width Modulation*), lampu DC, *adjustable coupling*, kabel, dan *switch*.

4. Uji Coba

Uji coba yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah simulator ini dapat bekerja dengan baik dan dapat menghasilkan tegangan. Berikut adalah data-data yang harus dilengkapi dalam uji coba:

- a. Voltase yang keluar pada saat RPM minimum (tanpa beban)
- b. Voltase yang keluar pada saat RPM dinaikkan 50% dari maksimum (tanpa beban)
- c. Voltase yang keluar pada saat RPM maksimum (tanpa beban)
- d. Voltase yang keluar pada saat RPM minimum (dengan beban)
- e. Voltase yang keluar pada saat RPM dinaikkan 50% dari maksimum (dengan beban)
- f. Voltase yang keluar pada saat RPM maksimum (dengan beban)

5. Hasil

Jika hasil dari uji coba tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka simulator dikatakan tidak lulus uji dan harus dilakukan evaluasi dan perbaikan agar dapat sesuai dengan yang diharapkan.

6. Selesai

Apabila hasil dari simulator sudah sesuai dengan yang diharapkan, maka proses pembuatan simulator generator dc sudah selesai dan simulator dapat digunakan sebagai media pembelajaran di Politeknik Negeri Jakarta pada umumnya dan Program Studi Alat Berat khususnya.

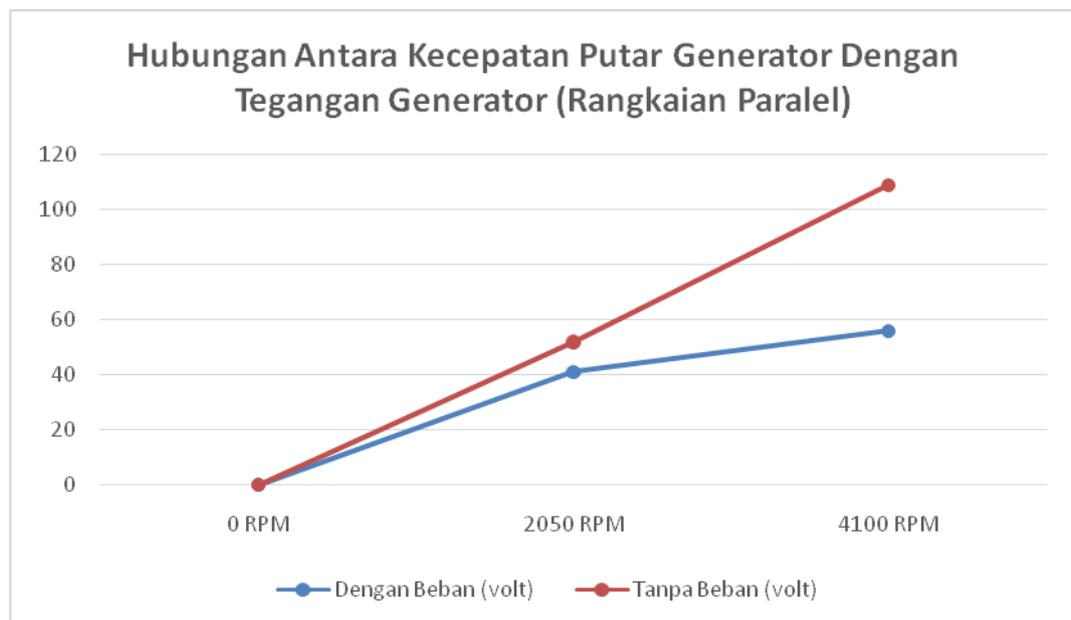
III.HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Pada Rangkaian Paralel

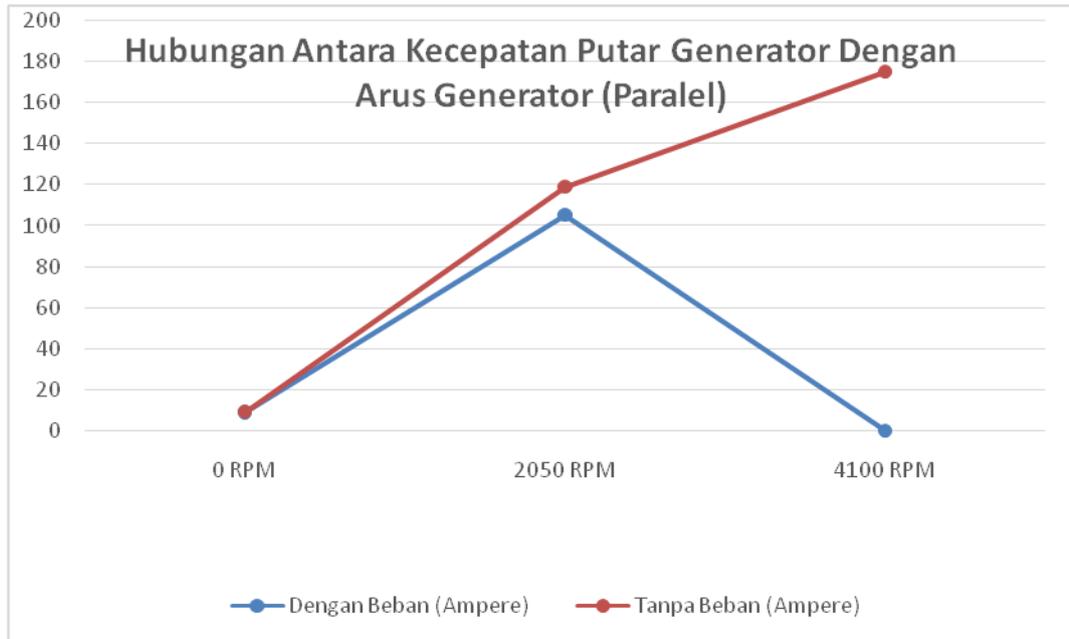
Selama proses pengujian, penulis menggunakan motor dc dengan sumber tenaga listrik dari ACCU 12V. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan jenis rangkaian paralel yang dilakukan dalam kecepatan yang bervariasi yakni kecepatan minimum (0 RPM), 50% (2.050 RPM), dan maksimum 100% (4.100 RPM). Pengujian ini dilakukan selama 60 detik. Berikut tabel hasil dari pengujian yang penulis lakukan.

Hasil Uji Coba Simulator (Rangkaian Paralel)						
RPM	Tanpa Beban			Dengan Beban		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Output (VA)	Tegangan (V)	Arus (A)	Output (VA)
0 RPM (Minimum)	0 V	9 mA	0 VA	0	9 mA	0 VA
2.050 RPM (50%)	52 V	119 mA	6,188 VA	9 V	105 mA	0,945 VA
4.100 RPM (Maksimum)	109 V	175 mA	19,075 VA	11 V	0 mA	0 VA

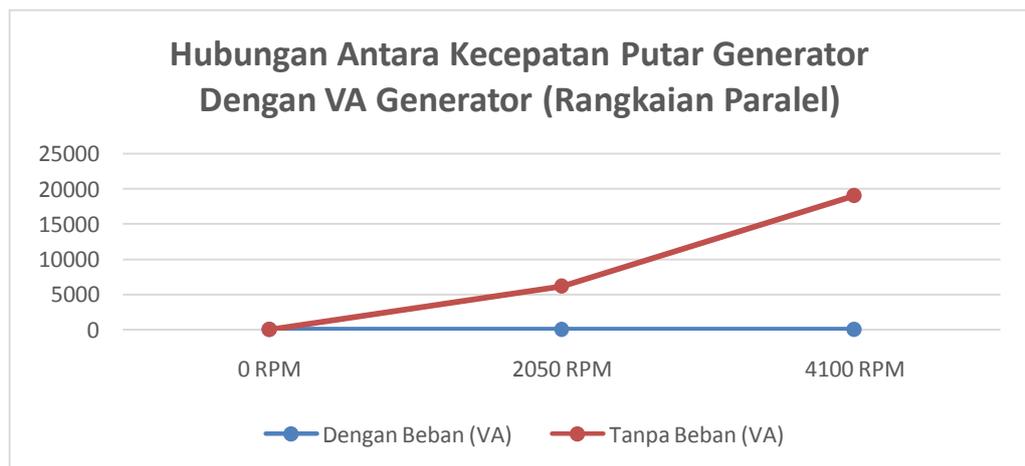
Tabel. 1 Hasil Uji Coba Simulator Rangkaian Paralel



Grafik. 1 Hubungan antara Kecepatan Putar Generator dengan Tegangan Generator



Grafik. 2 Hubungan antara Kecepatan Putar Generator dengan Arus Generator

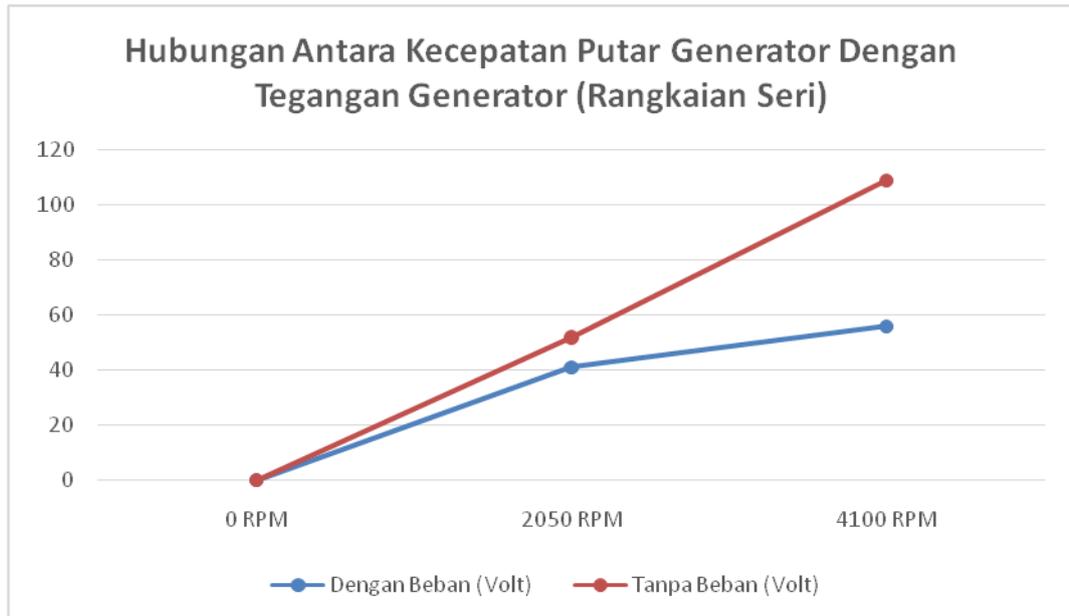


Grafik. 3 Hubungan antara Kecepatan Putar Generator dengan VA Generator

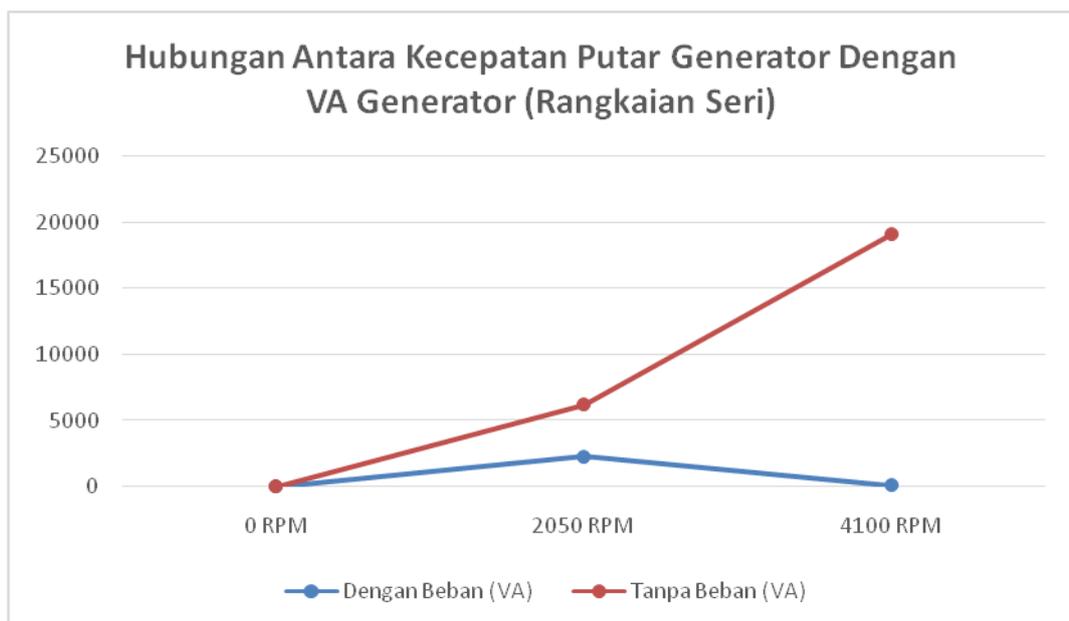
Selain melakukan uji coba dengan rangkaian paralel, penulis juga melakukan pengujian menggunakan rangkaian seri dengan perlakuan kecepatan yang sama dengan pengujian pada rangkaian paralel. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan pada simulator.

Hasil Uji Coba Simulator (Rangkaian Seri)						
RPM	Tanpa Beban			Dengan Beban		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Output (VA)	Tegangan (V)	Arus (A)	Output (VA)
0 RPM (Minimum)	0 V	9 mA	0 VA	0 V	0 mA	0 VA
2.050 RPM (50%)	52 V	119 mA	6,188 VA	41V	55 mA	2,255 VA
4.100 RPM (Maksimum)	109 V	175 mA	19,075 VA	56 V	120 mA	6,72 VA

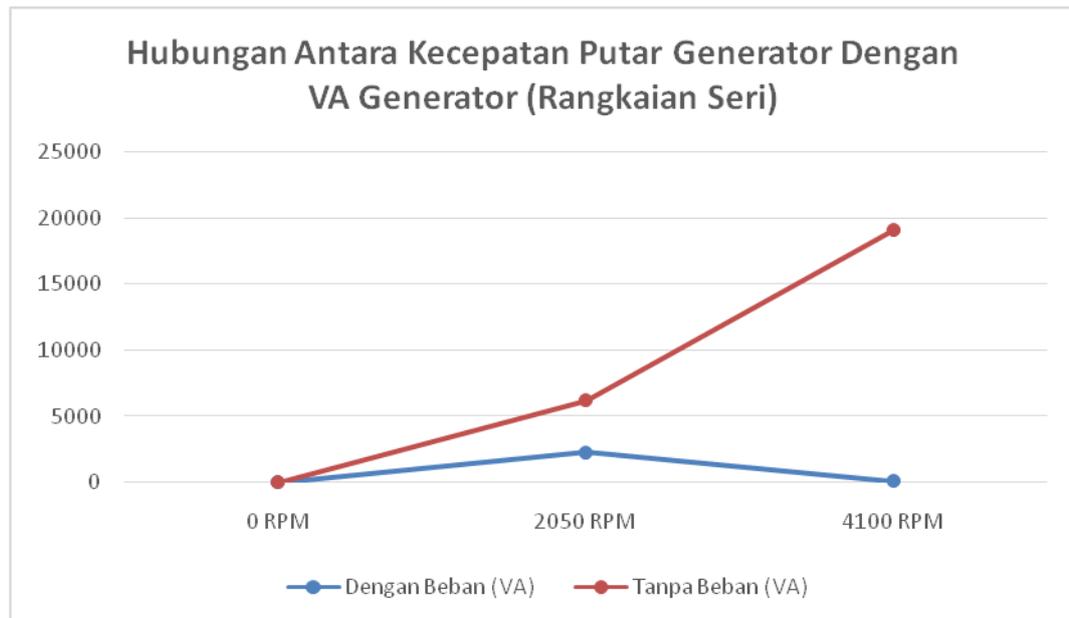
Tabel. 2 Hasil Uji Coba Simulator Rangkaian Seri



Grafik. 4 Hubungan antara Kecepatan Putar Generator dengan Tegangan Generator



Grafik. 5 Hubungan antara Kecepatan Putar Generator dengan Arus Generator



Grafik. 6 Hubungan antara Kecepatan Putar Generator dengan VA Generator

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, kecepatan motor sangat berpengaruh untuk memutarakan dynamo tersebut. Semakin cepat dynamo di putar maka akan semakin besar juga output yang di hasilkan. Kecepatan motor juga di pengaruhi oleh pemasukan tegangan dari accu, semakin tinggi tegangan accu yang dipakai maka semakin besar juga putaran pada motor. Hasil uji simulator tersebut menghasilkan tegangan yang bervariasi dan signifikan naiknya hingga mencapai 109 Volt pada kecepatan maksimal dan menggunakan accu 12V. Dari hasil tersebut juga dapat di perkirakan bahwa output bisa mencapai 300V lebih jika menggunakan accu 36V. Namun, ampere yang di hasilkan dari output dynamo tersebut masih terbilang cukup kecil di karenakan dynamo yang di pakai merupakan jenis dynamo miniature yang ukurannya kecil sehingga menghasilkan arus yang tidak terlalu besar. Hal ini menjadi berpengaruh pada daya yang di dapatkan (VA).

IV. KESIMPULAN

- Rangkaian yang paling sesuai untuk simulator generator ini adalah rangkaian seri.
- Adapun variabel-variabel penting agar simulator ini dapat bekerja dengan baik adalah Tegangan/Volt (V), Kuat Arus/Ampere (A), dan Watt (VA/W).
- Cara kerja simulator ini adalah dengan menggunakan ACCU sebagai sumber tenaga untuk motor listrik. Kemudian motor listrik di *couple* dengan dinamo/generator untuk menghasilkan arus, arus yang dihasilkan adalah AC karena dinamo/generator yang digunakan berjenis AC. Untuk mengubah arus AC tadi menjadi DC maka diperlukan *rectifier*. Setelah dirubah menjadi arus DC, maka selanjutnya *output* arus akan dibebankan ke lampu DC.

V. DAFTAR PUSTAKA

Gunawan, Achmad dkk. 2010. DC Generator. Ekstensi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Depok.

Saputra, Wan Novri dkk. 2016. *Prototype Generator DC Dengan Penggerak Angin*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Lampung. Bandar Lampung

Muaffa, Annasa Amalia. 2010. Pengaruh Kuat Medan Magnet dan Kecepatan Rotor Terhadap Tegangan yang Dihasilkan Generator Arus Bolak-Balik Leybold TPS2.5. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

PPPPTK IPA.

Generator, Generator Arus Searah, <http://repository.usu.ac.id>, diakses pada tanggal 25 Februari 2018.

<https://sis.cat.com>

RANCANG BANGUN ALAT PENYIMPAN DAYA DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI MAGNETIK

M.Eraz Aufarrahman I.¹, Satria Prayoga¹, Taufik Ramadhan¹, Jauhari Ali², Dino Agung Adha²

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

Email : erazaufarrahman@gmail.com

Abstrak

Salah satu permasalahan yang sering timbul ketika dalam perjalanan mendaki gunung adalah daya baterai ponsel yang habis sebelum sampai tempat tujuan. Kapasitas baterai yang ada saat ini kurang cukup untuk memenuhi kebutuhan untuk dipakai sehari penuh. Oleh karena itu, dalam makalah ini menyajikan sebuah alat penyimpanan daya dengan memanfaatkan gaya magnetik dimana dalam pengisian baterai tidak dibutuhkan sumber listrik dari stop kontak. Metodologi penelitian ini yaitu merancang dimensi alat secara keseluruhan dan merancang roda magnetik sehingga bisa menggerakkan Motor DC. Selanjutnya menentukan bahan-bahan yang akan digunakan. Proses selanjutnya yaitu melakukan fabrikasi alat tersebut. Desain alat dibuat dibuat ringkas dan mudah dibawa agar memudahkan para pendaki untuk menyimpan alat ini. Alat ini mengubah energi gerak menjadi listrik yang bersumber dari putaran roda perpetual magnetik. Pengisian baterai dilakukan selama rotor magnetik berputar, putaran rotor disalurkan pada motor DC dengan menggunakan pulley dan sabuk. Daya listrik disimpan pada baterai akan digunakan sebagai cadangan baterai ponsel. Hasil dari rancang bangun ini menghasilkan powerbank dengan kapasitas 1000 mAh dan dapat mengisi daya baterai ponsel sesuai dengan spesifikasi baterai ponsel tersebut.

Kata kunci: Ponsel Pintar, Bank Daya, Listrik

Abstract

One of the problems that rises up among the hikers during their hiking activity is that smartphone battery capacity is dried out before even reach the end of the journey. The capacity of nowadays' smartphone's battery wasn't enough to fulfil the need for the day. Therefore this paper presented a power storage device that utilize magnetic force which the recharging of the powerbank's battery doesn't need power from power plug. The methodology of this design was designing the dimension of the powerbank and designing the magnetic wheel so that it will rotate the DC motor at designated speed. Next was determining the material which would be used during the fabrication. Next step is the fabrication of the powerbank. The design is made to be compact so that hikers will carry it easily. This instrument transform the motion energy into electrical energy sourced from the rotation of magnetic perpetual wheel. The battery recharging process occurred during the magnetic rotor rotating, the rotation then transferred into the DC motor as electrical energy supply. The power then stored in a rechargeable battery used as the backup power of the phone battery. The result of this design is a powerbank that can recharge its battery possibly without the need of power plug and also recharge the battery of the smartphone.

Keyword : Smartphone, Power bank, Electric

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era globalisasi seperti saat ini, *smartphone* merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Berdasarkan survey dari *International Data Corporation* terhadap 50.000 orang di 25 negara, baterai merupakan faktor penting seseorang untuk menentukan pilihannya terhadap *smartphone* yang akan dibeli. Kehidupan manusia tidak bisa lepas dari *smartphone* karena kehidupan sosial manusia tidak sebatas di dunia nyata saja, melainkan juga di dunia maya dimana manusia bisa berkomunikasi dengan manusia lainnya tanpa terbatas oleh jarak. Selain kehidupan sosial *smartphone* juga dapat membantu manusia, baik untuk memasak, menonton film, bermain *game* hingga mencari suatu lokasi menggunakan peta. Namun spesifikasi baterai *smartphone* yang ada saat ini kurang mencukupi. Dengan segala kebutuhan manusia saat ini terhadap penggunaannya, *smartphone* umumnya hanya tahan selama 5 jam pemakaian *screen-on time* dan 8 jam waktu *standby*.

Sebagaimana telah disinggung sebelumnya, manusia membutuhkan *smartphone* untuk menunjukkan arah. Dalam pendakian gunung, *smartphone* tidak hanya menunjukkan arah dalam perjalanan. *Smartphone* juga dapat memberikan informasi tentang posisi ketinggian pendaki dari permukaan laut, memantau bahaya yang suatu saat bisa saja terjadi dalam pendakian, sebagai senter untuk menerangi perjalanan, dan untuk mengetahui kondisi cuaca di sekitar. Dengan perjalanan yang terkadang memakan waktu berhari-hari tentunya baterai *smartphone* membutuhkan cadangan untuk mengisi kembali dayanya.

Power Bank dapat menjadi solusi untuk cadangan baterai tersebut. *Power Bank* adalah sebuah alat untuk menyimpan daya listrik. Saat dibutuhkan *Power Bank* dapat digunakan untuk menyalakan berbagai peralatan listrik. Namun kebutuhan utama *Power Bank* saat ini adalah sebagai cadangan baterai untuk *smartphone*. Saat ini sumber listrik untuk pengisian daya *Power Bank* hanya dari energi listrik dan energi matahari. Oleh karena itu *Power Bank* dengan sumber energi dari tenaga magnet yang terhubung ke motor DC dibutuhkan sebagai alternatif dari teknologi yang ada.

Motor DC mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetis. Alat ini merupakan generator yang berkapasitas kecil tergantung dari spesifikasinya. Tegangan yang dihasilkan motor DC bergantung kepada besarnya putaran rotor magnet yang memutar motor DC. Semakin besar putaran maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan^[1]. Pada saat berputar dengan kecepatan ratingnya, tegangan yang dapat dihasilkan 5 V. Apabila daya pada baterai *power bank* sudah habis maka diperlukan pengisian ulang. Oleh karena itu alat ini menjawab kebutuhan dari pengisian baterai *power bank*.

Salah satu permasalahan dalam pembahasan ini adalah keterbatasan sumber energi listrik di kawasan pegunungan, maka dibutuhkan alternatif energi yang tidak tergantung dari PLN. Motor DC mengubah energi gerak menjadi listrik yang bersumber dari putaran perpetual magnetik, maka besar keluaran dari Motor DC bergantung dari putaran rotor magnetik.

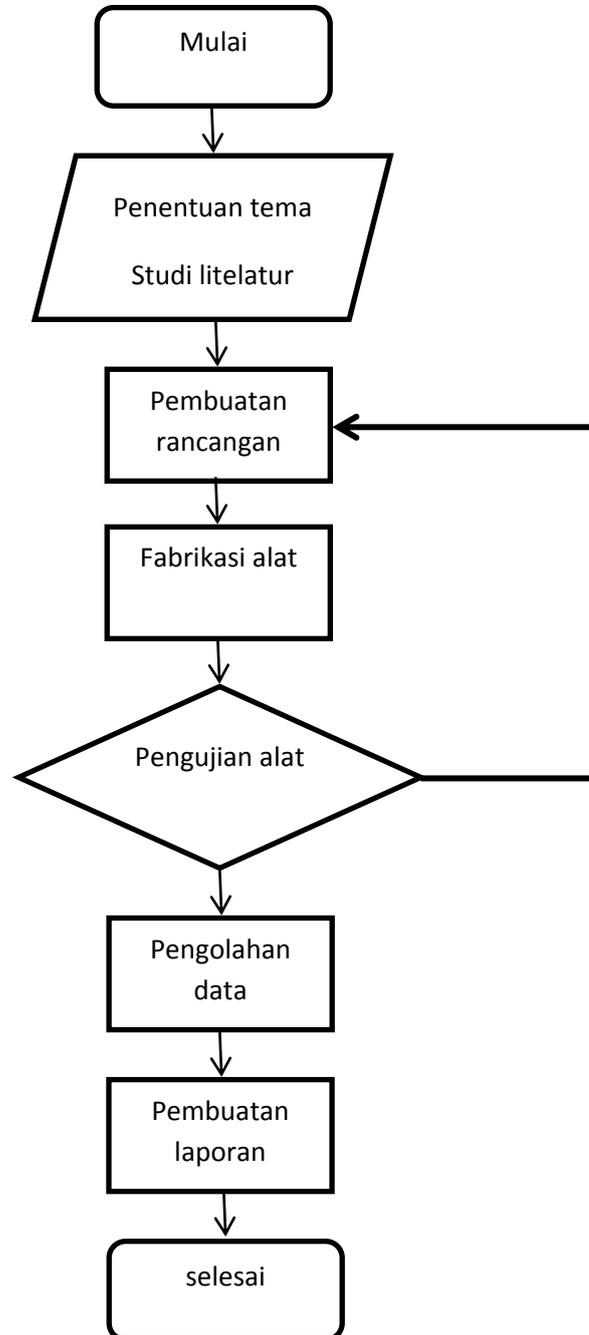
1.2. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penelitian yang dilaksanakan antara lain :

- Dapat melakukan rancang bangun *Power Bank* yang dapat mengisi dayanya tanpa membutuhkan stop kontak dan dengan kapasitas baterai 1000 mAh.
- Dapat mengisi daya baterai *smartphone*.
- Dapat menyediakan alternatif sumber energi dari *power bank* konvensional.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir metodologi rancang bangun *Power Bank* secara umum adalah :

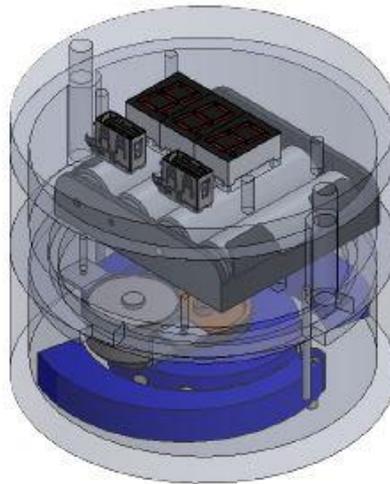


Metodologi yang dilaksanakan dapat digambarkan dengan *flowchart* tersebut. Tema didapat setelah berkonsultasi dengan dosen terkait. Setelah berkonsultasi dengan dosen pembimbing tema yang ditentukan adalah sebuah alat penyimpan daya yang memanfaatkan gerakan perpetual yang dihasilkan oleh gaya magnet yang terhubung dengan motor DC untuk pengisian daya baterai.

Studi literatur dilaksanakan dengan membaca jurnal-jurnal ilmiah internasional yang tersedia di internet serta membaca buku tentang teori-teori elektronika dasar.

Setelah melaksanakan studi literatur, selanjutnya adalah membuat design dari alat tersebut. Pada tahapan ini ditentukan dimensi keseluruhan dari alat, baik dari badan *casing* maupun design *layout* dari roda magnetik, motor DC dan penempatan baterai penyimpan daya. Design dari alat dibuat dengan aplikasi

Solidworks 2017. Pengumpulan data yang dibutuhkan yaitu tegangan yang dihasilkan motor DC dilakukan dengan trial. Motor DC yang telah dipasangkan dengan pulley diikatkan benang kemudian ditarik untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan oleh motor dengan RPM tertentu. Kemudian pembelian bahan dan fabrikasi dari alat. Setelah alat selesai difabrikasi kemudian diuji apakah dapat mencapai tujuan atau tidak. Apabila alat belum sesuai maka rancangan akan ditinjau kembali dan akan diubah dirancangan yang bermasalah untuk difabrikasi dan diuji kembali. Apabila telah sesuai maka data hasil pengujian akan diolah dan dituangkan dalam bentuk laporan.



Gambar. 1 Desain Rancangan Alat

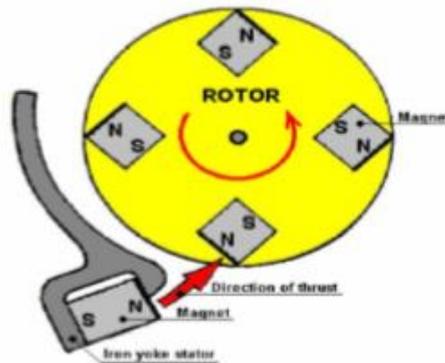
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gerak Perpetual dengan Gaya Magnet

Pada Rancang Bangun ini konsep dasar yang digunakan salah satunya adalah gerak perpetual, dimana suatu benda apabila diatur pada suatu kondisi untuk bergerak maka benda akan terus bergerak tanpa membutuhkan gaya tambahan^[2].

Prinsip yang digunakan dalam membangkitkan listrik dengan tenaga magnet pada dasarnya sama dengan pembangkitan energi dengan sumber tenaga lain seperti diesel, angin, air, dan matahari. Sumber tenaga, baik itu angin, air, diesel atau matahari menyebabkan suatu generator memutar turbin sehingga menghasilkan listrik. Perbedaannya adalah dalam energi magnetik sumber utamanya adalah medan elektromagnetik yang didapat secara bebas. Magnet dan gaya magnet menyebabkan gerakan perpetual yang memutar motor DC.

Prinsip perpetual dengan gaya magnet dipilih karena biaya yang dikeluarkan relatif lebih murah dan lebih mudah untuk difabrikasi dibandingkan dengan prinsip perpetual lainnya.



Gambar. 2 Prinsip Kerja Perpetual Magnet

3.2. Motor DC

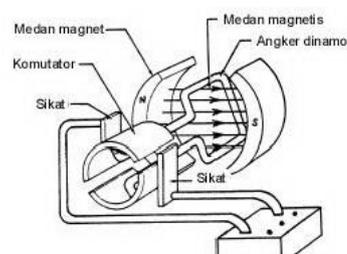
Motor dibedakan menjadi dua yaitu, motor arus searah (DC) dan motor arus bolak-balik (AC). Pada prinsipnya motor listrik DC menggunakan fenomena elektromagnet untuk bergerak, ketika arus listrik diberikan ke kumparan, permukaan kumparan yang bersifat utara akan bergerak menghadap ke magnet yang berkutub selatan dan kumparan yang bersifat selatan akan bergerak menghadap ke utara magnet. Saat ini, karena kutub utara kumparan bertemu dengan kutub selatan magnet ataupun kutub selatan kumparan bertemu dengan kutub utara magnet maka akan terjadi saling tarik menarik yang menyebabkan pergerakan kumparan berhenti. Bagian motor yang berputar disebut rotor. Bagian motor yang tidak bergerak disebut stator. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan.

Pada motor DC terdapat 2 jenis, diantaranya yaitu :

- Brushed : Motor jenis ini menghasilkan medan magnet pada rotor (bagian yang berputar) dengan melewati arus listrik melalui komutator dan sikat karbon, maka dari itu istilah "Brushed/Sikat". Medan medan stators (medan stasioner) dihasilkan dengan menggunakan medan belitan stator atau dengan magnet permanen. Umumnya brushed motor DC yang murah, kecil dan mudah dikontrol.

- Brushless : Motor jenis ini menghasilkan medan magnet di rotor dengan menggunakan magnet permanen yang terpasang padanya dan pergantian dilakukan secara elektronik. Mereka umumnya lebih kecil tapi lebih mahal daripada motor DC tipe Brushed konvensional karena mereka menggunakan "efek Hall" di stator untuk menghasilkan rangkaian rotasi stator medan yang dibutuhkan namun memiliki karakteristik torsi / kecepatan yang lebih baik, lebih efisien dan memiliki masa pakai yang lebih lama. dari jenis Brushed setara.

Dalam rancang bangun ini kami menggunakan motor DC brushed karena harganya yang relatif lebih murah dan juga mudah didapat



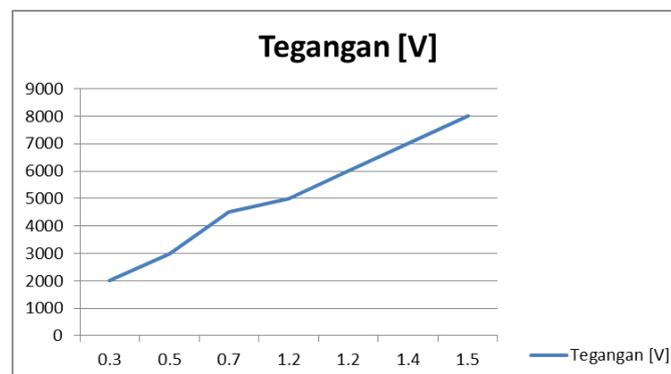
Gambar. 3 Konstruksi Motor DC sederhana

3.2.1. Hasil Pengujian Tegangan Motor

Untuk mengetahui berapa tegangan yang dihasilkan oleh motor DC, perlu dilakukan pengujian terhadap kecepatan putar dari motor. Setelah dilakukan uji coba untuk mengetahui berapa tegangan motor yang dihasilkan berdasarkan RPM tertentu didapat data sebagai berikut :

Tabel. 1 Hasil Uji Tegangan motor [V] terhadap RPM

No.	RPM	Tegangan [V]
1	2000	0.3
2	3000	0.5
3	4500	0.7
4	5000	1.2
5	6000	1.2
6	7000	1.4
7	8000	1.5



Gambar. 4 Grafik Tegangan Motor Terhadap RPM Motor

Persamaan yang digunakan dalam mencari RPM motor adalah :

$$n = \frac{360}{t} \cdot x \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Keterangan :

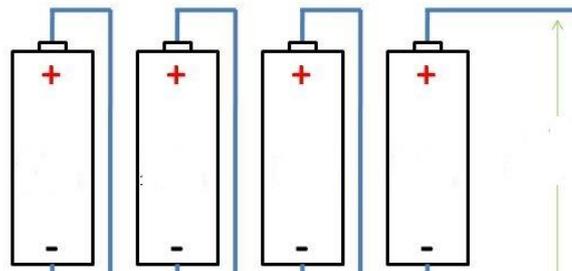
n= Kecepatan putaran motor [RPM]

t = Waktu saat benang mulai memutar pulley hingga terakhir menyentuh pulley [s].

x = Jumlah lilitan benang di Pulley.

3.3. Baterai

Baterai adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Jenis baterai yang kami gunakan yaitu baterai Li-Ion. Baterai Li-Ion memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan juga lebih ringan sekitar 30% serta menyediakan kapasitas yang lebih tinggi sekitar 30% jika dibandingkan dengan Baterai Ni-MH. Spesifikasi baterai *rechargeable* yang kami pakai adalah arus 1000 mA dan tegangan 1.2 V. Spesifikasi untuk pengisian daya baterai *smartphone* adalah 3,7 V 1 A. Dengan spesifikasi tersebut agar didapat tegangan yang sesuai dengan spesifikasi maka baterai akan disusun secara seri.



Gambar. 5 Ilustrasi Rangkaian Seri Baterai

Persamaan untuk menentukan tegangan dari baterai yang diperoleh dengan cara seri yaitu :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad \text{[Persamaan.2]}$$

Keterangan :

V = Tegangan output total dari rangkaian baterai [V]

V_n = Tegangan baterai yang dirangkai [V]

$$V = 1.2 + 1.2 + 1.2 + 1.2$$

$$V = 4.8 \text{ [V]}$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa semakin cepat putaran roda magnet semakin tinggi tegangan yang dihasilkan oleh motor sehingga dapat mengisi daya baterai *power bank*. Selain itu terpenuhinya tujuan lain yaitu dapat terisinya daya baterai *smartphone* dengan kapasitas 1000 mAh.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesaikannya penyusunan makalah ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terhadap dukungannya kepada Bapak Jauhari Ali, Drs., S.T. dan Bapak Dino Agung Adha, S.T., M.T. selaku pembimbing atas ilmu, bimbingan, dan arahnya hingga selesainya makalah ini. Selain itu kami juga ingin berterima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung atas terselesaikannya makalah ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zuhail, "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya", Jakarta, 2000
- [2] D. Tsaousis, "Perpetual Motion Machine", Journal of Engineering Science and Technology Review 1 (2008) 53-57.

PERANCANGAN SISTEM KENDALI BERBASIS PLC PADA MESIN CORE DI PT. BAKRIE AUTOPARTS

Fathurrahman Santosa, Zaki Maulana Irfan, Sonki Prasetya, Suyitno Gatot

Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. Dr. G.A

Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424 Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034,

fathur.santosa@yahoo.com

zakimaulanairfan@gmail.com

Abstrak

Dalam industri pengecoran logam seperti di PT. Bakrie Autoparts sangat bergantung pada mesin penunjang produksi, salah satunya yaitu Mesin Core. Mesin Core adalah mesin pencetak profil untuk membuat kebutuhan profil inti pengecoran logam. Kondisi saat ini Mesin Core masih dioperasikan secara manual. Suatu pekerjaan monoton bagi operator disamping berisiko terhadap kepresisian hasil produksi. Karenanya sistem kendali otomatis guna meningkatkan produktivitas dan kualitas profil yang dihasilkan sangatlah diperlukan. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan otomasi tersebut yaitu dengan mengaplikasikan pengendali Programmable Logic Controller (PLC) Schneider Smart Relay. Pembuatan sistem kendali ini meliputi perancangan dan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras terdiri dari mendesain panel box dan wiring diagram. Sementara perancangan perangkat lunak ini terbagi menjadi dua yaitu perancangan ladder diagram untuk program mesin dan perancangan ladder diagram untuk simulasi. Tujuan studi ini adalah membuat efisiensi produktivitas pekerja dan mesin itu sendiri. Dengan system terintegrasi dan otomatis membuat pekerja dapat melakukan aktifitas lain disamping mesin juga dapat melakukan pekerjaan secara presisi. Dari hasil implementasi, didapatkan data-data mengenai hal tersebut.

Kata Kunci : PLC, Sistem Kendali.

Abstract

In the metal casting industry like PT. Bakrie Autoparts rely on production support machines, such as the Core Machine. The Core Machine is a profile printing machine to make the need of core metal casting profile. The current condition of the Core Machine is still being operated manually. One of the monotonous jobs for operators to eliminate the sale of precision products. Automated information systems to improve productivity and quality required. One of many method to fulfil the need for automation is by applying the Schneider Smart Relay Programmable Logic Controller (PLC) controller. The manufacture of this control system includes the design and implementation of hardware and software. The design of hardware consists of designing panel boxes and wiring diagrams. While the design of this software is divided into two namely the design of ladder diagram for the engine program and design of the ladder diagram for simulation. The purpose of this study is to make the productivity efficiency of the worker and the machine itself. With the integrated system and automatically make the workers can perform other activities besides the machine can also do the work in a precision. From the results of implementation, obtained data about it

Keywords : PLC, Control System

I. PENDAHULUAN

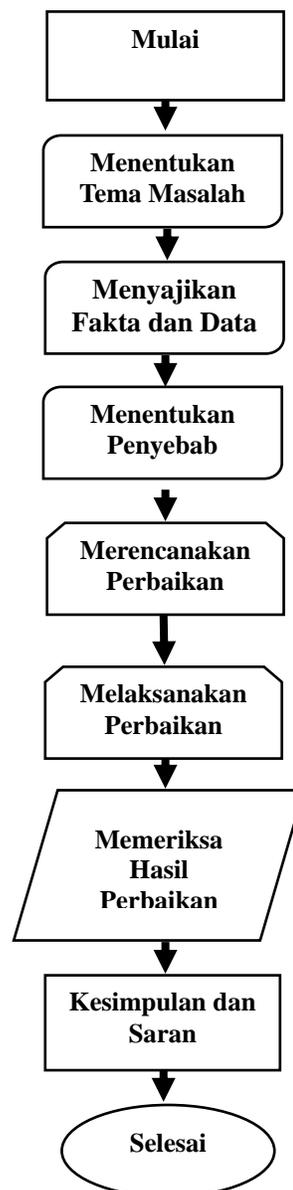
Latar Belakang

Peran teknologi dewasa ini telah berkembang dengan pesat, ditambah dengan adanya era persaingan bebas. Otomasi merupakan salah satu realisasi dari perkembangan teknologi, dan merupakan satu – satunya alternatif yang tidak dapat dielakkan lagi untuk memperoleh sistem kerja yang sederhana, praktis, dan efisien sehingga memperoleh hasil dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Segi waktu juga harus dipertimbangkan, karena dengan semakin pendek waktu yang diperlukan untuk proses produksi, maka akan mendapatkan hasil produksi dengan jumlah lebih banyak. Selain jumlah produksi lebih banyak, biaya pengoperasiannya juga dapat ditekan seminim mungkin serta membutuhkan tenaga yang lebih sedikit, sehingga proses produksi tersebut memperoleh keuntungan lebih tinggi.

Dalam industri pengecoran logam seperti di PT. Bakrie Autoparts sangat bergantung pada mesin penunjang produksi, salah satunya yaitu mesin core, mesin core adalah mesin pencetak profil untuk kebutuhan profil inti pengecoran logam[1]. Kondisi saat ini mesin core masih dioperasikan secara manual. Sehingga setiap proses nya masih bergantung pada operator dan waktu proses fluktuatif. Dampak nya berisiko terhadap kepresisian hasil produksi. Faktanya mesin core saat ini hanya mempunyai efisiensi kerja sebesar 83% dan 17% sisanya gagal produksi karena hasil core mentah atau terlalu matang akibat dari waktu proses yang tidak sesuai. Karenanya sistem kendali otomatis sangat dibutuhkan guna meningkatkan efisiensi dan produktivitas serta kualitas profil yang dihasilkan.

PT. Bakrie Autoparts mulai menggunakan sistem kendali PLC pada beberapa mesin core sebagai langkah untuk menanggulangi masalah reject atau kegagalan produksi yang selama ini terjadi dengan jumlah reject 2-6 buah dalam 1 shift (7 jam) produksi mesin core.

II. METODE PELAKSANAAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian[2]

2.1 Menentukan Tema Masalah

Cara penentuan tema bisa dilakukan 2 cara:

1. Mengambil salah 1 masalah yang menjadi prioritas dari beberapa masalah yang ada di lokasi kerja. Hal-hal yang mendasari prioritas ini misalnya masalah tersebut mempunyai peluang besar kontribusinya terhadap mutu usaha (cost, kualitas produk, safety, dsb).
2. Mengambil 1 masalah yang ada di lokasi kerja.

2.2 Menyajikan Fakta dan Data

Langkah kedua ini ditujukan untuk menyajikan semua data yang diperlukan untuk mendukung beberapa hal, misalnya:

1. Menyajikan data sebagai dasar pemilihan tema (masalah).
2. Menyajikan data yang menggambarkan masalah yang dihadapi (yang akan diselesaikan).

Berikut tabel data produksi manual pada bulan maret hingga april

Tabel 1 Produksi Operasi Manual

Month	Prouksi ke-	Avb Mnt	Target		Actual			Jumlah	Lost		Eif	cyc target	cyc aktual	Problem Reject	Presentase Efektivitas	Presentase Reject
			pcs/jam	pcs/shift	pcs/jam	pcs/shift	reject		pcs	menit						
M a r e t	1	420	48	336	40	280	6	274	62	78	81.55%	2,5	3	2 angin drop, 4 kekurangan waktu pembakaran	83.33%	2.19%
	2	420	48	336	42	294	4	292	44	55	86.90%	2,5	2.8	2 corebox kurang panas, 2 kelebihan waktu pembakaran	87.50%	1.37%
	3	420	48	336	38	266	2	264	72	90	78.57%	2,5	3.2	2 corebox kurang panas	79.17%	0.76%
	4	420	48	336	42	294	6	288	48	60	85.71%	2,5	2.8	2 angin drop, 4 kekurangan waktu pembakaran	87.50%	2.08%
	5	420	48	336	40	280	2	278	58	73	82.74%	2,5	3	2 angin drop	83.33%	0.72%
	6	420	48	336	38	266	4	262	74	93	77.98%	2,5	3.2	2 angin drop, 2 kelebihan waktu pembakaran	79.17%	1.53%
	7	420	48	336	42	294	4	290	46	58	86.31%	2,5	2.8	2 angin drop, 2 kelebihan waktu pembakaran	87.50%	1.38%
	8	420	48	336	40	280	6	274	62	78	81.55%	2,5	3	2 angin drop, 4 kelebihan waktu pembakaran	83.33%	2.19%
	9	420	48	336	40	280	4	276	60	75	82.14%	2,5	3	2 angin drop, 2 corebox kurang panas	83.33%	1.45%
	10	420	48	336	42	294	4	290	46	58	86.31%	2,5	2.8	2 kekurangan waktu pembakaran, 2 angin drop	87.50%	1.38%

Berdasarkan tabel produksi operasi manual, hasil produksinya bervariasi, untuk hasil minimum di dapat 266pcs/shift, waktu kerja mesin 3,2 menit dengan persentase efektivitas 79,17% persentase efisiensi 78,57% dan hasil maksimal di dapat 294pcs/shift waktu kerja mesin 2,8 menit dengan persentase efektivitas 87,50% persentase efisiensi 86,90%.

Pada proses produksi mesin core ini sangat bergantung pada waktu/siklus dan temperature kerja, kepresisian hasil core bergantung pada faktor diatas, belum lagi adanya faktor lain yang menyebabkan terjadi nya reject atau kegagalan produksi, faktor tersebut diantaranya:

1. Angin drop
2. Temperature core box tidak sesuai
3. Cycle time tidak konsisten (manual)

Faktor diatas merupakan problem yang selama ini terjadi pada mesin core yang di operasikan secara manual oleh operator, sehingga semua proses kerja mesin core bergantung pada perkiraan operator, dampaknya waktu proses kerja tidak konsisten dan berpengaruh pada hasil kepresisian produksi.

Berdasarkan tabel produksi operasi manual, maka dapat dilihat hasil reject. Untuk jumlah reject hasilnya bervariasi minimum 2pcs dengan persentase reject 0,72% dan maksimum 6pcs dengan persentase reject 2,19%.

Efisiensi tertinggi dari pengoperasian manual tidak dapat mencapai 100%, hal ini disebabkan oleh beberapa hal, terutama dalam hal waktu/siklus, dalam proses produksi mesin core, target produksi mengharuskan mesin core bekerja selama 2,5 menit untuk 1 siklus, namun faktanya operator untuk menyelesaikan 1 siklus butuh waktu rata-rata 3 menit, sehingga setiap siklusnya overtime selama 0,5 menit. Waktu overtime inilah yang menjadi faktor utama penurunan efisiensi pada mesin core.

2.3 Menentukan Penyebab

Menentukan penyebab dibagi menjadi 2 tahap yaitu:

1. Menentukan semua penyebab yang mungkin berpengaruh terhadap masalah. Untuk menentukan semua penyebab ini bisa digunakan teknik sumbang saran.
2. Memilih penyebab yang paling mungkin (dominan) di antara semua penyebab yang ada (point no. 1). Untuk memilih penyebab yang dominan ini bisa dilakukan sesuai dengan karakteristik penyebabnya.

2.4 Merencanakan Perbaikan

Langkah ke-4 ini bertujuan mencari pemecahan untuk menghilangkan semua penyebab (penyebab yang dominan) yang sudah ditentukan sebelumnya. Merencanakan langkah perbaikan dapat ditentukan dengan teknik sumbang saran (penyampaian ide) dengan tetap mengacu pada pemilihan langkah perbaikan yang paling efektif dan efisien.

2.5 Melaksanakan Perbaikan

Langkah ke-5 ini adalah melaksanakan semua rencana perbaikan yang sudah disepakati dan dibahas dengan matang.

2.6 Memeriksa Hasil Perbaikan

Setelah semua rencana sudah dilaksanakan dengan benar sesuai dengan yang disepakati, maka langkah selanjutnya adalah memeriksa hasil dari perbaikan tersebut, untuk mengukur apakah semua perbaikan yang dilakukan bisa menanggulangi penyebab yang mempengaruhi suatu masalah. Cara memeriksa hasil perbaikan ini bisa dilakukan dengan membandingkan kondisi masalah sebelum perbaikan dan kondisi masalah setelah perbaikan atau dengan membandingkan data yang menggambarkan masalah sebelum perbaikan dan data yang menggambarkan setelah perbaikan.

2.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapat dari perancangan Tugas Akhir untuk mengetahui sejauh mana pemasangan PLC mempengaruhi efektivitas pada Mesin Core serta saran untuk meningkatkan kinerja Mesin Core itu sendiri.

III. PERANCANGAN dan HASIL

3.1 Perancangan

Perancangan adalah suatu proses untuk menuangkan ide dan gagasan yang dibantu dengan teori mendasar sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem.

Proses perancangan dimulai dengan cara pemilihan komponen yang akan digunakan, mempelajari karakteristik dan data fisiknya, membuat rangkaian skematik dengan melihat fungsi-

fungsi komponen yang dipelajari sebelum masuk pada proses merangkai sistem yang siap untuk direalisasikan. Hal ini dilakukan agar sistem yang dibuat dapat berjalan sebagaimana mestinya.

Pada tahap perancangan ini dibagi menjadi 2 tahap perancangan. Tahap pertama adalah perancangan perangkat lunak (software) pada PLC Schneider. Tahap kedua adalah perancangan perangkat keras (hardware)[3].

3.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak ini terbagi menjadi dua yaitu perancangan ladder diagram untuk program mesin dan ladder diagram untuk disimulasikan. Perancangan ini menggunakan software Zelio Soft versi 2 yang merupakan software yang dikeluarkan Schneider.

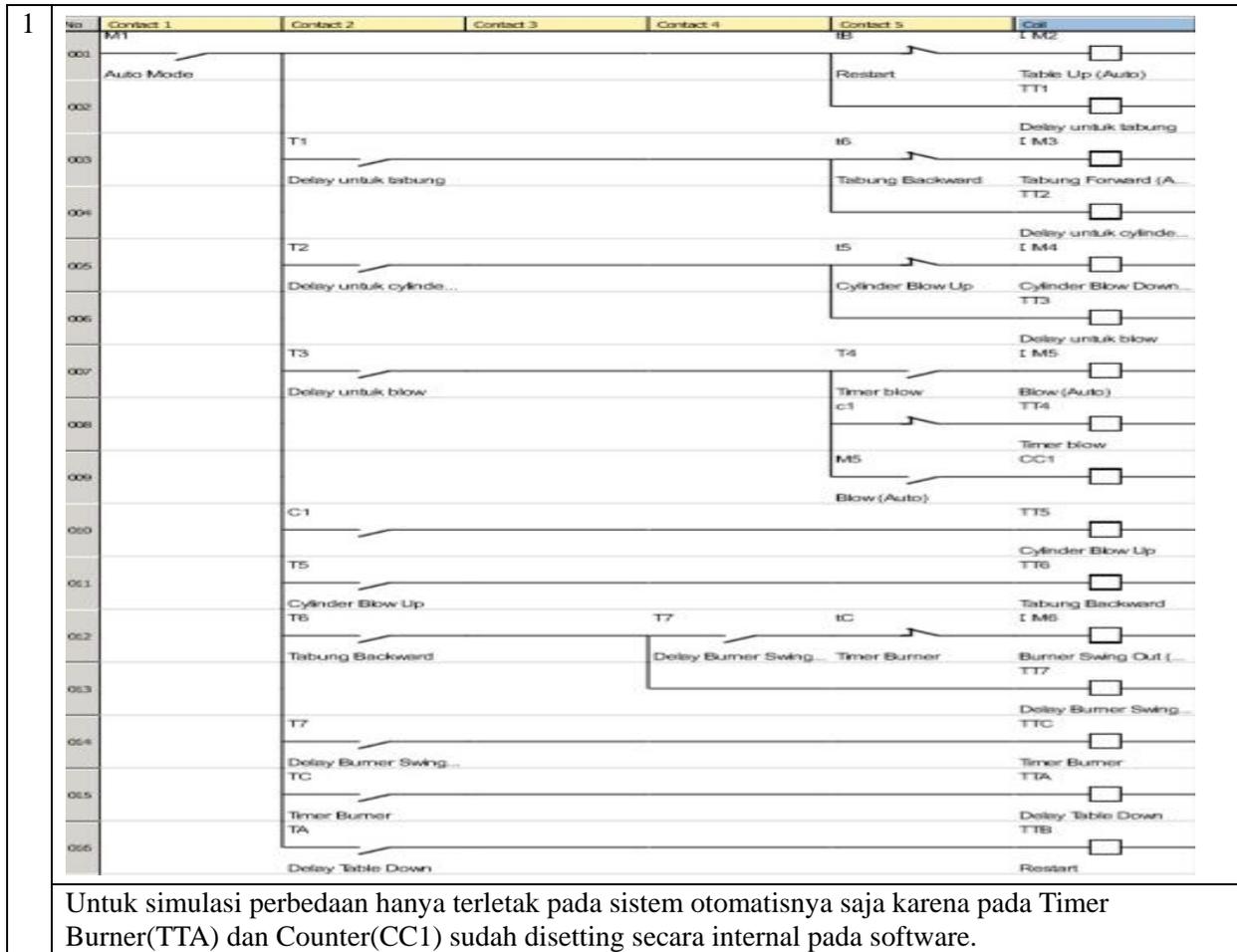
3.2.1 Perancangan Ladder Diagram untuk Program Mesin

Tabel 2 perancangan ladder diagram untuk program mesin

1	No	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Contact 4	Contact 5	Coil
	001	I1 Auto Manual	I3 Table Up				┘ M7 Table Up(Manual)
	002		I4 Tabung	m9 Cylinder Blow (Man... M8	mA Burner (Manual)		┘ M8 Tabung (Manual)
	003		I5 Cylinder Blow				┘ M9 Cylinder Blow (Man...)
	004		I6 Blow				┘ MB Blow (Manual)
	005		I7 Burner	m8 Tabung (Manual)			┘ MA Burner (Manual)
	006		I9 Timer Burner				┘ MF Timer Burner (Man...)
	007		I8 Counter				┘ MC Counter Blow (Man...)
008						┘ M7 Bucket	
001. Manual posisi switch Normally Close(NC)							
001. Table(M7) akan aktif saat I3 ditekan							
002. Tabung(M8) akan aktif jika I4 ditekan dan switch Silinder Blow(m9) dan Burner(mA) dalam posisi NC							
003. Silinder Blow(M9) akan aktif jika I5 ditekan dan switch Tabung(M8) posisi NC							
004. Blow(MB) akan aktif jika I6 ditekan dan switch Silinder Blow(M9) posisi NC							
005. Burner(MA) akan aktif jika I7 ditekan dan switch Tabung(m8) posisi Normally open(NO)							
006. Timer Burner(MF) akan aktif jika I9 ditekan							
2	No	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Contact 4	Contact 5	Coil
	009	I1 Auto Manual		I2 Auto Start TB			┘ M1 Auto Mode
010							
009. Auto Mode(M1) akan aktif jika switch Auto Manual(I1) ditekan dipindahkan dan Auto Start(I2) ditekan							

3.2.2 Perancangan Ladder Diagram untuk Simulasi

Tabel 3 perancangan ladder diagram untuk program simulasi



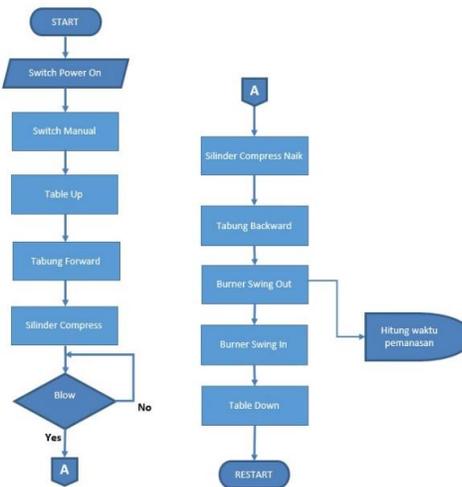
3.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Pada bagian perancangan perangkat keras hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan blok diagram dengan tujuan untuk mempermudah pemahaman mengenai cara kerja alat.
2. Perancangan desain penempatan komponen pada panel box untuk mempermudah pengerjaan.
3. Perancangan skematik panel listrik secara lengkap untuk memudahkan dalam merangkai komponen.
4. Penentuan alat dan bahan yang akan digunakan.

3.4 Sistem Kerja Manual

Pada gambar.1 merupakan alur kerja dari sistem pengoperasian manual

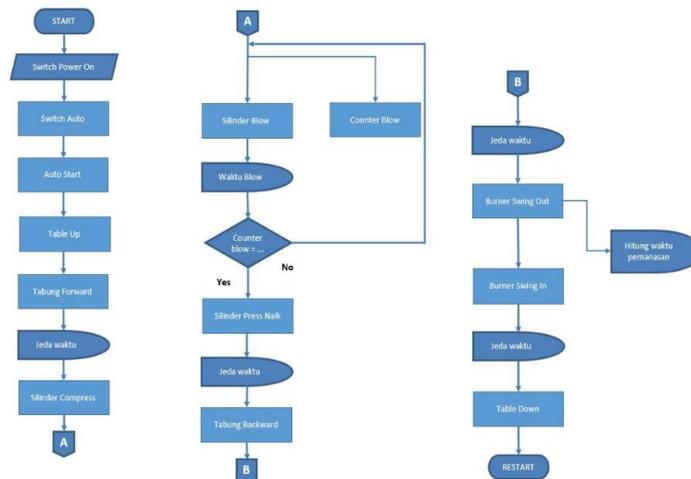


Gambar.1 Blok Diagram Sistem Kerja Manual Mesin Core

Sistem kerja manual mesin core, arahkan switch power ke posisi on dan switch sistem kerja ke manual. Setelah itu operator akan secara manual bekerja sesuai tahapan. Tahapannya yaitu tekan tombol Table (Table naik), tekan tombol Tabung (Tabung maju), tekan tombol Cyl Compress (Silinder kompres turun), tekan tombol Blow (Katup membuka) sesuai kebutuhan jika belum memenuhi tekan kembali tombol Blow. Setelah itu tekan tombol Cyl Compress (Silinder kompres naik), tekan tombol Tabung (Tabung mundur), tekan tombol Burner (Burner masuk) tunggu pemanasan hingga profil dirasa cukup matang. Setelah dirasa cukup matang tekan kembali tombol Burner (Burner keluar), tekan tombol Table (Table turun). Selesai

3.5 Sistem Kerja Otomatis

Pada gambar.2 merupakan alur kerja dari sistem pengoperasian otomatis



Gambar.2 Blok Diagram sistem kerja otomatis Mesin Core

Sistem kerja otomatis mesin core, arahkan switch power ke posisi on dan switch sistem kerja ke auto. Setelah itu tekan tombol Auto Start, mesin akan berjalan untuk satu siklus sesuai tahapan yang telah dirancang dengan sendirinya.

Pada sistem kerja otomatis ini kerja mesin tidak tergantung pada operator karena operator hanya menekan tombol Auto Start yang memerintah mesin bekerja sesuai program, sehingga waktu dalam produksi selalu konstan.

3.6 Alat dan Bahan

3.6.1 Alat

Dalam proses pembuatan harus menentukan berbagai macam alat yang digunakan untuk mempermudah pengerjaan, baik itu peralatan elektrik maupun peralatan mekanik. Peralatan tersebut akan mendukung dan mempermudah dalam perancangan perangkat keras.

Tabel 4 Alat yang digunakan dalam perancangan

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	Multitester	1	
2	Obeng (+)	1	Ukuran sedang dan kecil
3	Gergaji	1	
4	Bor	1	
5	Tang	1	Tang capit, potong, ripet, kupas, dan krem
6	Meteran	1	
7	Spidol	1	
8	Obeng (-)	1	Ukuran sedang dan kecil
9	Test Pen	1	

3.6.2 Bahan

Bahan atau komponen merupakan hal terpenting dalam proses perancangan karena dari kumpulan komponen inilah akan tercipta sebuah sistem kendali Mesin Core berbasis PLC. Pemilihan komponen ini berdasarkan standar mesin core yang dibutuhkan oleh industri.

Tabel 5 Komponen yang digunakan dalam perancangan

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	PLC	1 pcs	Schneider SR3B26FU
2	Kontaktor	1 pcs	Schneider LC1D25
3	Motor Protection CB	1 pcs	Siemens 3VU13 40-1ML100
4	Cable Marker	10 pcs	Nomor 0-10
5	Cable Duct	1 meter	Ukuran besar, sedang, kecil
6	MCB Schneider	3 pcs	C2, C4, C16
7	Tab Rel	1 meter	Alumunium
8	Saklar Push Button	7 pcs	Warna hijau 6, merah 1
9	Selector Switch	2 pcs	2 Posisi
10	Indicator Lamp	6 pcs	Warna hijau 3, merah 1, kuning 2
11	Skun Ferrules Type	400 pcs	0,75 300pcs, 4x4 50pcs, 2x2 50pcs
12	Relay	6 pcs	4-LY2N dan 2-MY2N
13	Timer	1 pcs	Omron H3CR
14	Soket Relay	6 pcs	4-LY2N dan 2-MY2N
15	Soket Timer	1 pcs	Omron H3CR
16	Kabel	33 meter	0,75-30 meter, 4x4 2 meter, 2x2 1 meter
17	Counter	1 pcs	Omron H7CX
18	Thermo Couple	1 pcs	Autonics TZ4ST-14R
19	Terminal Blok	28 pcs	Ukuran besar, sedang, kecil
20	Paku	20 pcs	Ripet ukuran sedang

3.7 Hasil

Tabel 6 Produksi Operasi Automatis

Month	Produksi ke-	Avb Mnt	Target			Actual			Jumlah	Lost		Eff	cyc target	cyc aktual	Problem reject	Presentase Efektivitas	Presentase Reject
			pcs/jam	pcs/shift	pcs/jam	pcs/shift	reject	pcs		menit							
M E I	1	420	48	336	46	322	2	320	16	20	95%	2,5	2,6	2 angin drop	96%	0.62%	
	2	420	48	336	46	322	2	320	16	20	95%	2,5	2,6	2 angin drop	96%	0.62%	
	3	420	48	336	46	322	0	322	14	18	96%	2,5	2,6		96%	0.00%	
	4	420	48	336	46	322	2	320	16	20	95%	2,5	2,6	Pasir kurang (isi pasir dalam)	96%	0.62%	
	5	420	48	336	46	322	2	320	16	20	95%	2,5	2,6	2 angin drop	96%	0.62%	
	6	420	48	336	46	322	2	320	16	20	95%	2,5	2,6	2 angin drop	96%	0.62%	
	7	420	48	336	46	322	2	320	16	20	95%	2,5	2,6	2 angin drop	96%	0.62%	
	8	420	48	336	46	322	0	322	14	18	96%	2,5	2,6		96%	0.00%	
	9	420	48	336	46	322	0	322	14	18	96%	2,5	2,6		96%	0.00%	
	10	420	48	336	46	322	0	322	14	18	96%	2,5	2,6		96%	0.00%	

Berdasarkan tabel produksi operasi otomatis yang didapat, maka dapat dilihat data hasil produksinya. Hasil produksi otomatis hasilnya konstan yaitu 322pcs/shift waktu kerja mesin 2,6 menit dengan persentase efektivitas 96% persentase efisiensi 95%.

Pada proses produksi mesin core otomatis ini tidak bergantung pada operator karena pembakaran sudah ditetapkan oleh timer dan temperatur corebox sudah terintegrasi dengan thermocouple. Faktor reject yang terjadi pada operasi mesin otomatis hanya akibat faktor angin drop. Berdasarkan tabel produksi operasi otomatis, maka dapat dilihat hasil reject. Untuk operasi otomatis jumlah reject maksimum 2pcs dengan persentase 0,62%, tetapi tidak selalu ada reject.

Efisiensi yang didapat dari pengoperasian otomatis ini tidak mencapai 100%, hal ini disebabkan karena waktu kerja mesin 2,6menit sedangkan targetnya 2,5menit sehingga terdapat overtime 0,1menit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dalam perancangan sistem kendali PLC pada mesin core maka dapat disimpulkan terkait dengan pelaksanaan dan beberapa hasil penelitian yakni sebagai berikut.

1. Sistem sebelumnya yang membutuhkan waktu 2,8-3,75 menit untuk melakukan 1 siklus kerja dapat dipersingkat menjadi 2,6 menit (konstan) untuk 1 siklus kerja dengan sistem PLC ini sehingga efisiensinya semakin tinggi.
2. Sebelumnya produk gagal yang terjadi adalah 2-6 buah dalam 1 shift (7 jam) produksi. Setelah aplikasi dari sistem PLC ini produk gagal hanya 0-2 buah dalam 1 shift produksi. Menunjukkan bahwa sistem otomasi menambah kepresisian.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Beeley, *Foundry Technology*, 2001.
- [2] O. A. W. Riyanto, "IMPLEMENTASI METODE QUALITY CONTROL CIRCLE UNTUK MENURUNKAN TINGKAT CACAT PADA PRODUK ALLOY WHEEL," *JEMIS*, vol. 03, pp. 104-110, 2015.
- [3] M. ARIFIN, "EFEKTIVITAS SISTEM PENGAMAN POMPA AIR BERBASIS PLC " DIPLOMA, JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG 2016.

RANCANG BANGUN ALAT PEMURNIAN BIOGAS TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR DENGAN LARUTAN NAOH

Aldo Lesmana Mukti Pratama¹; Hani Yasinta Arifuddin²; Ibda Fitria Yahya²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta – LNG Academy, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: +6221 7863530, Fax: +6221 7863530

aldolmp97@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta – LNG Academy

Abstrak

Tempat Pembuangan Akhir Kota Bontang memiliki fasilitas penghasil biogas yang terletak di Bontang Lestari. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) ini menghasilkan biogas sejak tahun 2011. Biogas yang dihasilkan masih digunakan sebagai bahan bakar dalam skala rumah tangga dan belum terpakai secara optimal karena kandungan CO₂ yang masih tinggi. Oleh karena itu dibutuhkan alat pemurnian untuk menghilangkan kandungan CO₂ dari biogas yang dihasilkan dari landfill tersebut. Salah satu cara untuk mengurangi kadar CO₂ yang terkandung dalam biogas adalah dengan melakukan proses absorpsi CO₂ menggunakan larutan NaOH dalam suatu kolom absorber.

Rancang bangun alat ini memiliki dimensi keseluruhan 2 x 2 x 2 m dengan kapasitas umpan sebanyak 1,17 m³ biogas. Dalam penelitian ini, biogas yang memiliki tekanan rendah dari landfill ditampung terlebih dahulu, lalu dinaikkan tekanannya menggunakan kompresor. Biogas ini kemudian dialirkan ke dalam kolom absorber untuk mengurangi kandungan CO₂. Biogas dialirkan dari bagian bawah kolom absorber melalui larutan NaOH dengan konsentrasi 1 M yang diam menggunakan difuser untuk membentuk gelembung-gelembung halus. Gas akan berkontak dengan cairan dan terjadi reaksi kimia. Gelembung yang terbentuk akan memperluas area kontakannya. Setelah itu, biogas yang telah dimurnikan dari kandungan CO₂ ini dialirkan menuju kolom adsorber, yang berisi silika gel, untuk mengurangi kadar uap air yang dapat terikut pada saat proses absorpsi. Alat dijalankan selama 1 jam dan diambil sampel biogas yang telah dimurnikan tiap interval waktu 10 menit.

Dari hasil analisa komposisi biogas menggunakan gas kromatografi, kandungan CO₂ dapat diturunkan dari 36% menjadi 0,05%. Ini menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan telah memenuhi spesifikasi kandungan maksimal CO₂, yaitu minimal 4%, sehingga dapat digunakan untuk bahan bakar mesin otomotif ataupun generator listrik.

Kata kunci: biogas, karbondioksida, pemurnian, larutan NaOH

Abstract

Bontang City Final Disposal Site has a biogas production facility located in Bontang Lestari. This Final Disposal Site produces biogas since 2011. The biogas produced is still used as household fuel and has not been used optimally because of the high content of CO₂. Therefore, it needs a purification system to remove the CO₂ content from the biogas produced from the landfill. Way to reduce the CO₂ content in biogas is by absorption process of the CO₂ using the NaOH solution in an absorber column.

The design of these equipments has an overall dimension of 2 x 2 x 2 m with feed capacity of 1.17 m³ biogas. In this study, biogas that has low pressure from the landfill is accumulated first, and then raised the pressure using a compressor. Biogas is then flowed into the absorber column to reduce the content of CO₂, from the bottom of the absorber column through NaOH solution with 1 M concentration, which is stayed in the column, using a diffuser to form fine bubbles. The gas will contacted with the liquid and chemical reactions occur. The bubble formed will expand the contact area. After that, the purified biogas from the absorber column is fed to the adsorber column, which contains the silica gel, to reduce the moisture content that can be absorbed during the absorption process. The equipment runs for an hour and the sample of purified biogas is taken every 10 minutes.

From the analysis of biogas composition using gas chromatography, CO₂ content can be derived from 36% to 0,05%. This indicates that the product has met the maximum content specifications of CO₂, which is at least 4%, so it can be used as fuel of the automotive engine or electric generator.

Keywords: : biogas, carbon dioxide, purification, NaOH solution

I. PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Manusia sangat bergantung pada bahan bakar fosil yang menyebabkan cadangan sumber energi tersebut makin lama semakin berkurang. Selain itu dapat pula berdampak pada lingkungan, seperti polusi udara. Seiring dengan perkembangan teknologi industri yang semakin pesat maka kebutuhan akan sumber energi alternatif menjadi pertimbangan yang sangat penting. Salah satu bahan bakar alternatif tersebut adalah biogas.

PT Badak NGL bekerjasama dengan Pupuk Kaltim dan Pemerintah mempunyai program *Community Development* yaitu Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat yang terletak di kelurahan Bontang Lestari, kecamatan Bontang Selatan. Pengolahan sampah ini menghasilkan biogas yang disalurkan ke rumah warga dan digunakan untuk generator listrik. Namun biogas yang dihasilkan masih memiliki kandungan CO₂ mencapai 36-40% berdasarkan hasil pengujian dengan *Gas Chromatography* di Laboratorium PT Badak NGL. Sehingga dibutuhkan pemurnian biogas yang bertujuan untuk menurunkan nilai kadar pengotor (*impurities*) gas karbondioksida (CO₂) mencapai kurang dari 4% agar biogas yang dihasilkan tidak hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga, namun dapat pula digunakan sebagai bahan bakar generator listrik [1].

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan persyaratan spesifikasi biogas oleh *Indian Standard Biogas*, biogas yang dihasilkan TPA Bontang Lestari belum dapat digunakan untuk bahan bakar generator listrik karena kandungan CO₂ mencapai 36-40%. Sehingga penyelesaian dari permasalahan tersebut adalah bagaimana mendesain, merancang, dan membangun alat pemurnian biogas sehingga kandungan CO₂ bisa mencapai kurang dari 4% sesuai dengan persyaratan spesifikasi biogas.

3. Tujuan dan Manfaat

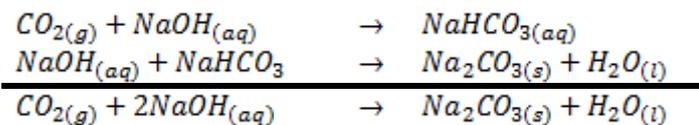
Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun alat pemurnian biogas sehingga kandungan CO₂ bisa mencapai dibawah 4% untuk digunakan sebagai bahan bakar generator listrik sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik di kantor TPA Bontang Lestari.

II. METODE PENELITIAN

1. Penentuan Metode

Ditentukan metode absorpsi menggunakan larutan NaOH yang digunakan untuk menurunkan kandungan CO₂ pada biogas dan metode adsorpsi menggunakan silika gel yang digunakan untuk menurunkan kandungan uap air setelah melewati proses absorpsi. Penentuan ini didasarkan pada hasil studi literatur.

Absorpsi CO₂ dari campuran biogas ke dalam larutan NaOH dapat dilukiskan sebagai berikut:



Dalam kondisi alkali atau basa, pembentukan bikarbonat dapat diabaikan karena bikarbonat bereaksi dengan OH⁻ membentuk CO₃²⁻ [1].

2. Perancangan Proses

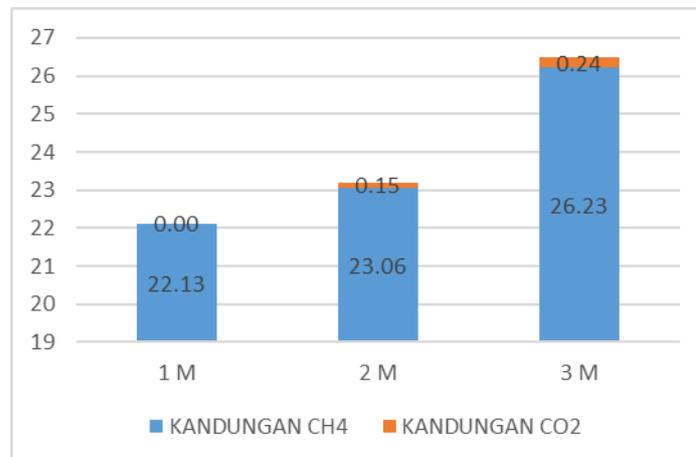
Sebelum melakukan rancang bangun unit pemurnian biogas, dibuat uji coba skala kecil untuk menentukan konsentrasi NaOH yang akan digunakan. Alat yang digunakan yaitu 2 buah balon, selang tygon, *flowmeter*, toples plastik, batu aerasi, larutan NaOH 3M, 2M, dan 1M, *glassware*, dan silika gel.



Gambar.1 Uji Coba Skala Kecil

Percobaan ini memakai sebuah blower untuk menaikkan *flow* biogas agar bisa mengalir ke rangkaian alat. Biogas dialirkan ke larutan NaOH menggunakan selang tygon dan didistribusikan merata menggunakan batu aerasi. Gas kemudian mengalir ke *glassware* berisi silika gel dan terakhir ditampung pada balon kecil.

Gas yang di dapat dianalisis menggunakan *Gas Chromatography* di Laboratorium Badak LNG. Pada tekanan, suhu, dan *flow* yang sama didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar.2 Hasil Pengujian Biogas pada Konsentrasi NaOH yang Berbeda

Sedikitnya kandungan metana yang terbentuk (kurang dari 30%) disebabkan kebocoran pada pipa yang ditarik oleh *blower* yang menyebabkan masuknya udara bebas ke dalam sistem perpipaan. Akibatnya, kandungan nitrogen pada udara juga ikut mengkontaminasi biogas.

Percobaan ini kemudian diulang dengan hanya menggunakan larutan NaOH 1 M, tanpa menggunakan blower dengan harapan kontaminasi udara tidak terjadi. Didapatkan hasil berikut:

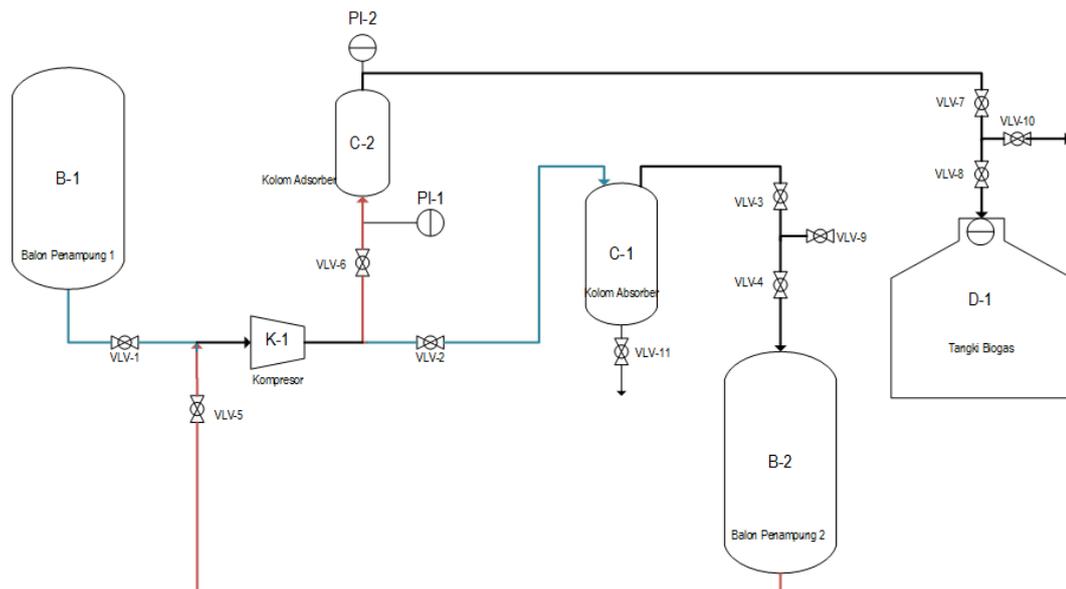
Tabel.1 Hasil Pengujian Biogas pada Konsentrasi NaOH 1 M

Parameter	Nilai (%)
Kandungan CO ₂	3,9711
Kandungan CH ₄	76,8053
Kandungan N ₂	19,2236

Pada hasil uji coba diatas ditentukan konsentrasi larutan NaOH yang akan digunakan untuk tugas akhir adalah larutan NaOH 1 M. Hal ini disebabkan karena ketiga variasi konsentrasi larutan

NaOH dapat menurunkan kadar CO₂ dibawah 4%. Selain itu, dari segi ekonomis tidak membutuhkan NaOH terlalu banyak.

Hasil perancangan proses ditunjukkan dengan gambar.3 berikut:



Gambar.3 Diagram Alir Proses Pemurnian Biogas Menggunakan Larutan NaOH

3. Perhitungan Volume Absorber

Perhitungan volume absorber didasarkan pada jumlah CO₂ yang akan terjerap pada larutan NaOH. Berdasarkan hasil pengujian komposisi, banyaknya CO₂ yang terkandung dalam *raw* biogas adalah 37% mol dan larutan NaOH yang digunakan adalah konsentrasi 1 M. Asumsi volume larutan NaOH dalam satu kolom digunakan untuk menjerap CO₂ yang terkandung dalam 1 balon penampung dan dilakukan perhitungan berikut untuk menghitung volume larutan NaOH yang dibutuhkan sehingga dapat ditentukan dimensi kolom absorber yang akan dibuat.

- Volume Balon Penampung

Balon penampung merupakan balon plastik dengan material PVC, yang berbentuk silinder dengan diameter 1 m dan tinggi 1,5 m. Untuk menghitung volume balon, digunakan rumus berikut:

$$V = \pi \times \left(\frac{1}{2} d\right)^2 \times t$$

[Persamaan.1]

$$V = \pi \times (0,5 \text{ m})^2 \times 1,5 \text{ m}$$

$$V = 1,1781 \text{ m}^3 = 1178,1 \text{ L}$$

- Jumlah Mol Biogas

Asumsi biogas adalah gas ideal, sehingga digunakan persamaan gas ideal untuk menghitung mol biogas pada keadaan standar yaitu tekanan 1 atm dan suhu 25°C.

$$PV = nRT$$

[Persamaan.2]

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n_{\text{biogas}} = \frac{1 \text{ atm} \times 1178,1 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 298 \text{ K}} = 48,21 \text{ mol}$$

- Jumlah Mol CO₂

Dari hasil analisis *raw* biogas mengandung 37% mol CO₂. Maka banyaknya mol CO₂ yang ada dalam 1 balon penampung adalah:

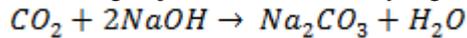
$$n_{CO_2} = n_{biogas} \times 37\%$$

[Persamaan.3]

$$n_{CO_2} = 48,21 \text{ mol} \times 37\% = 17,84 \text{ mol}$$

- Jumlah NaOH yang Dibutuhkan

Perhitungan jumlah mol NaOH yang dibutuhkan didasarkan pada persamaan reaksi kimia berikut:



Sehingga mol NaOH yang dibutuhkan adalah 2 kali mol CO₂.

$$n_{NaOH} = n_{CO_2} \times 2$$

[Persamaan.4]

$$n_{NaOH} = 17,84 \text{ mol} \times 2 = 35,67 \text{ mol}$$

Dan volume NaOH dengan konsentrasi 1 M yang dibutuhkan adalah:

$$M = \frac{n}{V}$$

[Persamaan.5]

$$V = \frac{n}{M} = \frac{35,67 \text{ mol}}{1 \text{ M}} = 35,67 \text{ L} \approx 36 \text{ L}$$

- Dimensi Absorber

Kolom absorber akan menggunakan pipa PVC dengan diameter 10 in (25,4 cm). Agar dapat menampung 36 L NaOH, maka dibutuhkan pipa PVC dengan ketinggian minimal 71 cm dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$V = \pi \times \left(\frac{1}{2}d\right)^2 \times t$$

[Persamaan.6]

$$36 \text{ L} = \pi \times \left(\frac{1}{2}(25,4 \text{ cm})\right)^2 \times t$$

$$t_{min} = \frac{36 \times 10^3 \text{ cm}^3}{\pi \times 12,7 \text{ cm}^2} = 71,04 \text{ cm}$$

Selain volume NaOH yang akan digunakan, dipertimbangkan pula faktor keamanan yang menjaga l arutan NaOH tidak memenuhi kolom agar dapat menghindari adanya ketumpahan larutan. Oleh karena itu ditambahkan ketinggian sebesar 40% dari ketinggian minimal, sehingga ketinggian akhir kolom absorber adalah 100 cm.

$$t_{akhir} = t_{min} + 40\%t_{min}$$

[Persamaan.7]

$$t_{min} = 71,04 \text{ cm} + (71,04 \times 40\%) \text{ cm}$$

$$t_{min} = 71,04 \text{ cm} + 28,42 \text{ cm} = 99,46 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Desain kolom absorber dapat dilihat pada gambar.4 berikut.



Gambar.4 Desain Kolom Absorber

4. Perhitungan Volume Adsorber

Sebelum melakukan perhitungan dikumpulkan data-data yang dibutuhkan sebagai berikut [2].

Tabel.2 Data yang Digunakan dalam Perhitungan Volume Adsorber.

Desikan	Jenis	Silika gel
	Ukuran diameter	0,125 in
	ρ_b (bulk density)	720,832 kg/m ³

Biogas	Parameter	Nilai	Satuan	
	Laju Alir (qs)		48,53	std m ³ /d
			33,7	l/min
	Suhu Operasai (T)	30	°C	
	Suhu Standar (Ts)	15	°C	
	Tekanan Operasi (P)	800	kPa	
	Tekanan Standar (Ps)	101,3	kPa	
	Rasio Kompresi (z)	0,987	-	
	Viskositas Gas (μ)	0,013	cP	
	Kandungan Uap Air (W)		0,002	kg/ std m ³
			0,002	g/l
	Densitas Gas (ρ_g)	5,877	kg/m ³	
	Kelembaban (RH)	100	%	

- Superficial Gas Velocity

$$v_g(\text{superficial gas velocity}) = \frac{\rho_g (\text{gas density})}{A (\text{contant})} \quad [\text{Persamaan.8}]$$

Karena desikan berukuran 0,125 in \approx 1/8 in, maka nilai konstanta A yang digunakan adalah 67.

$$v_g = \frac{5,877 \text{ kg/m}^3}{67} = 0,088 \text{ m/min}$$

- Laju Alir Aktual

$$q_a(\text{actual flowrate}) = \frac{q_s P_s T}{1440 P T_s} z \quad [\text{Persamaan.9}]$$

$$q_a = \frac{48,528 \text{ std m}^3/\text{d}}{1440} \times \frac{101,3 \text{ kPa}}{800 \text{ kPa}} \times \frac{30 \text{ }^\circ\text{C}}{15 \text{ }^\circ\text{C}} \times 5,877 = 0,004 \text{ m}^3/\text{min}$$

- Diameter Kolom

$$d(\text{bed diameter}) = \sqrt{\frac{4q_a}{\pi v_g}} \quad [\text{Persamaan.10}]$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0.004431152 \text{ m}^3/\text{min}}{\pi \times 0.087716418 \text{ m}/\text{min}}} = 0.253678145 \text{ m} \approx 25,4 \text{ cm}$$

- Ketinggian Kolom

Diasumsikan lamanya silika gel akan jenuh adalah 15 hari x 24 jam. Maka jumlah air yang dapat diserap dalam satu kali siklus adalah:

$$m_w (\text{water loading per cycle}) = q_s \times W \times \text{cycle length} \quad [\text{Persamaan.11}]$$

$$m_w = 48,528 \frac{\text{std m}^3}{\text{days}} \times 0,00222 \frac{\text{kg}}{\text{std m}^3} \times 15 \text{ days} = 1,62 \frac{\text{kg}}{\text{cycle}}$$

Dengan asumsi $x=13.9\%$, maka ketinggian kolom dapat dihitung sebagai berikut:

$$h_b (\text{bed height}) = \frac{400m_w}{\pi \times \rho_b d^2} \quad [\text{Persamaan.12}]$$

$$h_b = \frac{400 \times 1,6176 \frac{\text{kg}}{\text{cycle}}}{\pi \times 13,9 \times 720,83158 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (0.253678145 \text{ m})^2}$$

$$h_b = 0.319585281 \text{ m} = 31,96 \text{ cm}$$

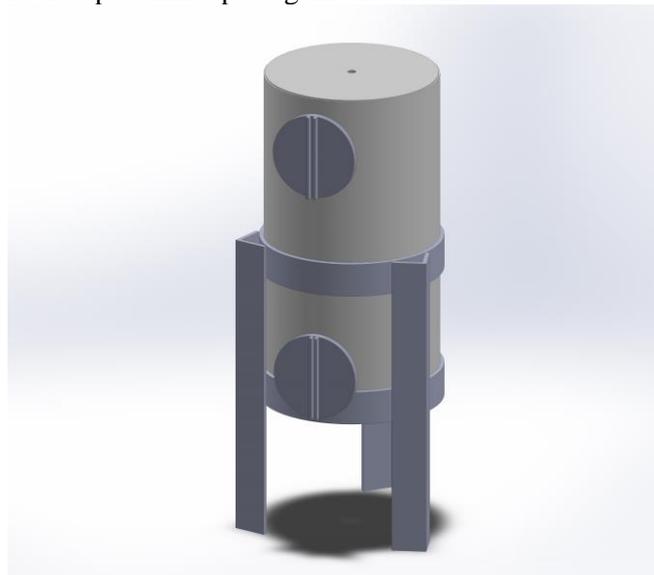
- Massa Desikan yang Dibutuhkan

$$\text{massa desikan} = \rho_b \times \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times h_b \quad [\text{Persamaan.13}]$$

$$= 720,83158 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \pi \times \left(\frac{0.253678145 \text{ m}}{2}\right)^2 \times 0.319585281$$

$$\text{massa desikan} = 11,63 \text{ kg}$$

Desain kolom adsorber dapat dilihat pada gambar.5 berikut.



Gambar.5 Desain Kolom Adsorber

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambar Lengkap Rancang Bangun

Rancang bangun pemurnian biogas menggunakan larutan NaOH ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu balon biogas, kolom absorber, kompresor, dan kolom adsorber. Adapun gambar lengkap dari rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar.6 Gambar Lengkap Rancang Bangun

2. Data dan Analisis Hasil Pengujian

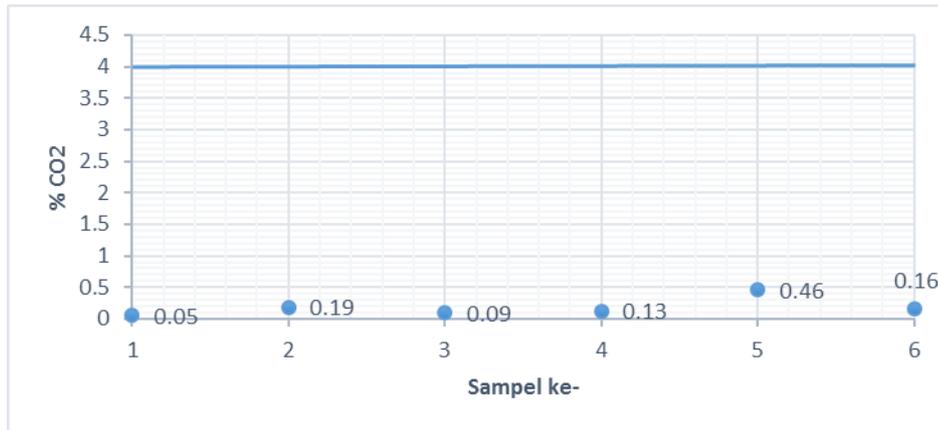
Setelah melakukan beberapa kali pengujian, didapatkan produk biogas yang diinginkan. Kemudian dilakukan analisa kuantitatif terhadap produk yang dihasilkan.

Komposisi biogas sebelum dimurnikan diambil dari 2 kali pengambilan sampel. Sedangkan sampel yang digunakan untuk mengukur kandungan CO₂ yang ada pada biogas diambil dari titik sampel tepat setelah keluaran kolom absorber. Raw biogas dialirkan secara kontinyu menuju kolom absorber dan diambil sampel setiap interval 10 menit. Berikut ditunjukkan hasil pengukuran komposisi biogas sebelum dan setelah dimurnikan melalui proses absorpsi (biometana).

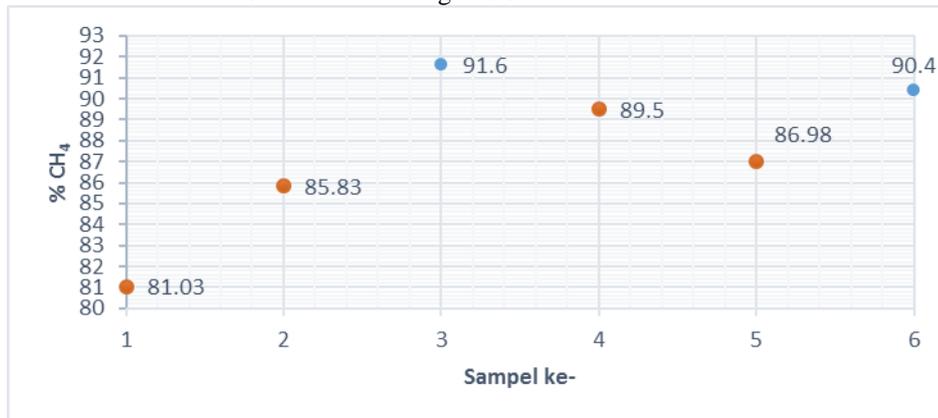
Tabel. Komposisi Biogas Sebelum Dimurnikan

NO	Kandungan CO ₂ (%)	Kandungan CH ₄ (%)	Kandungan N ₂ (%)
1	36,55	62,66	0,79
2	37,52	62,11	0,37
Rata-rata	37,04	62,39	0,58

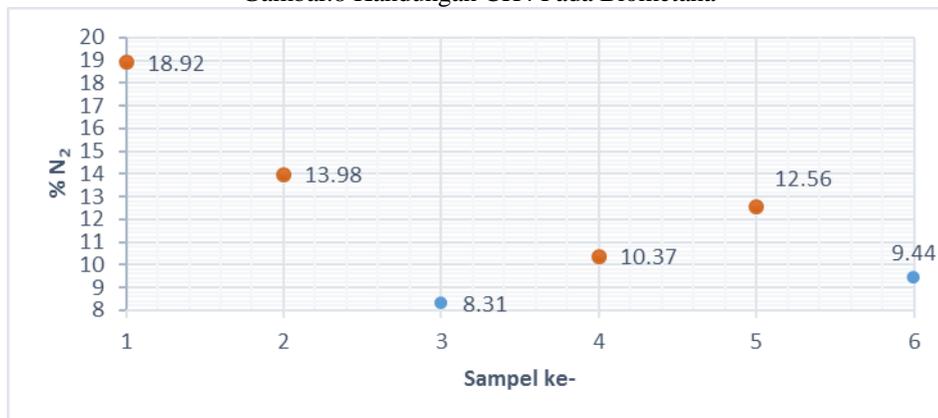
Pada tabel diatas diketahui bahwa rata-rata kandungan CO₂ adalah 37,04%. Sedangkan rata-rata kandungan CH₄ dan N₂ sebesar 62,39% dan 0,58%.



Gambar.7 Kandungan CO₂ Pada Biometana



Gambar.8 Kandungan CH₄ Pada Biometana



Gambar.9 Kandungan N₂ Pada Biometana

Berdasarkan gambar 4.7., dapat diketahui bahwa parameter kandungan CO₂ telah memenuhi spesifikasi yaitu dibawah 4%. Dan berdasarkan gambar 4.8., kandungan CH₄ yang memenuhi spesifikasi hanya pada sampel ke-3 dan ke-6. Kandungan CH₄ yang belum dapat mencapai 90% dapat disebabkan karena meningkatnya kandungan N₂ akibat dari kebocoran yang masih ada pada sistem perpipaan alat. Pada *raw* biogas, N₂ yang terkandung adalah 0.58%. Namun pada gambar 4.9, kandungan N₂ meningkat hingga 18.92%. Jika kontaminasi dari udara luar dapat dihindari, maka kandungan CH₄ pada biometana dapat meningkat.

IV. KESIMPULAN

- a. Rancang bangun alat pemurnian biogas dengan menggunakan larutan NaOH berhasil dibuat dan terdiri dari 2 peralatan utama yaitu kolom absorber dan adsorber dengan kapasitas umpan 1,17 m³.
- b. Produk biogas yang dihasilkan memiliki kandungan CO₂ maksimal 0,46% dan kandungan CH₄ minimal 81% (biometana) karena adanya kontaminasi dari N₂.
- c. CH₄ dapat mencapai 90.40% ketika kandungan N₂ 9.44% pada sampel ke-6.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan dan menyusun makalah seminar nasional dengan judul “Rancang Bangun Alat Pemurnian Biogas Tempat Pembuangan Akhir Dengan Larutan NaOH”. Makalah ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak. Maka, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Belyamin, M.Sc.Eng, B.Eng (Hons). selaku Pembimbing I dari Politeknik Negeri Jakarta.
2. Hanung Andrianto, M.T. selaku Pembimbing II dari Badak LNG.
3. Yuli Gunawan, M.Si. selaku Pembimbing III dari Badak LNG.
4. Teman-teman LNG Academy V yang saling membantu dan memberikan semangat satu sama lain.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca dan berharap makalah ini dapat bermanfaat bagi pembaca, penulis dan bagi ilmu pengetahuan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Van Bhat, R. D., Kuipers, J. A. M., Versteeg, G. F. “Mass Transfer with complex chemical reactions in gas-liquid system: two-step reversible reactions with unit stoichiometric and kinetic orders”. *Chemical Engineering Journal*, vol 76, jilid 2, p:127-152 Vicitra, D. 2000.
- [2] Kansara, N. K. *Indian Standard Biogas (Biomethane)- Spesification*. 2015.
- [3] Campbell, John. M. “Gas Conditioning and Processing”. Volume 2: The Equipment Modules. Norman Oklahoma: Campbell Petroleum Series. 1992.

RANCANG ULANG DAN BANGUN *JIG GUIDE* DAN *LEVELING RAIL* LRT (*LIGHT RAIL TRANSIT*)

Mario Benediktus Rony Artha¹, Arif Dwianggarjido¹, Muchamad Try Budiyanto¹, Indriyani Rebet²,
Yohannes Patrick²

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

2. Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

e-mail: mbenediktus@gmail.com

Abstrak

LRT (*Light Rail Transit*) merupakan salah satu kereta yang sedang dibangun di Jakarta. Pada pelaksanaannya, kereta ini akan beroperasi pada wilayah Jakarta, Bogor, Depok, dan Bekasi. Salah satu komponen kereta LRT adalah rel. Untuk mempermudah dan mempersingkat waktu pemasangan rel LRT, dibuatlah sebuah alat bantu, yaitu *Jig Guide* dan *Leveling Rail* LRT. Dengan adanya *Jig* LRT, proses instalasi rel menjadi lebih praktis serta presisi tanpa memerlukan tenaga yang berlebih. *Jig* dipasang setiap jarak 5 meter. Alat ini merupakan permintaan *costumer* JP Solusi Teknik.

Pada proses penggunaan di lapangan, *Jig* LRT harus menjaga jarak antar rel 1.435 ± 0 [mm] dengan inklinasi $6,8 \pm 0,2$ [mm]. Desain *jig* LRT yang awal memiliki massa sekitar 60 [kg]. Untuk memudahkan pemasangan *jig* LRT, massa *jig* yang awalnya 60 [kg] dikurangi menjadi kurang lebih 30 [kg] agar lebih ringan dan dapat diangkat dengan tenaga manusia. Konsep *jig* yang sudah dirancang akan dibuat melalui proses *machining*. *Jig* LRT terdiri dari *main frame*, batang ulir ACME untuk leveling, dan sayap *jig* sebagai tempat meletakkan rel kereta LRT.

Massa total *Jig* LRT sebesar 35,4 [kg] dapat menahan beban dari beban rel kereta LRT sebesar 330 [kg]. Gaya reaksi bernilai 342,572 [kg] terdapat di batang ACME yang menjadi penopang bagi *Jig*. *Main Frame* yang menggunakan bahan St 37 aman digunakan sebagai rangka utama. Diameter minor pada batang ulir ACME memenuhi keamanan karena lebih besar dari diameter minimal yang dianjurkan akibat tegangan *buckling*. Sayap *jig* berperan sebagai *cantilever* sebagai tempat pemasangan rel aman untuk dipakai karena didesain untuk menerima tegangan *bending*. Hasilnya, rel kereta yang dipasang jaraknya 1435 [mm] dengan ketinggian inklinasi $6,8 \pm 0,2$ [mm].

Kata kunci: Kereta LRT, rel LRT, *Jig Guide Leveling*

Abstract

LRT (*Light Rail Transit*) is one of trains which remains under construction in Jakarta. LRT train will work on Jakarta, Bogor, Depok, and Bekasi. One of the components for LRT Rail is the Rail track. To make easier and reducing the duration for applying LRT Rail, a helping equipment is fabricated, and it is called *Jig Guide* and *Leveling Rail* LRT. With the existence of LRT *Jig*, the instalation process becomes practical and also gets the precision without requiring any much work. The *jig* is applied for every 5 meters. LRT *Jig* is requested by the JP Solusi Teknik *costumer*

For the application in the field, LRT *jig* must keep the distance between each rail is 1.435 ± 0 millimeters with the inclination of $6,8 \pm 0,2$ [mm]. The former *jig* has 60 kilograms. To make easier to install the LRT rail track, the former *jig*'s mass that is 60 kilograms is reduced to 30 kilograms in order to be more lightweight and it can be loaded by men's power. *Jig* that is completely designed will be fabricated through *machining* processes. LRT *jig* consists of *main frame*, ACME thread for leveling, and edge *jig* for the placement of LRT rail.

The total mass of LRT *Jig* that is 35,4 [kg] has capability to contain the mass of LRT Rail which is calculated amount 330 [kg]. Reaction forces 342,572 [kg] support the *Jig*. *Main Frame* that uses St 37 is safe to be applied. Minor diameter on the ACME thread fulfills the safety because it is bigger than the minimum diameter due to buckling stress. *Jig* wing behaves as *cantilever* to be the place for the rail is safe to be used because the *jig* wing is designed to contain the bending stress. Deflection for support is calculated 0,21 [mm] and the deflection of *cantilever* 0,42 [mm] are safe. The result shows that LRT rails being installed has the distance of 1435 [mm] and inclination amount $6,8 \pm 0,2$ [mm].

Keywords: LRT Train, LRT Rail, *Jig Guide Leveling*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

LRT (Light Rail Transit) adalah salah satu jenis kereta yang sedang menjadi proyek pembangunan di Jakarta. Kereta LRT akan beroperasi di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, dan Bekasi. Kereta LRT ini melintas di sepanjang rel yang dibangun pada jembatan beton berbentuk *U-Shape Girder*. Salah satu komponen Kereta LRT adalah rel. Pemasangan rel kereta LRT membutuhkan suatu alat bantu yang akan mempermudah pemasangan rel tersebut, serta menjaga kepresisian dan keseragaman rel kereta LRT. Untuk itu, dibuatlah alat *Jig Guide* dan *Leveling* untuk rel LRT.

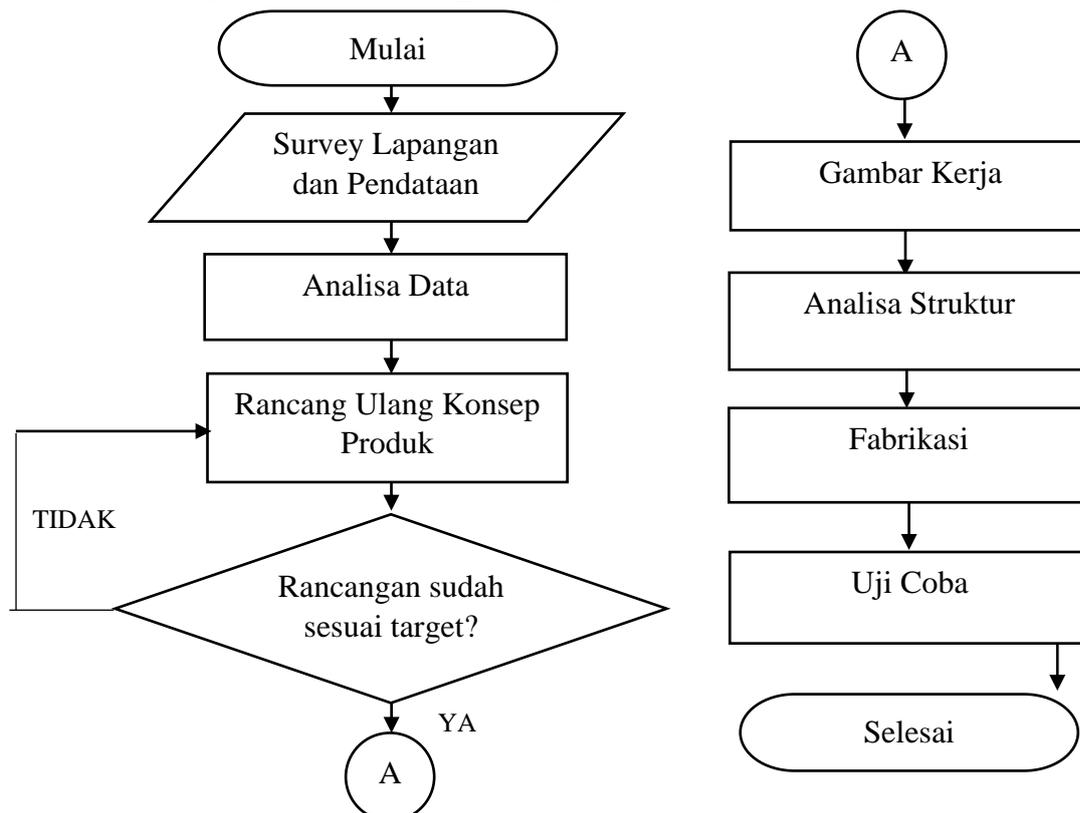
Jig Guide dan *Leveling* yang dirancang untuk pemasangan rel kereta LRT ini digunakan untuk memasang rel-rel yang jumlahnya banyak. Jarak antar sisi dalam kepala rel jarak rel ketinggian rel sebesar 1.435 ± 0 [mm] dan ketinggian inklinasi sebesar $6,8 \pm 0,2$ [mm]. Dengan adanya *Jig Guide* dan *Leveling*, rel LRT akan terpasang secara presisi. Di samping itu, *Jig* LRT dirancang untuk dapat diangkut oleh tenaga manusia, sehingga dapat pemasangan rel kereta LRT menjadi mudah, serta rel yang terpasang mencapai kepresisian sesuai jarak dan inklinasi yang ditentukan.

1.2 Tujuan

1. Mampu melakukan proses *re-engineering* terhadap *Jig Guide* dan *Leveling* LRT yang sudah ada
2. *Jig* yang dirancang memiliki massa berkisar 30 [kg] agar mudah untuk diangkut dan dipindah-pindahkan dalam pemasangannya
3. *Jig Guide* dan *Leveling* LRT mampu menjaga kesesuaian jarak antar rel dan tinggi inklinasi

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

2.1 Diagram Alir Rancang Ulang



1. Survey Lapangan dan Pendataan

Survey dilaksanakan di PT. Kupratama Sarana Mandiri. Data yang diperoleh meliputi dimensi rel kereta LRT dengan panjang atas 70 [mm] dan panjang bawah 140 [mm], serta data kebutuhan konsumen. Pada pelaksanaan proses instalasi, rel kereta LRT dipasang setiap 5 meter menggunakan *jig*.

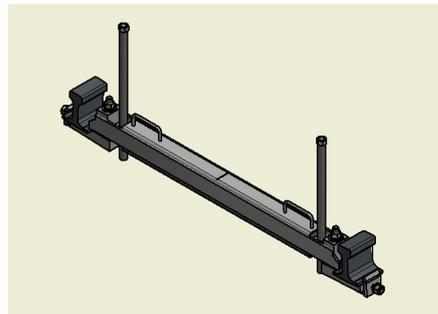
2. Analisa Data

Rancangan *Jig Guide* dan *Leveling* untuk Rel LRT disesuaikan dengan data spesifikasi dari *costumer*, yaitu:

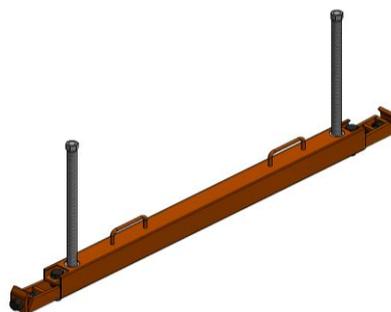
- A.) *Jig Guide* dan *Leveling* LRT dapat menjaga jarak antar rel kereta LRT sebesar 1.435 [mm]
- B.) Rel kereta LRT yang dipasang pada *Jig* mempunyai ketinggian inklinasi sebesar $6,8 \pm 0,2$ [mm]
- C.) Pada saat *Jig* dikenai beban dari rel, defleksi yang diizinkan sebesar 0,5 [mm]
- D.) Rancangan awal dari *Jig Guide* dan *Leveling* LRT bermassa ± 60 kilogram dari *costumer* itu dirancang ulang hingga massanya menjadi ± 30 [kg]

3. Rancang Ulang Konsep Produk

Pembuatan rancangan *Jig Guide* dan *Leveling* LRT berdasarkan spesifikasi yang diberikan oleh *costumer*. Pada rancangan awal *jig* yang sudah ada, *Jig* LRT memiliki massa ± 60 [kg]. Rancangan ini kemudian dimodifikasi.



Rancangan *Jig* LRT pertama



Jig Hasil Modifikasi

Komponen yang dimodifikasi ialah *Main Frame*, batang ulir ACME, dan sayap *jig*.

4. Pembuatan Gambar Kerja

Konsep rancangan *Jig Guide* dan *Leveling* yang disetujui oleh *costumer*, dibuat ke dalam gambar kerja yang dilengkapi dengan tanda pengerjaan, material, serta dimensi dari desain yang dibuat.

5. Analisa Struktur

Perhitungan dari analisa struktur meliputi:

- 1.) Analisa kekuatan material *main frame*, batang ulir ACME, dan *edge jig*
- 2.) Analisa elemen mesin, seperti kekuatan sambungan las, dan mur, serta baut

6. Fabrikasi

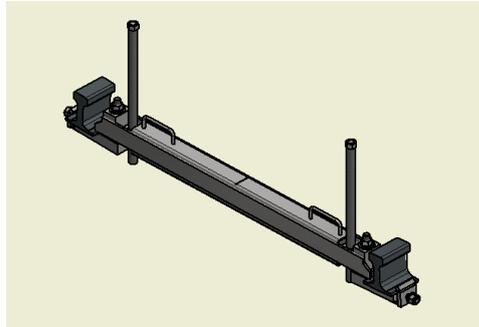
Proses produksi untuk membuat *Jig* LRT ini dilakukan dengan proses pemotongan baja dengan las potong. Kemudian dilanjutkan proses gerinda, pengeboran, pembubutan, frais, dan pengelasan.

7. Uji Coba

Di dalam tahap ini, *jig* diinspeksi untuk memastikan jarak antar rel dan tinggi inklinasi sesuai target. *Jig* dipasang pada rel, lalu dikencangkan pada *clamp*-nya. Setelah itu, atur ketinggiannya.

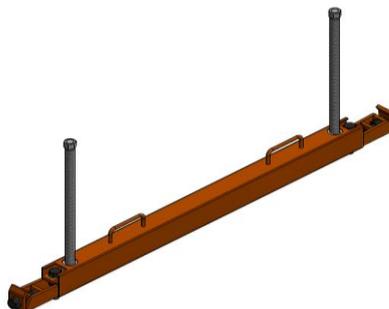
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsep Rancangan Ulang



Konsep Rancangan Awal Jig LRT

Komponen dari *Jig Guide* dan *Leveling* terdiri dari *main frame*, batang ulir untuk *leveling*, sayap jig, dan baut sebagai pencekam rel. Bobot dari jig ini terhitung ± 60 kilogram. Rancangan awal ini dirancang ulang dan dimodifikasi.

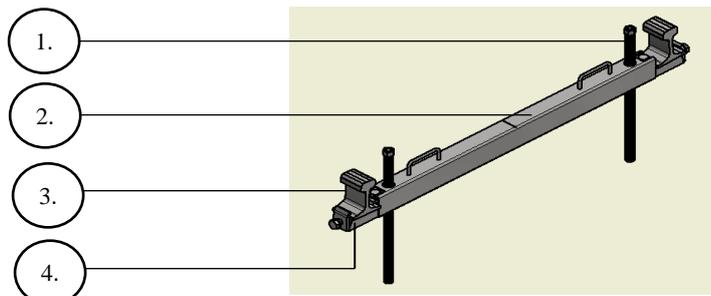


Hasil Rancangan Ulang Jig LRT

Spesifikasi Rancangan:

- Massa total Jig = 35,3 [kg]
- Jarak antar rel = 1435 [mm]

3.2 Komponen Jig *Guide* dan *Leveling* LRT



Desain Jig *Guide* dan *Leveling* LRT

Komponen-komponen dari Jig *Guide* dan *Leveling* untuk rel LRT (*Light Rail Transit*) terdiri dari:

- (1.) Batang ulir ACME
- (2.) *Main Frame*
- (3.) Profil rel kereta LRT
- (4.) *Edge Jig*

3.3 Analisa Perhitungan

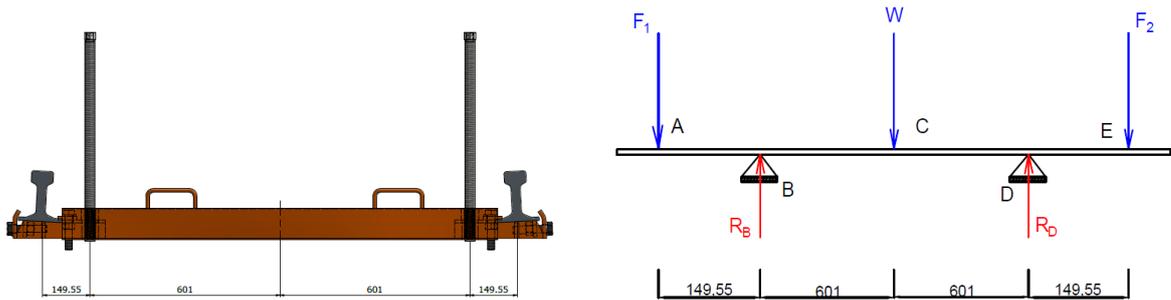
3.3.1 Spesifikasi Rel Kereta LRT



Rel Kereta LRT

- 1.) Rel kereta LRT dipasang setiap 5 meter menggunakan *Jig*
- 2.) Massa rel setiap 5 meter sebesar 330 kilogram

3.3.2 *Free Body Diagram* Jig LRT



Free Body Diagram dari Jig LRT

$$\sum M_B = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

- Diketahui: - Beban rel kereta LRT (F_1) = 330 [kg]
 - Beban Jig LRT (F_2) = 27,1 [kg]
 - Beban rel kereta LRT (F_3) = 330 [kg]

dengan prinsip kesetimbangan, maka diperoleh gaya reaksi pada titik B dan D sebagai berikut:

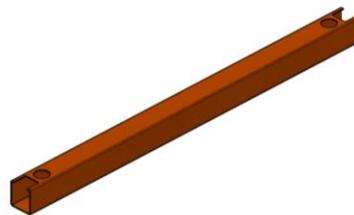
$$R_B = 342,572 \text{ [kg]}$$

$$R_D = 342,572 \text{ [kg]}$$

3.3.3 Menghitung Momen pada Edge Jig sebagai Cantilever

$$\begin{aligned} M &= F_1 \times 149,55 \\ &= 330 \times 149,55 \\ &= 49.351,5 \text{ [kg.mm]} \end{aligned}$$

3.3.4 Kekuatan Material Main Frame akibat Tegangan Bending (σ_b)



Desain Main Frame pada Jig LRT

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{W_x}$$

Diketahui: - Momen (M) = 49.351,5 [kg.mm]

- Momen tahanan (W_x) = 39.890,77 [mm³]

Momen tahanan diperoleh dari rumus:

$$W_x = \frac{I_x}{e}$$

- Momen Inersia (*Main Frame*) (I_x) = $\frac{B \times H^3}{12}$
- Jarak dari sisi terluar bidang ke sumbu x (e) = 50 [mm]

maka:

$$\sigma_b = \frac{49.351,5}{39.890,77}$$
$$= 1,237 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

Bahan aman digunakan, karena $< \bar{\sigma}_t = 9,25 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$

3.3.5 Defleksi

Diketahui: - Momen (M) = 49.351,5 [kg.mm]

- Panjang Main frame (l) = 1.379 [cm]

- Momen Inersia (I_x) = 1.994.538,67 [mm⁴]

y_s = Defleksi Support

$$= \frac{F \times l^3}{E \times 48 \times I_x}$$
$$= \frac{82,116 \times 1.379^3}{E \times 48 \times 1.994.538,67}$$
$$= 0,105 \text{ [mm]}$$

Bahan aman digunakan, karena $< \bar{y} = 0,5 \text{ [mm]}$

3.3.6 Momen Inersia Batang Ulir ACME berdasarkan Tegangan *Buckling*



Desain Batang Ulir ACME

$$I_{min} = \frac{v_{buckling} \times F \times S^2}{E \times \pi^2}$$

Diketahui: - Angka keamanan *buckling* (v_{buckling}) = 10

- Gaya yang menyebabkan *buckling* (F) = 342,572 [kg]

- Panjang batang efektif (S) = 1.300 [mm]

- Modulus Elastisitas (E) = 21.406,73 [kg/mm²]

maka:

$$I_{min} = \frac{10 \times 342,572 \times 1.300^2}{21.406,73 \times \pi^2}$$
$$= 26.156,827 \text{ [mm}^4\text{]}$$

3.3.7 Diameter minimal

$$D_{\text{minimal}} = \left(\frac{64 \times I_{\text{min}}}{\pi} \right)^{1/4}$$
$$= 27,02 \text{ [mm]}$$

3.3.8 Kekuatan Material *Bushing*



Desain *Bushing*

Diketahui : - Tinggi *Bushing* [H] = 92 [mm]

- Diameter yang terkena tegangan geser [D_{shear}] = 55 [mm]

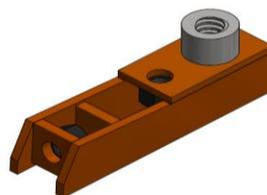
Ditanya : Kekuatan Material *Bushing* ?

Jawab :

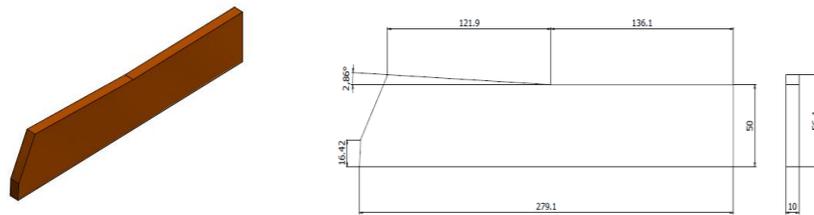
$$\tau_g = \frac{F}{A_{\text{shear}}}$$
$$= \frac{330}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times 52^2 \right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 27,5^2 \right)}$$
$$= \frac{333,3}{1529,759}$$
$$= 0,216 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

Bahan aman digunakan, karena $< \bar{\tau}_g = 7,4 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$

3.3.9 Kekuatan Material *Edge Jig* berdasarkan Tegangan *Bending*



Desain *Edge Jig*



Dimensi Sayap Jig

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{W_x}$$

Diketahui: - Momen maksimum (M_{max}) = 49.351,5 [kg.mm]

- Momen tahanan (W_x) = 5.245,35 [mm³]

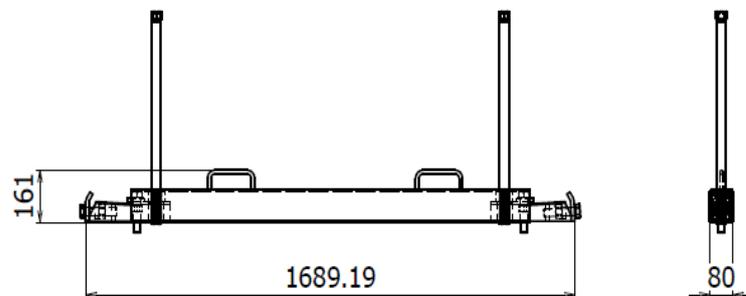
maka:

$$\sigma_b = \frac{49.302}{5.245,35}$$

$$= 9,40 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

Bahan aman digunakan, karena $< \bar{\sigma}_t = 12,3 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$

3.4 Dimensi Akhir Perancangan



Panjang = 1689,19 [mm]

Lebar = 80 [mm]

Tinggi = 161 [mm]

3.5 Prinsip Kerja Jig Guide dan Leveling LRT

1.) Jig Guide dan Leveling LRT dipasang setiap jarak rel kereta 5 meter.

- 2.) Jig diposisikan berdiri dan diatur ketinggiannya dengan mensetting batang ulir ACME
- 3.) Rel kereta LRT diangkat menggunakan *gantry*, lalu diletakkan secara perlahan mengikuti posisi jig, kemudian ditempatkan di *edge jig*.
- 4.) Rel yang terpasang pada jig, dikencangkan menggunakan plat *clamp*.

3.6 Hasil Uji Coba

No.	Jarak antar Rel	Inklinasi Kanan	Inklinasi Kiri	Hasil
1	1435,00 [mm]	6,9 [mm]	6,9 [mm]	Berhasil
2	1435,00 [mm]	6,9 [mm]	6,8 [mm]	Berhasil
3	1435,00 [mm]	6,9 [mm]	7,0 [mm]	Berhasil

IV. KESIMPULAN

- 1.) *Jig Guide* dan *Leveling* memasang rel kereta LRT dengan jarak antar rel sebesar 1.435 [mm], juga ketinggian inklinasi rel pada *edge jig* sebesar $6,8 \pm 0,2$ [mm]. *Jig* LRT terdiri dari *main frame*, batang ulir ACME, dan *edge jig*. Massa dari *Jig* LRT senilai 35,3 [kg].
- 2.) Material yang digunakan untuk setiap komponen *jig* LRT aman untuk digunakan, serta dapat menahan beban dari rel kereta LRT pada waktu dipasang.
- 3.) *Jig* LRT mengalami modifikasi pada main frame, permukaan bawah batang ulir, dan bentuk sayap *jig*

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Hanoto; Irawan, Bambang; Marwoto; Tarigan, Lembah; R., Parno; Ginting, Muhtar, Ilmu Kekuatan Bahan Jilid 1, PEDC Bandung, Bandung, 1983.
- [2.] Hanoto; Irawan, Bambang; Marwoto; Tarigan, Lembah; R., Parno; Ginting, Muhtar, Statika Semester 1, PEDC Bandung, Bandung, 1984.
- [3.] Khurmi, R.S.; Gupta, J.K., A Textbook of Machine Design, Eurasia Publishing House (PVT.) LTD, New Delhi, 2005.
- [4.] Zainuri, Ach. Muhib, Kekuatan Bahan, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2008.
- [5.] Beam Deflection Formulas in Intermediate Dynamics and Vibrations Lecture, <http://ruina.mae.cornell.edu/Courses/ME4735-2012> (akses 15 Juni 2018).
- [6.] JIS S45C Mild Steel Overview, <http://www.meadinfo.org/2010/03/s45c-jis-mechanical-properties.html> (akses 10 Juli 2018).

PERANCANGAN BYPASS DEDUSTING DUCT PADA BELT CONVEYOR 531-BC3

Riski Arif Maulana¹; Jauhari Ali²; Bambang Okinanto³;

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen

² Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³ Superintendent Production Finish mill and Dispatch Group C, PT. Holcim Indonesia Tbk

¹ riskiarifm.holcim@gmail.com

Abstrak

Belt conveyor merupakan alat transportasi material yang menggunakan media belt, roller dan drum yang digerakkan oleh motor listrik. Belt conveyor 531-BC3 mengangkut 3 jenis material dalam satu belt antara lain clinker, limestone dan gypsum dan memiliki dust collecting system yang terdiri dari beberapa equipment antara lain venting hood, dedusting duct, bag filter dan fan. Pada saat belt conveyor 531-BC3 beroperasi, material (clinker, limestone dan gypsum) akan jatuh dan melalui stepping inlet chute, jatuhnya material ini akan menimbulkan debu pada venting hood dan debu akan masuk menuju bag filter melalui dedusting duct dengan daya hisap dari fan. Namun karena sifat debu clinker, limestone dan gypsum yang mudah menempel, hal ini mengakibatkan penyempitan pada sisi bagian dalam dedusting duct sehingga jalur hisapan debu pada belt conveyor 531-BC3 kurang optimal dan mengakibatkan kondisi berdebu yang berlebih di area belt conveyor 531-BC3. Kondisi berdebu tersebut dapat menimbulkan masalah lain seperti pencemaran lingkungan, cleaning cost, dan berkurangnya umur return roller dan belt. Perancangan bypass dedusting duct dibutuhkan sebagai solusi untuk meminimalisir kondisi berdebu pada belt conveyor 531-BC3 agar debu yang lolos atau tidak terhisap oleh fan 531-FN2 dapat terhisap oleh fan yang lain. Perancangan jalur bypass ini ditinjau dari jenis material yang diangkut oleh belt conveyor, kapasitas fan dan bag filter, posisi dedusting duct yang terdekat dari bag filter yang berbeda, serta besar sisa flow udara dari kapasitas normal fan dan bag filter yang sudah ada. Pada desain bypass dedusting duct ini juga dilengkapi butterfly valve atau damper agar jalur bypass ini dapat dibuka maupun ditutup, serta checkhole yang memudahkan dalam pengecekan dan perawatan bypass dedusting duct ini.

Kata kunci : Belt Conveyor, Venting Hood, Dedusting Duct, Bag Filter, Fan

Abstract

Belt conveyor is a transportation material which use a belt, roller, and pulley in move by electric motor. Belt conveyor 531-BC3 is carry three material in one belt such as clinker, limestone and gypsum and it have dust collection system is consist of venting hood, dedusting duct, bag filter and fan. When belt conveyor 531-BC3 was operate, material (clinker, limestone and gypsum) will fall and through stepping inlet chute, this fallout material will make dust in venting hood and dust will be enter to bag filter through dedusting duct by power of fan. But, because characteristic of clinker, limestone and gypsum is easy to stick, this condition can cause constriction at inside casing of dedusting duct, line of dust in belt conveyor 531-BC3 become less than optimal dan cause dusty condition excess in around the area of belt conveyor 531-BC3. Dusty condition can make other problem such as environmental pollution, cleaning cost, and reduce lifetime of return roller and belt. Plan of bypass dedusting duct is required as solution to minimize dusty condition in belt conveyor 531-BC3 so that the dust escapes or not sucked by fan 531-FN2 can sucked by other fan. In this plan of bypass line reviewed from type of material which carry by belt conveyor, capacity of fan and bag filter in there. At design of bypass dedusting duct also come butterfly valve or damper so it can be opened or closed, with checkhole which it to easy in checking and maintenance for this bypass dedusting duct.

Kata kunci : Belt Conveyor, Venting Hood, Dedusting Duct, Bag Filter, Fan

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini *dust collecting system* yang terdapat pada *belt conveyor* 531-BC3 masih kurang optimal, hal ini dapat ditinjau dari kebersihan area serta kondisi berdebu yang berlebih di area tersebut. Kondisi berdebu di *belt conveyor* 531-BC3 diakibatkan oleh kondisi *dedusting duct* yang mengalami penyempitan/penyumbatan yang diakibatkan material debu (semen atau *clinker*) yang menempel didalam *casing dedusting duct* sehingga mengakibatkan hisapan debu menjadi kurang optimal dan terdapat debu halus tidak terhisap akan keluar melalui rongga/celah-celah *rubber skirt* pada *venting hood*, akibatnya material debu beterbangan dan menumpuk dibawah dan sekitar area *belt conveyor*.

Hisapan debu pada *belt conveyor* sangat penting, karena berhubungan dengan kebersihan kondisi sekitar dan produksi semen. Jika terjadi kondisi berdebu yang berlebihan akan menimbulkan pencemaran lingkungan sehingga kesehatan seseorang dapat terganggu, dapat menimbulkan penumpukan material debu dibawah *belt conveyor* sehingga dapat mengakibatkan pekerjaan terus-menerus untuk *clean up* diarea tersebut, dan mengurangi umur dari *belt* dan *return roller*.

Untuk meminimalisir kondisi berdebu tersebut, diperlukan tindakan lain seperti menambah jalur *bypass dedusting duct*. Yang mana jalur *bypass dedusting duct* ini akan menyuplai ke *bag filter* dan *fan* lainnya, sehingga debu yang tidak terhisap oleh *fan* (531-FN2) yang terpasang pada *belt conveyor* 531-BC3 akan terhisap oleh *fan* yang lain dan kondisi berdebu di area *belt conveyor* 531-BC3 akan berkurang serta area tersebut akan menjadi lebih bersih.

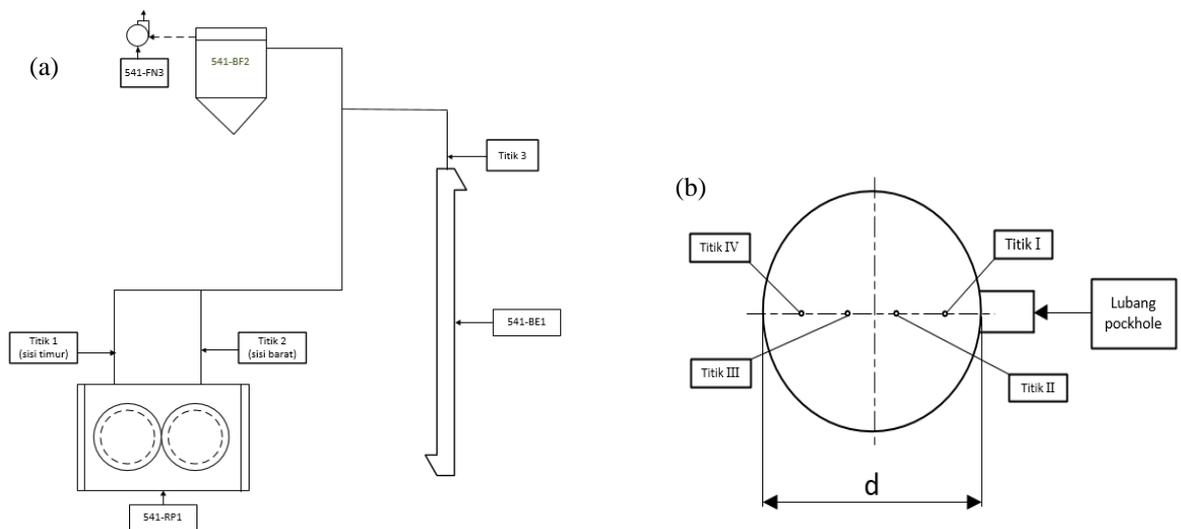
I. METODE PENELITIAN

2.1 Analisa Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengamatan pada *belt conveyor* 531-BC3 serta *dust collecting system*-nya secara langsung untuk mengetahui masalah yang terjadi dan melakukan pengecekan kondisi bagian dalam *dedusting duct* dari *dust collecting system* pada *belt conveyor* 531-BC3.

2.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dikumpulkan data mengenai temperatur, tekanan statis dan dinamis, diameter atau luas penampang serta besar bukaan *sliding damper* pada tiap *dedusting duct* pada *dust collection system* yang terdekat dari *belt conveyor* 531-BC3, yaitu *dedusting duct* dari *bag filter* 541-BF2. Dalam pengumpulan data ini dilakukan pengecekan secara langsung di beberapa titik (gambar 1.b) dengan menggunakan beberapa alat berupa *manometer digital*, *prandtl tube*, *termocouple digital*, *measuring tape* (meteran), dan *vernier* (jangka sorong).



Gambar 1.(a) . Titik pengukuran pada *dedusting duct* dari *bag filter* 541-BF2

1.(b) . Titik pengukuran didalam *dedusting duct* untuk tekanan dinamis

1) Data Temperatur

Pada pengukuran temperatur di *dedusting duct* 541-BF2 dilakukan dengan cara memasukkan *thermocouple* ke dalam *pockhole* yang tersedia pada *dedusting duct* pada 541-BF2. Selanjutnya, *pockhole* ditutup dengan kain agar hasil pengukurannya yang akurat. Setelah itu, *digital thermocouple* akan membaca temperatur di dalam *dedusting duct* tersebut dan menghasilkan nilai berupa satuan celcius ($^{\circ}\text{C}$).

2) Data tekanan statis dan dinamis

Dalam pengukurannya, *prantl tube* memiliki 2 penghubung untuk mengukur tekanan (dinamis dan statis). pada pengukuran tekanan statis penghubung pada *prantl tube* hanya dipasang 1 penghubung ke *digital manometer* sedangkan untuk tekanan dinamis

dipasang 2 konektor ke *digital manometer*. Pada pengukuran tekanan (statis dan dinamis) di *dedusting duct* 541-BF2 dengan memasukkan *prantl tube* ke dalam *dedusting duct* dari 541-BF2 melalui *pockhole*. Selanjutnya, *pockhole* ditutup dengan kain agar tidak ada udara yang masuk dan sehingga hasil pengukurannya menjadi akurat. Setelah itu, *manometer* akan membaca tekanan dinamis di dalam *dedusting duct* tersebut dan menghasilkan nilai berupa satuan *water gauge* (WG)(1 WG (water gauge) atau mmH₂O setara dengan 0,0980665 mbar).

2.3 Perancangan Desain Bypass Dedusting Duct

Pada tahap ini, penulis melakukan perancangan berdasarkan kebutuhan konsumen, hasil pemilihan konsep dan studi literatur. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan, yaitu :

1. Menghitung debit/aliran udara (*airflow*) pada *dedusting duct* dari *bag filter* 541-BF2, dengan menggunakan rumus :

Mencari massa jenis udara yang dihisap oleh *fan* [3]

$$\rho = \frac{\rho_{\text{ATM}} \times \rho_{\text{udara statis mutlak}}}{\left(\frac{1013 \times 273,15}{T}\right)} \quad \text{[persamaan. 1]}$$

Mencari kecepatan udara didalam *dedusting duct* [3]

$$V = \text{Faktor koreksi} \times \sqrt{\frac{2 \times \text{tekanan udara dinamis}}{\text{Massa jenis udara (yang dihisap)}}} \quad \text{[persamaan. 2]}$$

Mencari debit/aliran udara didalam *dedusting duct* [3]

$$Q = A \times V \quad \text{[persamaan. 3]}$$

2. Menghitung diameter *duct* yang digunakan sebagai jalur *bypass*, dengan menggunakan rumus :

Mencari diameter berdasarkan jumlah debit/aliran udara yang digunakan [1]

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad \text{[persamaan. 4]}$$

3. Menghitung dimensi *flange* pada pipa/*duct* yang gunakan sebagai media penyambungan antar komponen, dengan menggunakan rumus :

Nominal dari diameter baut [2]

$$d = 0,75 t + 10 \quad \text{[persamaan. 5]}$$

Jumlah baut yang akan digunakan [2]

$$n = 0,0275 D + 1,6 \quad \text{[persamaan. 6]}$$

Ketebalan *flange* [2]

$$t_f = 1,5 t + 3 \quad \text{[persamaan. 7]}$$

Lebar *flange* [2]

$$B = 2,3 d \quad \text{[persamaan. 8]}$$

Diameter luar dari *flange* [2]

$$D_o = D + 2t + 2B \quad \text{[persamaan. 9]}$$

Pitch circle diameter dari baut *flange* [2]

$$D_p = D + 2t + 2d \quad \text{[persamaan. 10]}$$

Circumdifferential pitch diameter dari baut *flange* [2]

$$P_c = \frac{\pi \times D_p}{n} \quad \text{[persamaan. 11]}$$

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

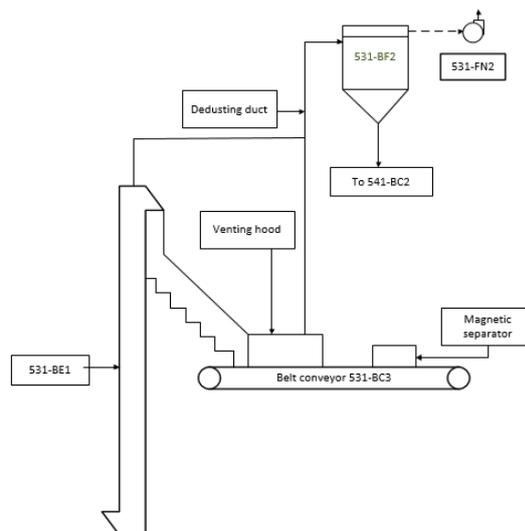
3.1 Kriteria Pemilihan Desain

Pemasangan jalur *bypass dedusting duct* dilatar belakangi oleh kondisi berdebu pada area *belt conveyor* 531-BC3 dan berdasarkan dari analisis untuk rancangan menurut *guidelines* PT. Holcim Indonesia Tbk. diantaranya :

1. Jalur hisapan *bypass* menyuplai ke *bag filter* yang mempunyai percabangan *dedusting duct*-nya kurang dari 6 atau 7 menurut standart PT. Holcim Indonesia Tbk.
2. Jalur hisapan *bypass* dapat dibuka maupun ditutup.
3. Mencukupi ruangan yang tersedia pada objek pemasangan (terutama sudut gelincir material pada *dedusting duct*)
4. Mudah dalam proses perawatan dan pengecekan.
5. Harga setiap komponen alat dapat dijangkau.

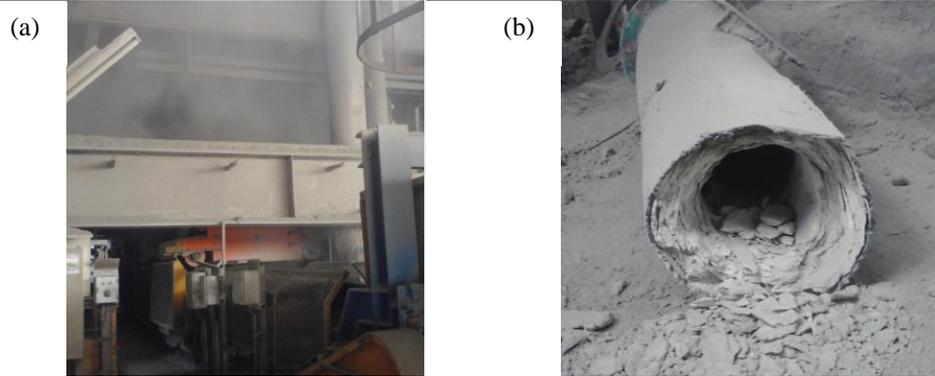
3.2 Desain Bypass Dedusting Duct

Pada saat ini, *belt conveyor* 531-BC3 hanya memiliki 1 *dedusting duct* yang terpasang di *venting hood* yang memiliki dimensi (panjang 5,4 m, lebar 1 m dengan tinggi 1,3 m) dan tersalurkan ke *bag filter* 531-BF2 yang menggunakan daya hisap *fan* 531-FN2 (seperti pada gambar 2). Menurut *flowsheet* PT. Indonesia Tbk. bahwa *bag filter* 531-BF2 memiliki kapasitas 8000 m³/h dan *fan* 531-FN2 memiliki kapasitas 9000 m³/h.



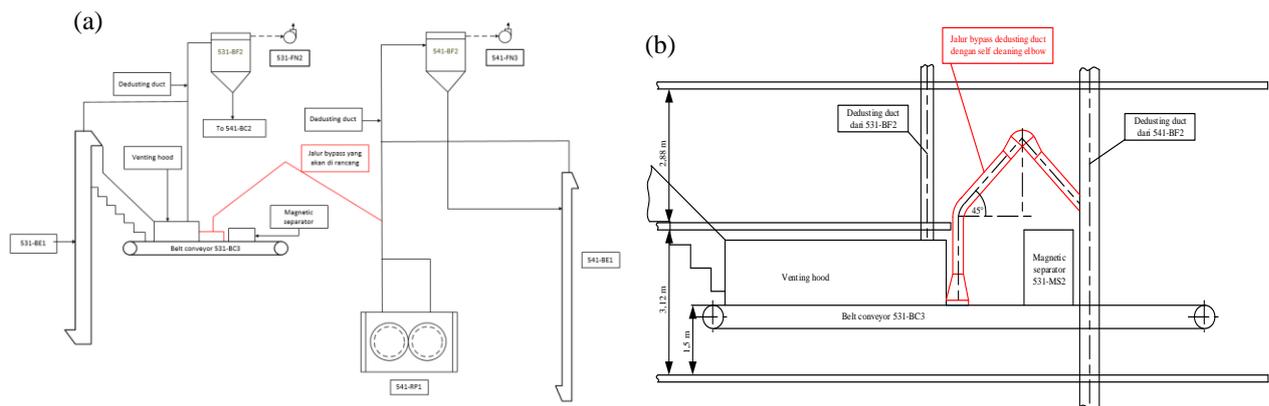
Gambar 2. Kondisi pada *belt conveyor* 531-BC3 serta *dust collection system*-nya.

Ketika *belt conveyor* 531-BC3 beroperasi, *belt conveyor* akan mengangkut 3 material (*clinker*, *gypsum* dan *limestone*) dalam 1 *belt* dari *bucket elevator* 531-BE1. Pada saat material tersebut berjatuhan, hal ini akan menimbulkan kondisi berdebu pada *venting hood* yang ada di *belt conveyor* 531-BC3. Debu yang ada di *venting hood* akan menuju *bag filter* 531-BF2 melalui *dedusting duct* dengan bantuan daya hisap dari *fan* 531-FN2. Namun dikarenakan kondisi *dedusting duct* yang mengalami penyempitan atau penyumbatan akibat material yang menempel pada *casing* bagian dalam *dedusting duct* tersebut (seperti gambar 1(b)), sehingga hisapan debu menjadi kurang optimal, akibatnya banyak debu yang lolos atau tidak terhisap oleh *fan* 531-FN2 yang mengakibatkan kondisi berdebu diarea *belt conveyor* 531-BC3 (seperti gambar 3(a)).



Gambar : 3.(a) kondisi berdebu pada *belt conveyor* 531-BC3
3.(b) kondisi *dedusting duct* dari *dust collection system* pada *belt conveyor* 531-BC3

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dibuat rancangan jalur *bypass dedusting duct* yang akan menyuplai ke *dedusting duct* dari *bag filter* 541-BF2 dengan daya hisap dari *fan* 541-FN3 (seperti gambar 4). jalur *bypass dedusting duct* berfungsi agar debu yang tidak terhisap oleh *fan* 531-FN2 dapat terhisap oleh *fan* 541-FN3. Menurut *flowsheet* PT. Indonesia Tbk., bahwa *bag filter* 541-BF2 memiliki kapasitas 10000 m³/h dan *fan* 541-FN3 memiliki kapasitas 11000 m³/h serta memiliki 3 titik percabangan yaitu pada *bucket elevator* 541-BE1 dan *Roller pressure* 541-RP1.



Gambar 4.(a) Rancangan jalur *bypass dedusting duct*

4.(b) Rancangan *bypass dedusting duct*

3.3 Perhitungan Rancangan

Pada tahap ini diperlukan data dari hasil pengukuran temperatur dan tekanan (statis dan dinamis). Data tersebut akan berfungsi untuk mengetahui nilai debit/aliran udara yang terdapat di setiap *dedusting duct* pada jalur *bag filter* 541-BF2. Berikut ini terdapat beberapa tabel yang menunjukkan hasil dari pengukuran secara langsung dilapangan.

Tabel 1. Hasil pengukuran temperatur pada *dedusting duct* pada 541-BF2 dengan menggunakan *digital thermocouple*

Bag filter	Temperatur dedusting duct (°C)			Keterangan
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	
541-BF2	37,63	36	31	<ul style="list-style-type: none"> • Titik 1 pada hisapan debu rotary pregrinder (541-RP1) sisi timur • Titik 2 pada hisapan debu rotary pregrinder (541-RP1) sisi barat • Titik 3 pada hisapan debu top bucket elevator 541-BE1

Tabel 2. Hasil pengukuran tekanan statis pada *dedusting duct* 541-BF2

Titik pengukuran (Didalam dedusting duct)	Tekanan statis (WG) Persentasi bukaan damper 50%		
	Titik 1 (diameter dedusting duct 214 mm)	Titik 2 (diameter dedusting duct 214 mm)	Titik 3 (diameter dedusting duct 464 mm)
I	8,9	6,8	55
II	9	7,1	60
III	9,1	7	62
Rata-rata	9	7	59
Tekanan statis (mbar)	0,88	0,68	5,79

(keterangan : 1 WG = 0,0980665 mbar)

Tabel 3. Hasil pengukuran tekanan dinamis pada *dedusting duct* 541-BF2

Titik pengukuran (Didalam dedusting duct)	Tekanan dinamis (WG) Persentasi bukaan damper 50%		
	Titik 1 (diameter dedusting duct 214 mm)	Titik 2 (diameter dedusting duct 214 mm)	Titik 3 (diameter dedusting duct 464 mm)
I	9	4	5
II	12	6	6
III	13	7	6
IV	9	5	7

Setelah data tersebut diketahui, maka dilanjutkan tahap perhitungan debit/aliran udara di setiap *dedusting duct* dari jalur *bag filter* 541-BF2 dengan menggunakan rumus yang tercantum pada bab II (bagian 2.3). diketahui nilai massa jenis udara pada kondisi atmosfer (ρ_{ATM}) di PT. Holcim Indonesia Tbk. Sebesar $1,293 \text{ kg/m}^3$, tekanan lingkungan di PT. Holcim Indonesia Tbk. Sebesar 1001,29 mbar, dan Faktor koreksi sebesar 10.

Berdasarkan perhitungan dengan rumus tersebut didapatkan nilai debit/aliran udara pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 hasil perhitungan aliran udara didalam *dedusting duct* pada *bag filter* 541-BF2

Bag filter	Titik pengukuran	Luas penampang (m ²)	Kecepatan udara (m/s)	Aliran udara (m ³ /h)
541-BF2	1	0,036	12,00	1555,2
	2	0,036	8,16	1057,5
	3	0,169	6,97	4240,5

Pada tabel 4 aliran udara pada titik 3 (titik *bucket elevator* 541-BE1 (*top bucket*)) sangat besar yakni 4240,5 m³/h, hal ini yang dapat dikurangi bukaan *sliding damper* pada *dedusting duct*-nya, untuk mendapatkan debit/aliran udara yang dibutuhkan dalam rancangan jalur *bypass dedusting duct* ini, sedangkan pada titik *roller pressure* 541-RP1 tidak memungkinkan untuk dikurangi bukaan *sliding damper* dikarenakan *roller pressure* 541-RP1 memiliki potensi berdebu yang tinggi. Berdasarkan *guidelines* PT.Holcim Indonesia Tbk. besar aliran udara yang dibutuhkan dalam rancangan *bypass dedusting duct* sebesar 2750 m³/h, sehingga 4240 m³/h dikurangi 2750 m³/h didapatkan 1490,5 m³/h. Berdasarkan hasil pengurangan tersebut didapatkan yang semula bukaan *sliding damper* sebesar 100% dengan nilai debit/aliran udara 4240 m³/h, akan menjadi 1490,5 m³/h dengan bukaan *sliding damper* sebesar 35,149 %.

Setelah debit/aliran udara yang dibutuhkan mencukupi untuk rancangan, maka dapat melanjutkan tahap penentuan dimensi komponen untuk jalur *bypass dedusting duct* dengan menggunakan rumus yang sudah tercantum pada bab II (bagian 2.3).

Berikut ini merupakan penentuan dimensi dengan menggunakan rumus yang sudah tercantum pada bab II (bagian 2.3) untuk mendapatkan dimensi dari *duct/pipa*, *flange*, dan *venting hood*, antara lain :

a. Diameter pipa/duct

Berdasarkan *guidelines* PT.Holcim Indonesia Tbk. besar aliran udara yang dibutuhkan dalam rancangan *bypass dedusting duct* sebesar 2750 m³/h dan desain saluran udara yang baik, kecepatan udara sebesar 15 m/s hingga 18 m/s. Berdasarkan nilai kecepatan dari *guidelines* tersebut dan rumus yang sudah tercantum pada bab II (bagian 2.3) didapatkan diameter pipa/duct sebesar 232,4 mm atau setara dengan 9,1496 inch. Dikarenakan pipa/duct berukuran 9,1496 inch tidak ada, maka dianjurkan menggunakan pipa/duct yang berukuran 10 inch atau setara 254 mm dan tidak menganjurkan menggunakan pipa/duct yang berukuran kurang dari 9,1496 inch atau 9 inch ke bawah, dikarenakan jika pipa/duct yang digunakan untuk jalur *bypass* semakin kecil maka debu yang terhisap tidak optimal.

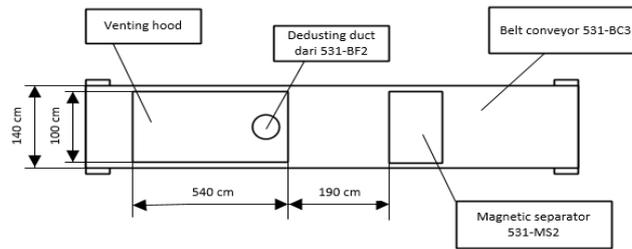
b. Dimensi flange

Pada perhitungan dimensi *flange*, diketahui menurut *guidelines* PT. Holcim Indonesia Tbk. ketebalan *duct/pipa* dan *venting hood* sebesar 3 mm dan hasil rancangan diameter *dedusting duct* untuk jalur *bypass* sebesar 10 inch atau 254 mm. Berdasarkan dimensi dari *guidelines* tersebut dan rumus yang sudah tercantum pada bab II (bagian 2.3) didapatkan nominal dari diameter baut sebesar 12, jumlah baut yang akan digunakan sebanyak 10 buah, ketebalan *flange* sebesar 10 mm, lebar *flange* 42,872 mm, diameter luar dari *flange* sebesar 315,2 mm, pitch circle diameter dari baut *flange* sebesar 284,5 mm.

c. Dimensi Venting hood

Pada tahap menentukan dimensi *venting hood* untuk jalur *bypass*, perlu diketahui terlebih dahulu besar ruang yang tersedia. Diketahui jarak antara *venting hood* (jalur *bag filter* 531-BF2) dengan *magnetic separator* 531-MS2 sebesar 190 cm, serta lebar dari *belt*

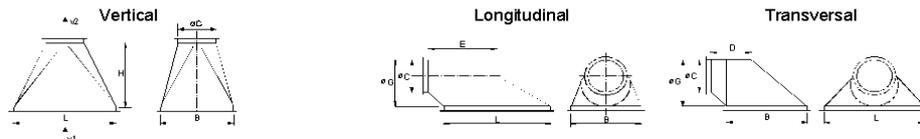
conveyor 531-BC3 sebesar 140 cm, dan pada *venting hood* yang sudah ada memiliki panjang 540 cm, lebar 100 cm dengan tinggi 130 cm seperti pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Sketsa besar ruang yang tersedia untuk *venting hood* jalur *bypass*

Pada tabel 5 dibawah ini menunjukkan bahwa *air quantity* sebesar 2750 m³/h atau setara dengan 0,7638 m³/s tidak ada, maka digunakan *air quantity* terdekat yaitu sebesar 3000 m³/h. Sehingga dari tabel 5 tersebut didapatkan dimensi *venting hood* dengan *air quantity* sebesar 3000 m³/h, antara lain memiliki ukuran panjang 900 mm, lebar 660 mm, tinggi 570 mm dan diameter *outlet* 244 mm, namun untuk mendapatkan dimensi yang presisi dalam menentukan dimensi *venting hood* untuk jalur *bypass* dengan persamaan Q₁ = Q₂. Berdasarkan ketentuan *guidelines* PT. Holcim Indonesia Tbk. V₁ sebesar 1,4 m³/s dan V₂ sebesar 18 m³/s.

Tabel 5. Dimensi *venting hood* menurut *guidelines* PT. Holcim Indonesia Tbk.



Air Quantity	v1	v2	L	B	H	Ø C	Ø G	L	B	E	D	
m ³ /h	m ³ /min	ms-1	ms-1	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
250	4.2	1.40	18.0	260	190	165	70.0 *	97	260	190	157.0	122.0
500	8.3	1.40	17.5	370	270	235	100.5 *	143	370	270	227.0	177.5
750	12.5	1.40	17.0	450	330	280	125.0 *	178	450	330	278.0	218.0
1000	16.6	1.40	17.2	520	380	325	143.5 *	207	520	380	323.5	253.5
1250	20.8	1.40	17.7	580	425	365	158.0 *	233	580	425	365.0	287.5
1500	25.0	1.44	17.9	630	460	400	172.0	253	630	460	396.0	311.0
1750	29.2	1.43	17.9	680	500	430	186.0	276	680	500	430.0	340.0
2000	33.3	1.39	17.9	740	540	470	198.0	299	740	540	471.0	371.0
2500	41.6	1.41	18.0	820	600	520	222.0	334	820	600	522.0	412.0
3000	50.0	1.40	17.9	900	660	570	244.0	368	900	660	574.0	454.0
3500	58.3	1.44	17.8	960	700	610	262.0	391	960	700	609.0	479.0
4000	66.6	1.40	18.0	1040	760	660	280.0	426	1040	760	666.0	526.0
4500	75.0	1.42	17.9	1100	800	700	298.0	449	1100	800	701.0	557.0
5000	83.3	1.42	17.9	1150	850	740	314.0	475	1150	850	739.0	589.0
6000	100.0	1.42	17.9	1260	930	800	344.0	524	1260	930	810.0	645.0

*Commercial Pipes and Bends
Sheet Thickness for Suction Hoods and Ducts: 3-4mm
Intake Velocity at Hoods according to Above Table: V₁ = ~ 1.4m/s
Air Velocity in Dedusting Duct: V₂ = > 18m/s

Berdasarkan kondisi *venting hood* yang saat ini terpasang memiliki lebar 100 cm atau 1000 mm, maka dimensi dari *venting hood* untuk jalur *bypass* harus disesuaikan dengan kondisi *venting hood* yang saat ini terpasang (*venting hood* jalur *bag filter* 531-BF2).

Berikut ini merupakan perhitungan untuk mengetahui dimensi dari *venting hood* untuk jalur *bypass* yang menggunakan persamaan Q₁ = Q₂.

a. Perhitungan panjang dari *venting hood*, sebagai berikut :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

$$P_1 \times L_1 \times V_1 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times V_2$$

$$P_1 \times 1 \times 1,4 = 0,7638 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_1 = 0,545 \text{ m}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa dari panjang dari *venting hood* sebesar 0,545 m atau 54,5 cm.

b. Perhitungan diameter *outlet* dari *venting hood*, sebagai berikut :

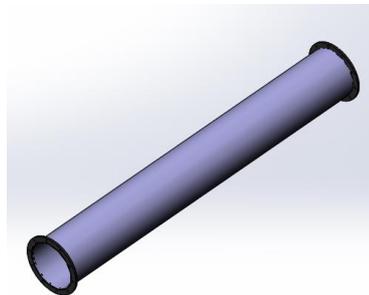
$$\begin{aligned}
 Q_1 &= Q_2 \\
 A_1 \times V_1 &= A_2 \times V_2 \\
 0,7638 \text{ m}^3/\text{s} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times V_2 \\
 0,7638 \text{ m}^3/\text{s} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times 18 \\
 0,05402278 \text{ m} &= D^2 \\
 0,2324 \text{ m} &= D
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan bahwa dari diameter *outlet* dari *venting hood* sebesar 0,2324 m atau 23,24 cm. Namun dikarenakan diameter pipa/*duct* yang digunakan untuk jalur *bypass* sebesar 254 mm atau 10 inch, maka dimensi diameter *outlet* dari *venting hood* akan disesuaikan dengan diameter pipa/*duct* yang digunakan untuk jalur *bypass* yaitu sebesar 254 mm atau 25,4 cm.

Berdasarkan keseluruhan perhitungan tersebut didapatkan dimensi *venting hood* untuk jalur *bypass* memiliki ukuran panjang 545 mm, lebar 1000 mm, tinggi 570 mm dan diameter *outlet* 254 mm. Pada *venting hood* untuk jalur *bypass* juga diberikan tambahan plat yang berukuran 100 mm x 1000 mm sebagai media bantu dalam pemasangan *rubber skirt*.

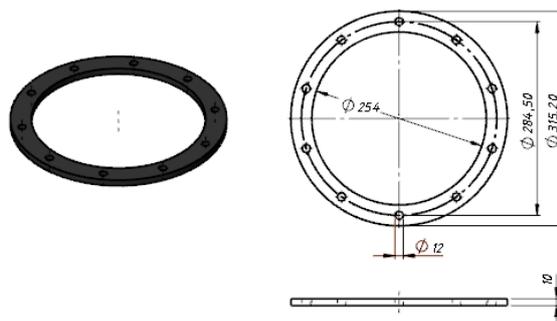
2.4 Desain Komponen Jalur *Bypass Dedusting Duct*

a. *Dedusting Duct*



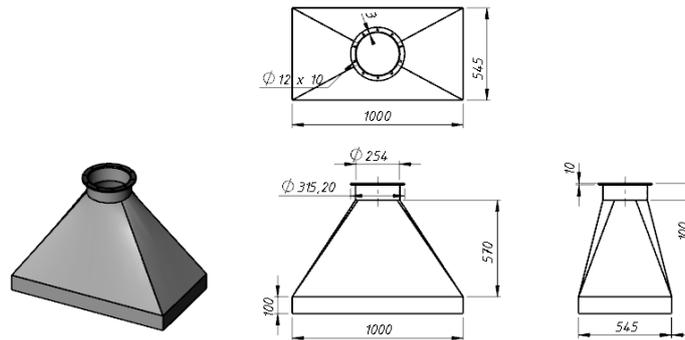
Gambar 6. Desain *Dedusting Duct* (10 inch)

b. *Flange*



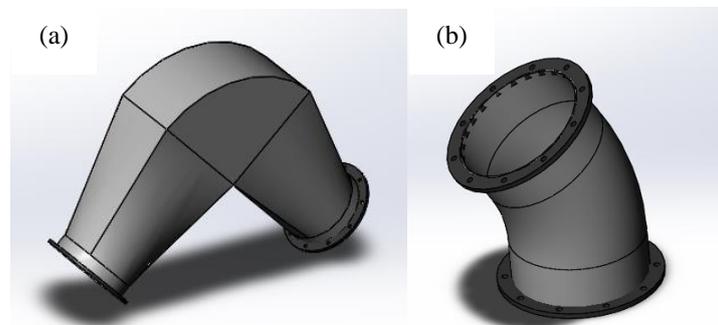
Gambar 7. Desain *flange*

c. *Venting hood*



Gambar 8. Desain *venting hood*

d. *Elbow/Belokan Duct*



Gambar 9.(a). Desain *Self Cleaning Elbow 90°*
9.(b). Desain *Elbow 45°* (untuk *Venting hood*)

III. KESIMPULAN

Jalur *bypass dedusting duct* yang dirancang untuk membantu kinerja *dust collecting system* (*bag filter 531-BF2* dan *fan 531-FN2*) pada *belt conveyor 531-BC3*, yang mana jalur *bypass* ini berfungsi untuk menyalurkan debu yang tidak terhisap oleh *fan 531-FN2* dapat terhisap oleh *fan 541-FN2*, sehingga dapat meminimalisir kondisi berdebu di *belt conveyor 531-BC3*.

IV. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Holcim Indonesia Tbk. sebagai penyedia fasilitas.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ir . Latar Muhammad Arif, MSc, "Tahapan Perancangan Sistim Ventilasi Lokal," Universitas Esa Unggul, 2013.
- [2]. R.S. Khurmi, J.K Gupta , "A Textbook of Machine Design" Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., Ram Nagar, New Delhi-110-055, 2005.
- [3]. Budi Prasetyo, "Modifikasi Venting Hood untuk Mengurangi Emisi Debu dan Penyumbatan pada Duct Bag Filter." Narogong, Politeknik Negeri Jakarta, 2014.

PERANCANGAN BAG FILTER TIPE SHAKER CLEANING DI BATCHING PLANT PONDOK INDAH 2

Agung Priyana¹, Jauhari Ali², Susila Harsano³, Abdul Mujib⁴

¹Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424,

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

³Regional ACM Maintenance Coordinator area Greater Jakarta & Mobile, PT Holcim Indonesia Tbk.

⁴NAR Civil Engineer, PT Holcim Indonesia Tbk.
agungpriyana.holcim@gmail.com

Abstrak

Batching Plant adalah suatu unit mesin atau tempat untuk memproduksi beton ready-mix atau beton siap tuang dalam skala besar. Proses produksi beton ini diawali dengan persiapan material campuran beton seperti agregat kasar (batu kerikil), agregat halus (pasir), semen, fly ash (residu hasil pembakaran batu bara), air dan admixture. Semua material tersebut kemudian ditimbang sesuai proporsinya, dan siap untuk dimasukkan dan diaduk di dalam truck mixer (truk pengaduk campuran beton). Agregat kasar dan halus ditransportasikan ke dalam truck mixer menggunakan belt conveyor. Sedangkan semen dan fly ash ditransportasikan menggunakan screw conveyor. Proses pemuatan campuran beton ini terjadi di area loading point pada batching plant Pondok Indah 2. Pada saat proses pemuatan, jatuhnya material semen dan fly ash pada outlet screw conveyor menuju corong truck mixer mengakibatkan lingkungan menjadi berdebu. Bag filter harus dipasang pada area loading point agar area berdebu dapat diminimalkan. Bag filter merupakan alat pengumpul debu (dedusting equipment) dengan cara menghisap debu yang timbul saat proses produksi. Bag filter menggunakan fan sebagai tenaga penghisap dan bag cloth sebagai media penangkap debu. Bag filter tipe shaker cleaning memakai alat pengguncang untuk pembersihan debu yang tertangkap pada bag cloth. Tipe ini mempunyai keunggulan diantaranya adalah biaya instalasi dan perawatan yang rendah, dan tidak membutuhkan banyak komponen dibandingkan bag filter tipe pulse jet cleaning dan reverse air cleaning. Desain bag filter yang dirancang mengacu pada guideline HGRS (Holcim Group Regional Support). Kapasitas bag filter menyesuaikan jenis dan dimensi alat transport. Kapasitas bag filter yang didapat adalah 3000 m³/jam. Sedangkan kapasitas fan adalah 3500 m³/jam. Tipe bag cloth berbahan polyester. Alat pengguncang bag cloth yang digunakan adalah vibrator.

Kata Kunci : *Batching Plant, Belt Conveyor, Screw Conveyor, Bag Filter, Shaker Cleaning*

Abstract

Batching Plant is a machine unit or a place to produce ready-mix concrete on a large scale. The concrete production process begins with the preparation of mixed concrete materials such as coarse aggregate (gravel), fine aggregate (sand), cement, fly ash (coal burning residue), water and admixture. All of these materials are then weighed according to their proportions, and ready to be inserted and stirred in the mixer truck (mixed concrete mixer truck). The coarse and fine aggregates are transported into the mixer truck using a belt conveyor. While cement and fly ash are transported using screw conveyor. The loading process of this concrete mixture takes place in the loading point area of the Batching Plant Pondok Indah 2. At the loading process, falling of cement and fly ash materials at the screw conveyor outlet towards the truck mixer funnel causes the environment to become dusty. Bag filters should be installed in the loading point area so that the dust area can be minimized. Bag filter is a dust collection tool (dedusting equipment) by sucking dust that arises during the production process. Bag filter using the fan as a suction power and bag cloth as a media catcher of dust. Bag filter type shaker cleaning using a shaker tool for cleaning dust caught on bag cloth. This type has advantages such as low installation and maintenance costs, and does not require many components than bag filter type pulse jet cleaning and reverse air cleaning. Design of designed filter bag refers to HGRS guideline (Holcim Group Regional Support). Bag filter capacity adjusts the type and dimensions of transport equipment. The bag filter capacity is 3000 m³/hour. While the fan capacity is 3500 m³/hour. Type of bag made from polyester. The baggage bag tool used is a vibrator.

Keyword : *Batching Plant, Belt Conveyor, Screw Conveyor, Bag Filter, Shaker Cleaning*

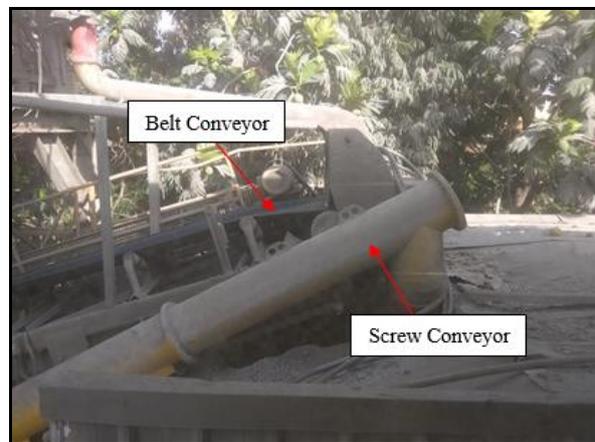
1. PENDAHULUAN

Batching Plant atau *Concrete Batching Plant* adalah suatu unit mesin atau tempat untuk memproduksi beton dalam skala besar. *Batching Plant* digunakan agar produksi beton *ready mix* (beton siap tuang) tetap dalam kualitas yang baik, sesuai standar, nilai *slump test* dan *strength*-nya stabil sesuai yang diharapkan. Untuk itu, komposisi material harus terkendali. [1] Proses pembuatan beton diawali dengan penimbangan semua bahan baku beton seperti agregat kasar (batu kerikil), agregat halus (pasir), semen, *fly ash* (residu hasil pembakaran batu bara), air dan *admixture*. Setelah itu campuran beton siap ditransportasikan ke dalam *truck mixer* untuk diaduk. Agregat kasar dan halus ditransportasikan ke dalam *truck mixer* menggunakan *belt conveyor*. Sedangkan semen dan *fly ash* ditransportasikan menggunakan *screw conveyor*. Proses pencampuran dan pengadukan bahan baku beton ini terjadi di area *loading point* pada *batching plant*.

Permasalahan yang biasa terjadi dalam proses produksi beton di *batching plant* adalah kebisingan dan debu. Kebisingan dihasilkan oleh putaran alat pengaduk campuran beton atau *truck mixer*. Sedangkan debu diakibatkan oleh jatuhnya material semen dan *fly ash* di corong *truck mixer* ketika proses pemuatan. Karena sifat material tersebut sangat halus, hal ini membuat semen dan *fly ash* berterbangan di dalam dan luar area *loading point*.

Alat untuk menangani hal tersebut dikenal dengan *dust collector*. *Dust collector* adalah alat pengumpul debu (*dust collecting*) yang dipakai untuk menghisap debu semen dan *fly ash* di area *loading point* yang menyebabkan polusi udara dari proses produksi. Salah satu *dust collector* yang umum dipakai di industri adalah *Bag Filter*. Secara umum *bag filter* dibedakan menjadi 3 tipe berdasarkan metode pembersihannya yaitu, *reverse air cleaning*, *pulse jet cleaning* dan *shaker cleaning*. Tidak terdapatnya alat pengumpul debu di *loading point batching plant* Pondok Indah 2 membuat debu semen dan *fly ash* berterbangan dan mengotori lingkungan sekitar.

Maka rumusan masalah dan tujuan dari makalah ini yaitu merancang *bag filter* tipe *shaker cleaning* sebagai alat penangkap debu dikarenakan alat tersebut mempunyai biaya pemasangan dan perawatannya yang rendah dibanding *bag filter* tipe lain. Perancangan ini bertujuan untuk mempersiapkan desain *bag filter* agar pemasangannya dapat menciptakan keamanan, kenyamanan dan kesehatan lingkungan.



Gambar 1. (a) Tampak depan *loading point* dan 1. (b) Tampak samping atas *loading point*

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisa Masalah

Studi lapangan dilakukan sebagai observasi awal untuk memperoleh gambaran umum tentang kondisi yang akan diteliti dan memahami permasalahannya. Masalah yang terjadi di area *batching plant* Pondok Indah 2 tepatnya terjadi di area *loading point* adalah debu. Debu ini berasal dari debu semen dan *fly ash* yang keluar dari sistem pada saat proses pemuatan campuran beton ke dalam *truck mixer*. Selain menimbulkan pencemaran udara, penggunaan semen dan *fly ash* pun tidak maksimal.



Gambar 2. Kondisi berdebu di sekitar *loading point*

2.2 Penyelesaian Masalah

Setelah masalah didapatkan, maka perlu adanya penyelesaian masalah. Penyelesaian masalah dilakukan dengan cara melakukan diskusi dengan pembimbing di lapangan maupun dengan para karyawan. Dari hasil diskusi tersebut, didapatkan hasil bagaimana cara mencegah bahwa adanya debu semen dan *fly ash* yang keluar dari sistem pada saat proses *loading* campuran beton ke *truck mixer* dengan cara membuat *bag filter*. *Bag filter* di rancang agar debu semen dan *fly ash* yang keluar dari sistem dapat dihisap oleh *bag filter* sehingga tidak menimbulkan masalah.

2.3 Perancangan

Pada tahap ini, dilakukan perancangan berdasarkan kebutuhan konsumen, hasil pemilihan konsep dan studi literatur. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan standar yang telah ditentukan oleh *Design Guidelines* PT. Holcim Indonesia Tbk, yaitu :

1. Menentukan besarnya kapasitas *bag filter* didasarkan pada ukuran dan jenis alat transport material yang dipakai di *batching plant*. Berikut tabel penentuan kapasitas *bag filter* menurut *Design Guidelines* PT. Holcim Indonesia Tbk. :

Tabel 1. Jenis alat transport material beserta kapasitas *bag filter* yang dibutuhkan [2]

MACHINE UNIT	SIZE (mm)	m ³ /h	DETAILS / REMARKS			m ³ /h
			A	B	C	
BELT CONVEYORS 	650	4250	1500	1750	1000	
	850	5250	2000	2250	1000	
	1000	6500	2500	2750	1250	
	1200	7750	3000	3250	1500	
	1400	8750	3500	3750	1500	
	1600	10'000	4000	4250	1750	
TROUGH CHAIN AND SCREW CONVEYORS	200	500	PER 10m LENGHT			
	250	500				
	315	500				
	400	750				
	500	750				
	630	1000				
	800	1000				
	1000	1250				

2. Menghitung besarnya nilai *Air to Cloth Ratio* untuk menentukan jumlah *bag cloth* yang akan digunakan pada *bag filter*, dengan menggunakan rumus :

Air to Cloth Ratio [3]

$$A/C \text{ ratio} = \frac{Q}{A} \quad [\text{Persamaan. 1}]$$

$$A = \pi \cdot D \cdot l \cdot n$$

Keterangan :

A/C ratio = *Air to Cloth Ratio* ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$)

Q = *Flow Rate/Kapasitas* (m^3/menit)

A = *Total Filtration Area* (m^2)

D = *Diameter bag cloth* (m)

l = *Panjang bag cloth* (m)

n = *Jumlah bag cloth yang akan dipakai*

Besarnya nilai *A/C ratio* maksimum dibatasi untuk debu semen sebesar $1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$. [2]

3. Menghitung besarnya nilai *Can Velocity* untuk mengetahui kecepatan aliran udara kotor diantara *bag cloth*.

Can Velocity [3]

$$\text{Can velocity} = \frac{Q}{A1 - (A2 \cdot n)} \quad [\text{Persamaan. 2}]$$

Keterangan :

Can velocity = Kecepatan aliran udara diantara *bag cloth* (m/s)

Q = *Total flow rate* (m^3/s)

A1 = *Luas tubesheet* (m^2)

A2 = *Luas lubang tubesheet* (m^2)

n = *Total jumlah bag cloth*

4. Menghitung diameter *duct* yang digunakan sebagai jalur hisap *bag filter*, dengan menggunakan rumus :

Mencari diameter berdasarkan jumlah kapasitas *bag filter* yang digunakan dan kecepatan udara yang ditentukan. [4]

$$dc = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot v}} \quad [\text{Persamaan. 3}]$$

Keterangan :

dc = diameter *duct* (m)

Q = debit udara (m^3/menit)

v = kecepatan transport/angkut (m/menit)

5. Menentukan derajat kemiringan hopper

Besarnya nilai kemiringan *hopper* tidak boleh kurang dari 55° untuk debu semen. [2] Nilai tersebut kemiringan hopper ditentukan berdasarkan nilai *angle of repose* material. *Angle of repose* adalah sudut kemiringan yang terbentuk terhadap garis horizontal ketika material ditimbun.

6. Menentukan spesifikasi *fan* dan motor penggerak

Kapasitas *fan* harus 15% lebih besar dari kapasitas *bag filter* yang dibutuhkan [2]. Pemilihan *fan* ditujukan pada vendor *fan*. Dengan diketahui kapasitas *fan* yang akan dipakai, dapat diketahui spesifikasi *fan* dan motor penggerak yang sesuai.

7. Menentukan alat pengguncang *bag cloth*

Bag filter tipe shaker cleaning menggunakan alat pengguncang sebagai pembersihannya. Di antara alat pengguncang yang umum dipakai pada *bag filter* adalah *vibrator* dan pelatuk. Perbedaannya adalah *vibrator* menggunakan tenaga listrik atau pneumatik untuk menggetarkan *bag cloth*. Sedangkan pelatuk digerakkan secara memutar oleh bantuan motor penggerak, Dari putaran tersebut, pelatuk digunakan untuk memukul *Hanger Bag* sehingga *bag cloth* akan bergetar dan debu jatuh.

8. *Airlock system*

Airlock System adalah sistem yang berfungsi untuk mencegah agar udara luar tidak bisa masuk ke dalam sistem (ruang *bag filter*). Ada 2 (dua) jenis *airlock system* yang biasa dipakai pada *bag filter* yaitu *rotary air lock* dan *butterfly valve*. Selain itu, kedua alat ini berfungsi sebagai jalur pembuangan debu yang tertampung di *hopper*. *Rotary air lock* umumnya digerakkan oleh motor dengan perantara *gearbox*. Sedangkan *butterfly valve* umumnya digerakkan oleh *pneumatic*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

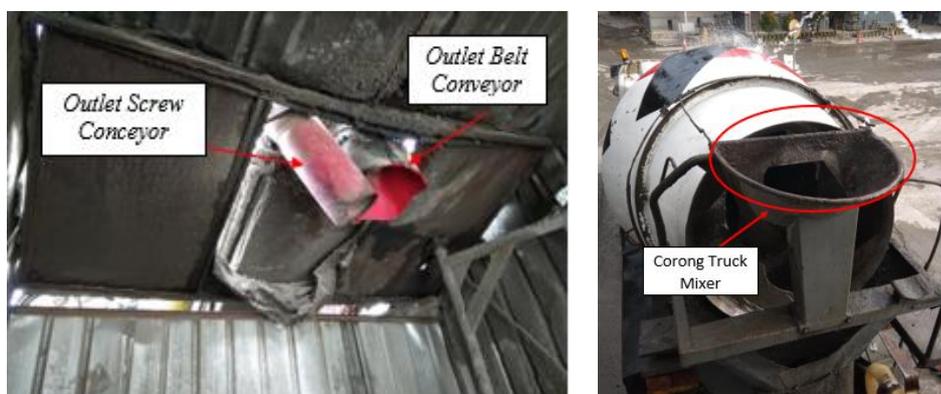
3.1 Kriteria Pemilihan Desain

Pemasangan *Bag Filter* dilatar belakangi oleh kondisi berdebu pada saat proses produksi beton di area loading point di Batching Plant Pondok Indah 2, serta bertujuan untuk meminimalisir adanya debu yang keluar dari sistem sehingga mencemari udara dan penggunaan bahan baku yang tidak maksimal. Oleh karena itu, proses perancangan *bag filter* disesuaikan dengan kriteria yang telah disusun berdasarkan kebutuhan konsumen.

- Material debu semen dan *fly ash* tidak berterbangan di sekitar area *loading point* dan mengotori lingkungan dikarenakan dihisap oleh *bag filter* sehingga area berdebu dapat diminimalisir.
- Mudah dalam proses Instalasi dan Re-Instalasi.
- Mudah dalam proses perawatan.
- Komponen alat mudah didapat dan dioperasikan.
- Harga setiap komponen alat dapat dijangkau.

3.2 Masalah dan Solusi Untuk Kondisi Berdebu

Masalah yang terjadi di area *batching plant* Pondok Indah 2 tepatnya terjadi di area *loading point* adalah debu. Debu ini berasal dari debu semen dan *fly ash* yang keluar dari sistem pada saat proses pemuatan campuran beton ke dalam *truck mixer*. Berdasarkan hasil identifikasi masalah, didapatkan bahwa adanya debu semen dan *fly ash* yang keluar dari sistem pada saat proses loading campuran beton ke *truck mixer* yang ditransportasikan oleh *screw conveyor* menuju corong *truck mixer*.



Gambar 3. (a) Jalur keluaran material dan 2. (b) Corong pada *truck mixer*

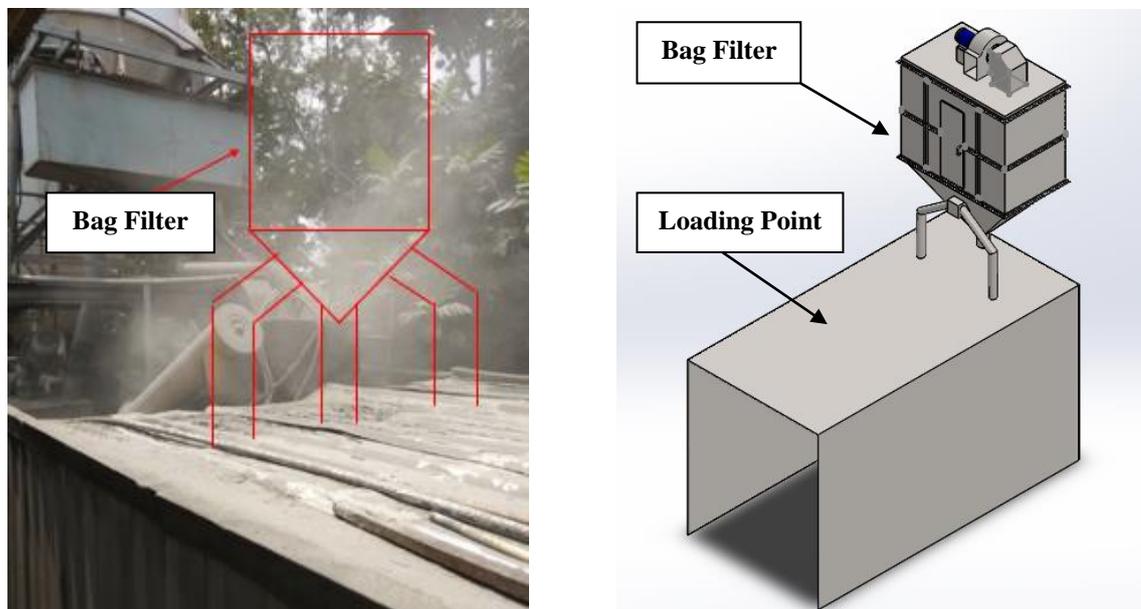
Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu adanya perancangan *bag filter*. *Bag Filter* dibutuhkan untuk menghisap debu semen dan *fly ash* dan membawanya sampai debu tersebut dapat tertangkap oleh media penangkap debu yaitu *bag cloth*. Maka dengan otomatis dapat mengurangi kondisi berdebu di area *loading point batching plant* Pondok Indah 2.

3.3 Skema Cara Kerja Alat

Fan yang berputar akan menghasilkan hisapan untuk menarik udara yang bercampur debu semen dan *fly ash* di area *Loading Point Batching Plant* Pondok Indah 2 saat proses produksi beton. Udara kotor masuk melewati *inlet duct* dan menuju ke ruang filtrasi. *Bag cloth* adalah bagian yang berperan menyaring udara yang bercampur debu. Udara akan lolos dari *bag cloth* melalui pori-pori. Material debu yang terbawa bersama udara akan tertahan di bagian dalam *bag cloth*.

Penghisapan debu dan udara yang dilakukan oleh *fan* akan berhenti pada saat proses pemuatan semen dan *fly ash* ke dalam *truck mixer* telah selesai. Setelah itu, *vibrator*/penggetar *bag cloth* akan menggetarkan *bag cloth*. Akibat getaran tersebut material debu semen dan *fly ash* yang menempel di bagian dalam *bag cloth* akan terjatuh ke dinding *hopper* dan keluar melalui *outlet duct* dan *butterfly valve* untuk dimasukkan kembali ke dalam *truck mixer*.

Gambar 4 a dan b merupakan skema penempatan *bag filter*. Penempatan *bag filter* berada tepat di atas *loading point*. Hal ini bertujuan agar debu semen dan *fly ash* yang terhisap oleh *bag filter* dapat dijatuhkan kembali ke dalam *truck mixer* sehingga semen dan *fly ash* digunakan kembali.

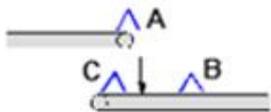


Gambar 4. (a) dan (b) Skema penempatan *bag filter*

3.4 Penentuan Kapasitas *Bag Filter*

Penentuan kapasitas yang dibutuhkan merupakan hasil dari observasi yang dilakukan di *Batching Plant* Pondok Indah 2. Dengan mengukur dimensi dari kedua alat transport yang dipakai yaitu *belt conveyor* dan *screw conveyor*. Hasil pengukuran lebar *belt* adalah 800 mm dan diameter pipa *screw conveyor* adalah 32 cm atau 12 inch. Berdasarkan tabel penentuan kapasitas pada tabel 2, didapatkan kapasitas *bag filter* pada *belt conveyor* untuk titik hisap B adalah 2250 m³/jam dan 500 m³/jam untuk kapasitas *bag filter* pada *screw conveyor*. Hasil tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan kapasitas total menjadi 2750 m³/jam. Namun besarnya kapasitas tersebut dilakukan pembulatan menjadi 3000 m³/jam sebagai batas aman kapasitas pada perancangan *bag filter* ini.

Tabel 2. Jenis alat transport material beserta kapasitas *bag filter* yang dibutuhkan

MACHINE UNIT	SIZE (mm)	m ³ /h	DETAILS / REMARKS			m ³ /h
			A	B	C	
BELT CONVEYORS 	650	4250	1500	1750	1000	
	850	5250	2000	2250	1000	
	1000	6500	2500	2750	1250	
	1200	7750	3000	3250	1500	
	1400	8750	3500	3750	1500	
	1600	10'000	4000	4250	1750	
TROUGH CHAIN AND SCREW CONVEYORS	200	500	PER 10m LENGHT			
	250	500				
	315	500				
	400	750				
	500	750				
	630	1000				
	800	1000				
1000	1250					

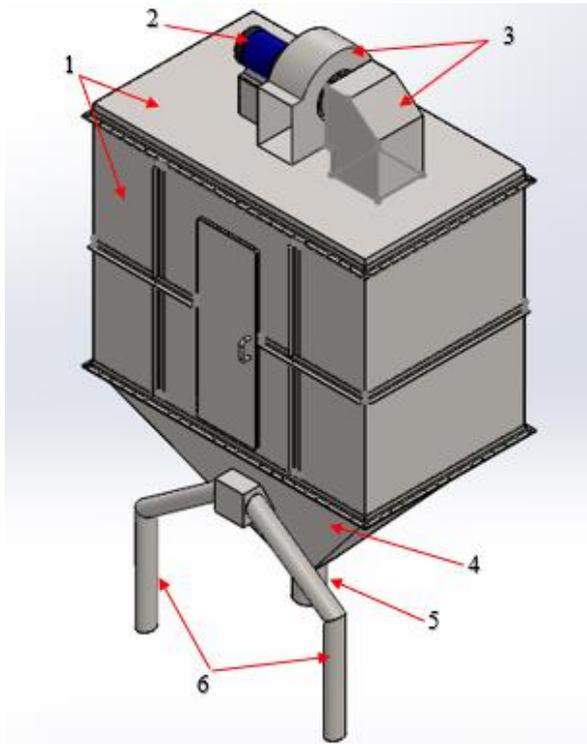
3.5 Penentuan Kapasitas *Fan*

Fan berfungsi untuk menarik udara yang bercampur debu. Udara kotor kemudian menjalani proses penyaringan di dalam *bag filter*. *Bag filter* yang dibuat memiliki kapasitas 3000 m³/jam berdasarkan pada pembahasan 3.3. Kapasitas *fan* harus lebih besar dari kapasitas yang dibutuhkan *bag filter* yaitu 15% [2]. Dari nilai kapasitas *bag filter* 3000 m³/jam, dipilih *fan* dengan kapasitas 15% lebih besar yaitu 3500 m³/jam.

Gambar 5. *Fan*

3.6 Desain Bag Filter

1. Komponen luar *bag filter*



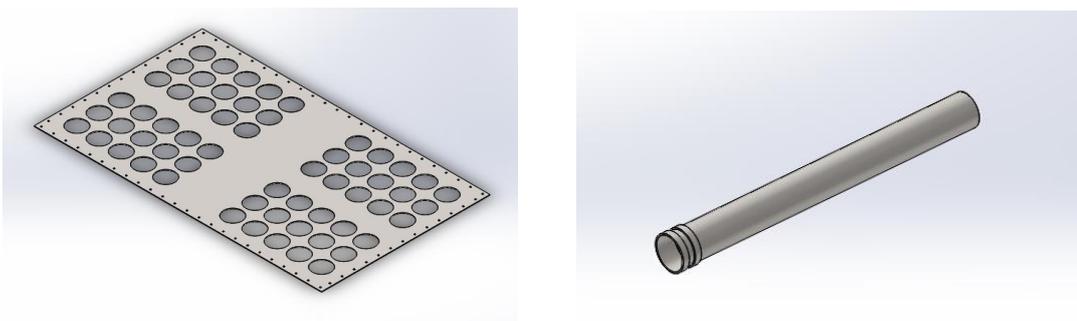
Gambar 6. Desain *Bag Filter*

Berikut komponen luar *bag filter* :

1. *Bag Housing*
2. Motor penggerak
3. *Fan Housing*
4. *Hopper*
5. *Outlet duct* dan *Butterfly valve*
6. *Duct Hisap*

2. Komponen dalam *bag filter*

a. *Tubesheet* dan *Bag Cloth*



Gambar 7. (a) *Tubesheet* dan 7. (b) *Bag cloth*

Tubesheet adalah lembaran plat besi berlubang yang berfungsi untuk tempat pemasangan *bag cloth*. Lubang pada *tubesheet* tidak boleh lebih besar dari diameter luar *bag cloth* karena jika lubang terlalu besar maka udara kotor bisa lolos ke sisi *plenum* (ruang udara bersih).

Bag cloth adalah bagian yang berfungsi sebagai media penangkap debu. *Bag cloth* yang digunakan berbahan *polyester*.

b. *Vibrator*



Gambar 8. *Vibrator*

Alat pengguncang *bag cloth* yang dipakai adalah *vibrator*. Pemakaian alat ini sebagai pengguncang *bag cloth* dikarenakan biaya instalasi dan perawatannya yang mudah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari perancangan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Fasilitas *Bag Filter* yang dirancang ditujukan untuk menghilangkan kondisi berdebu di area *loading point* pada *Batching Plant* Pondok Indah 2.
- *Bag Filter* yang dirancang sesuai dengan *Desain Guideline* PT. Holcim Indonesia Tbk yang memiliki kapasitas *bag filter* 3000 m³/jam dan kapasitas fan adalah 3500 m³/jam
- Perancangan *bag filter* tipe *shaker cleaning* di *loading point batching plant* Pondok Indah 2 bertujuan untuk meminimalisir debu semen dan *fly ash* yang keluar dari sistem saat proses produksi beton. Serta bertujuan untuk mewujudkan keamanan, kenyamanan dan kesehatan lingkungan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada :

1. PT. Holcim Indonesia Tbk. Yang telah menyediakan fasilitas selama pengerjaan tugas akhir.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahadi. 2011. *Bathing Plant Beton*. ilmusipil.com.
- [2] Fluckiger, Werner and Stocker, Beat. 2007. *Fabric Dust Collector Systems*. HGRS.
- [3] Sasongko, Kukuh. 2013. *Rancang Bangun Bag Filter Untuk Memperkecil Biaya Pengadaan Unit Baru*. Politeknik Negeri Jakarta – PT. Holcim Indonesia.
- [4] Arif, Muhammad Latar. 2012. *Tahapan Perancangan Sistem Ventilasi Lokal*. Universitas Esa Unggul.

RANCANG BANGUN *FINAL DRIVE* KOMBINASI *BULL GEAR* DAN *PLANETARY GEAR* SET

Jozua Caesar Benjamin Atmaja¹, Ruth Larasati Putri², Andha Varrawanta Simanungkalit³, R. Sugeng Mulyono⁴

Teknik Alat Berat, Teknik Mesin, Politeknik Negri Jakarta,
Jalan Prof Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

jojozuacaesar@gmail.com

Abstrak

Peran media pembelajaran sangatlah berpengaruh demi mempermudah sebuah materi pembelajaran untuk dimengerti oleh mahasiswa, contohnya untuk mempelajari cara kerja suatu komponen yang ada pada unit. Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi kombinasi *Bull Gear* dan Susunan Gerigi Planet. Dimana pada Penggerak Akhir ini pelipat gandaan torsi yang pertama terjadi pada *Bull Gear type* dan pelipat gandaan torsi yang kedua terjadi pada Susunan Gerigi Planet. Penggerak Akhir merupakan komponen *Power Train System* paling akhir yang berfungsi untuk merubah kecepatan menjadi torsi agar suatu unit mampu menarik beban yang sangat berat. Dilihat dari peningkatan torsinya. Penggerak Akhir dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu dengan satu kali reduksi (Pengurangan jumlah putaran terjadi satu kali) dan dengan dua kali reduksi (Pengurangan jumlah putaran terjadi dua kali). Dilihat dari jenisnya Penggerak Akhir dibagi menjadi 2 tipe yaitu Penggerak Akhir *Bull Gear type* dimana pelipat gandaan torsi terjadi karena rasio gerigi kecil (*pinion*) menggerakkan gerigi besar (*Bull Gear*) dan Penggerak Akhir dengan tipe Susunan Gerigi Planet dimana pelipat gandaan torsi terjadi karena rasio pergerakan Susunan Gerigi Planet. Hal itu menarik minat penulis sehingga membuat simulator. Pembuatan simulator ini di latar belakang karena kurangnya media pembelajaran khususnya simulator Penggerak Akhir di *Workshop* Alat Berat Politeknik Negri Jakarta. Tujuan pembuatan simulator ini adalah untuk membantu mahasiswa dalam mempelajari cara kerja komponen Penggerak Akhir. Permasalahan yang terjadi adalah bagaimana cara membuat model simulator Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi menggunakan kombinasi *Bull Gear type* dan Susunan Gerigi Planet. Pembuatan simulator Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi kombinasi *Bull Gear type* dan Susunan Gerigi Planet dimulai dengan mengumpulkan data komponen dari berbagai sumber, berdasarkan data yang terkumpul desain simulator dibuat dengan menggunakan aplikasi *solidwork*. Setelah desain dibuat proses selanjutnya adalah pencetakan komponen. Dimana komponen yang sudah dicetak selanjutnya dirakit dan di akhiri dengan pengujian simulator. Hasil kegiatan ini adalah dibuatnya simulator Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi menggunakan kombinasi *Bull Gear type* dan Susunan Gerigi Planet yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada proses belajar mengajar. Sehingga dengan adanya simulator ini dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari cara kerja komponen Penggerak Akhir.

Kata Kunci: Penggerak Akhir, Planet, *Bull*, Gerigi

Abstract

The role of learning media is very influential in order to facilitate a learning material to be understood by students, for example to learn how a component works in the unit. Final Drive double reduction combination of Bull Gear and Planetary Gear set. Where in Final Drive this first multiplication torsi occurs on the Bull Gear type and the second doubled doubling occurs on the Planetary Gear set. Final Drive is the ultimate power train component that works to convert speed to torque for a unit to attract very heavy loads. Judging from the increase of torque. Final Drive can be grouped into two parts namely single reduction (double torque doubling process) and Double reduction (double torque doubling process occurs twice). Judging from its type Final Drive is divided into 2 ie Bull Gear type Final Drive where doubled torque multiplier occurs because a small Gear ratio (pinion) drives a large Gear (Gear) and Planetary Gear set Final Drive where doubled multiplier occurs because the planetary Gear movement ratio sets. It attracts the author's interest in making the simulator. The simulator is made in the background because of the lack of learning media especially the Final Drive simulator in the Heavy Equipment Workshop of Politeknik Negri Jakarta. The purpose of making this simulator is to assist students in learning how Final Drive components work. The problem is how to make the Final Drive double reduction simulator model using the combination of Bull Gear type and Planetary Gear set. Final Simulator Final Drive double reduction combination Bull Gear and Planetary Gear set begins by collecting component data from various sources, based on data collected design simulator created using solidwork application. After the design is made the next process is the printing of components. Where later the printed components are assembled and end with the simulator testing. The result of this activity is made of Final Drive double reduction simulator using combination of Bull Gear type and Planetary Gear set that

can be used as learning media in teaching and learning process. So with this simulator can help students in studying the workings of Final Drive components.

Keywords: Final Drive, Bull, Planetary, Gear

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Dalam suatu proses belajar mengajar, dua unsur yang sangat penting adalah metode mengajar dan media pembelajaran. Kedua aspek ini saling berkaitan. Salah satu metode mengajar tertentu akan mempengaruhi jenis media pembelajaran yang sesuai. Ada beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam memilih media pembelajaran antara lain tujuan pengajaran, jenis tugas dan respon yang diharapkan mahasiswa setelah pengajaran berlangsung, dan konteks pembelajaran termasuk karakteristik mahasiswa. Karena itu dapat dikatakan peran media pembelajaran sangat diperlukan untuk meningkatkan mutu pendidikan.

Kurangnya media pembelajaran yang ada di *workshop* Teknik Alat Berat dapat menyebabkan mahasiswa sulit memahami suatu sistem kerja dari sebuah komponen. Hal ini mendorong penulis untuk membuat sebuah simulator untuk menjadikannya sebagai media pembelajaran, simulator sendiri adalah alat atau media tambahan mirip dengan aslinya, yang kegunaannya dalam pendidikan adalah membantu seorang pendidik dalam menyampaikan suatu pengetahuan kepada peserta didik baik dijadikan materi maupun replika penggunaan suatu alat dengan skala yang berbeda. Ada banyak teori yang harus dipahami oleh mahasiswa melalui media pembelajaran. Salah satunya adalah cara kerja Penggerak Akhir. Masih banyak mahasiswa yang kurang paham dengan cara kerja dari komponen tersebut. Untuk itu penulis akan membuat simulator Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi menggunakan kombinasi *Bull Gear type* dan Susunan Gerigi Planet. Dengan adanya simulator tersebut proses belajar mengajar akan lebih efektif dan diharapkan dapat mempermudah mahasiswa dalam memahami cara kerja dari komponen tersebut.

Final Drive

Final Drive atau Penggerak Akhir merupakan komponen *powertrain* paling akhir yang merubah kecepatan menjadi torsi yang mampu menarik beban yang sangat berat. Hal ini memyngkinkan komponen-komponen *power train* lainnya menerima torsi yang *relative* ringan sehingga usia pakai komponen *powertrain* tersebut menjadi lebih awet. (Fundamental Power Train, 2013)

Dilihat dari proses peningkatan torsinya, Penggerak Akhir dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu:

- Dengan satu kali reduksi, dimana terjadi pengurangan jumlah putaran terjadi satu kali.
- Dengan dua kali reduksi, dimana terjadi pengurangan jumlah putaran terjadi dua kali

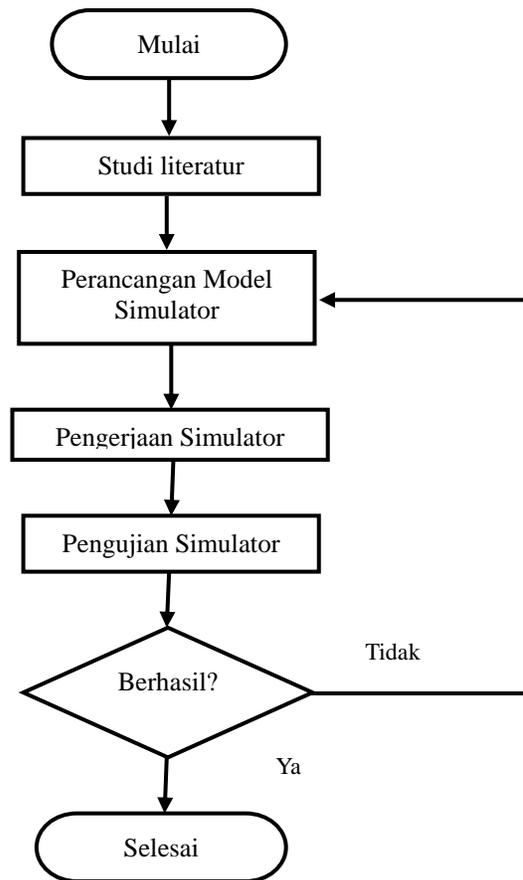
Jenis-jenis Penggerak Akhir yang masih digunakan Caterpillar antara lain :

- *Bull type final drive*
- *Planetary final drive*

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat model simulator Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi menggunakan kombinasi *bull gear type* dan Susunan Gerigi Planet sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa Program studi Alat Berat

II. METODE PENELITIAN



Studi literatur :

Mengumpulkan dan mempelajari data yang sesuai dengan materi power train khususnya mengenai Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi menggunakan kombinasi *bull gear type* dan Susunan Gerigi Planet dari berbagai sumber.

Perancangan model

proses pembuatan model simulator dalam bentuk gambar teknik berdasarkan data yang di dapat menggunakan *software Solidwork* .

Pengerjaan model simulator

Pengerjaan simulator Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi menggunakan kombinasi *bull gear type* dan Susunan Gerigi Planet melalui beberapa proses, yaitu:

- 1) Pemilihan bahan : Bahan yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen simulator adalah akrilik untuk komponen gerigi, baja untuk komponen *shaft*, dan kayu untuk dudukan simulator
- 2) Pembuatan komponen simulator: pembuatan komponen simulator berdasarkan rancangan model dan bahan yang sudah di tentukan
- 3) Perakitan komponen : menyiapkan alat dan komponen yang akan di rakit lalu melakukan langkah-langkah berikut:
 - o pemasangan *shaft pinion* dan *shaft bull gear* pada stand ,pemasangan *pinion gear* dan *bull gear*
 - o pemasangan Susunan Gerigi Planet beserta *cover* depan
 - o Pemasangan *cover pinion* dan *bull gear*
 - o pemasangan *hub*

Pengujian model

Dilakukan untuk mengetahui model simulator yang dibuat oleh penulis dapat bekerja sesuai dengan cara kerja final drive yang ada dalam literatur

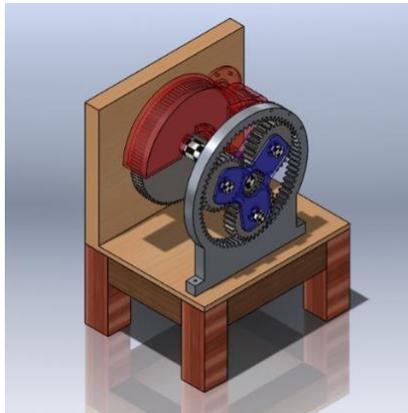
- 1) Pengujian cara kerja : Tes ini dilakukan dengan cara memutar Penggerak Akhir secara perlahan dan melihat cara kerja setiap komponen Penggerak Akhir bekerja dengan baik atau tidak.
- 2) Pengujian perbandingan rasio gerigi : Tes ini dilakukan pada simulator Penggerak Akhir dalam keadaan *planetary converter drive* ,dengan memberi input putaran sebanyak N pada *input (pinion gear)* dan menghitung jumlah putaran *output (carrier)* yang terjadi,lalu bandingkan dengan persamaan berikut:

$$(S \times N_s) + (R \times N_r) = (S + R) \times N_c$$

[Persamaan 2.1]

S=Jumlah gigi *Sun Gear*
R=Jumlah gigi *Ring Gear*
N_s=Jumlah putaran *Sun Gear*
N_r=Jumlah putaran *Ring Gear*
N_c = Jumlah putaran *Carrier*
- 3) Pengujian kuisisioner : Tes ini dilakukan dengan cara memberikan 20 pertanyaan pilihan kepada 20 mahasiswa alat berat semester 2 teknik alat berat Politeknik Negri Jakarta mengenai simulator Penggerak Akhir yang di buat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Deskripsi Alat	Simulator <i>Final Drive Double Reduction Kombinasi Bull gear Type dan Planetary Gear Set</i>
Berat	20 kg
Ukuan	400 x 421 x 254mm
Bahan	1. Polimer Nilon 2. Akrilik

Pengujian Simulator

- Pengujian cara kerja simulator
Telah dilakukan pengujian cara kerja pada simulator,dan didapatkan hasil bahwa setiap komponen berputar dengan baik sesuai fungsi masing masing dan tidak terjadi slip pada pergerakan tiap gear
- Pengujian perbandingan rasio pada susuna gerigi
Telah dilakukan pengujian untuk mengetahui perbandingan rasio gerigi simulator Penggerak Akhir pada kondisi *converter drive* dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel Hasil Pengujian Perbandingan Rasio Gerigi					
No.		Pengujian I		Pengujian II	
		Hasil Persamaan	Simulator	Hasil Persamaan	simulator
1.	<i>Input (Pinion Gear)</i>	28	28	56	56
2.	<i>Ditahan (Ring Gear)</i>	0	0	0	0
3.	<i>Output (Carrier)</i>	1	1	2	2

Tabel 3. 1 tabel hasil pengujian

Pada Tabel 3.1 kita dapat melihat hasil pengujian pada simulator dan output yang terdapat pada hasil persamaan 2.1, sehingga bisa disimpulkan simulator Penggerak Akhir., jika hasil *output* pada simulator sama dengan hasil *output* pada persamaan 2.1, dapat disimpulkan simulator bekerja dengan baik dan dapat membuktikan terjadi peningkatan torsi

IV. KESIMPULAN

- a. Model simulator Penggerak Akhir dengan dua kali reduksi dengan kombinasi *bull gear type* dan Susunan Gerigi Planet dapat menjelaskan cara kerja dan pelipat gandaan torsi pada komponen Penggerak Akhir secara visual kepada mahasiswa teknik Alat Berat

V. DAFTR ISI

- [1] Center, T., 2013. Fundamental Power Train. Jakarta: PT Trakindo Utama.
- [2] Center, T., 2014. Intermediate Power Train. Jakarta: PT Trakindo Utama
- [3] Graham.Holly.2017."Arti Kata "simulator" Makna Pengertian dan Definisi".
<https://artikbbi.com/simulator/>.diakses pada Senin 19 Februari 2018.
- [4] Purwanto.Alexius.Endy.Budianto."Rancang Bangun Berbasis Aplikasi Pembelajaran Fotografi Tingkat Dasar Berbasis Android".<https://media.neliti.com/media/publications/182954-ID-rancang-bangun-aplikasi-pembelajaran-fot.pdf> .Kamis 22 Februari 2018 Pukul 13.57 WIB..
- [5] Takarina.Mohamad.2011."Gear Ratio Planetary Gear System".
<http://www.pipercomex.com/2011/09/planetary-gear-system.html>. diakses pada Jumat 16 Februari 2018,Pukul 16.00 WIB

PERANCANGAN TANGKI PENYIMPANAN SOLAR DENGAN KAPASITAS 1890 m³

Fajri Ariafandi, Candra Damis Widiawaty

Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425, No Tlp (021) 7270036, Fax (021) 7270036,
ariafandi.fajri@gmail.com

Abstrak

Tangki penyimpanan merupakan fasilitas pembangkit listrik yang sudah banyak digunakan di dunia industri seperti kilang minyak dan industri petrokimia. Fungsi tangki penyimpanan adalah untuk menyimpan fluida dalam bentuk cairan atau gas. Tangki penyimpanan biasanya berukuran sangat besar dan digunakan untuk tekanan atmosferik dan tekanan rendah. Berdasarkan kinerja mesin berbahan bakar ganda pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) di daerah Kalimantan Bagian Timur, dibutuhkan bahan bakar berupa natural gas dan HSD Fuel Oil. Suplai bahan bakar solar HSD Fuel Oil terhadap mesin sebesar 4,07 [m³/jam]. Mesin tersebut akan terus beroperasi sehingga keseimbangan suplai bahan bakar harus tetap terjaga. Jika bahan bakar tersebut habis, pembangkit tersebut akan berhenti beroperasi dan dibutuhkan biaya yang cukup besar dalam menghidupkannya kembali. Untuk menghindari resiko tersebut, dibutuhkan tangki penyimpanan dengan dimensi besar yang berfungsi untuk menjaga ketersediaan bahan bakar dengan target penyimpanan selama 14 hari sebelum disuplai kembali. Pada pelaksanaannya, dilakukan beberapa metode yaitu berupa identifikasi masalah, data spesifikasi, pemilihan konsep desain, analisis perhitungan komponen dan analisis pembebanan berdasarkan standar API (American Petroleum Institute) Standard 650 12th edition "Welded Tanks for Oil Storage". Hasil dari perancangan ini berupa tangki penyimpanan dengan bentuk vertikal silindris. Tangki penyimpanan terletak di atas tanah (Aboveground Storage Tank) dengan fondasi beton pada bagian dasarnya. Jenis atap yang digunakan berbentuk kerucut (fixed cone roof) yang akan melindungi fluida dari zat kontaminan. Kapasitas geometrik yang didapat sebesar 1890 m³ dan dimensi tangki dengan diameter 14 m dan tinggi 12,3 m. Orientasi nozzle sebagai inlet dan outlet fluida pada tangki disesuaikan dengan tata letak (layout) pemipaan di pembangkit. Tangki penyimpanan juga dirancang dengan perawatan yang mudah, tahan terhadap korosi, dan aman dari bahaya kebakaran dan ledakan. Hasil dari perancangan ini akan digunakan pada pembangkit dan didesain untuk 25 tahun.

Kata kunci: tangki penyimpanan, bahan bakar solar HSD, standar API 650.

Abstract

The storage tank is a power plant facility which has been used in industries such as oil refinery and petrochemical industry. The function of storage tank is to store a fluid in the form of liquid or gas. Storage tank usually have a very big dimension and used to atmospheric and low pressure. Based on the performance of double engine in Gas Engine Power Plant in Kalimantan Bagian Timur, the fuel in the form of natural gas and HSD fuel oil is required. The supply of HSD Fuel Oil to the engine is [4,07 m³/hour]. The engine will continue to operating so that the balance of fuel supply must be maintained. If the fuel is depleted, the plant will stop operating and it will cost a lot to revive it. To avoid that risk, a large dimension storage tank is required to maintain fuel availability with storage target for 14 days before it is supplied again. In the implementation, there are several methods such as data specification, choose a design concept, component computation analysis and load analysis based on API (American Petroleum Institute) Standard 12th edition "Welded Tanks for Oil Storage". The result of this designing is a storage tank with a cylindrical vertical shape. The storage tank is located aboveground (Aboveground Storage Tank) with concrete foundation on its bottom. The type of roof is fixed cone roof that will protect the fluid from contaminants. Geometric capacity obtained by 1890 m³ and the dimension of the tank with a diameter of 14 m and height 12,3 m. Nozzle orientation as a fluid inlet and outlet on the tank based on the piping layout on the power plant. This storage tank is also designed with easy maintenance, resistant to corrosion, and safe from fire and explosion hazards. The result of this design will be used on power plant and designed for 25 years.

Keywords: storage tank, high speed diesel (HSD) fuel oil, API 650 standard.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pada pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) di daerah Kalimantan membutuhkan daya sebesar 15 [MW]. Pada pembangkit ini digunakan dua bahan bakar berupa natural gas dan solar *High Speed Diesel (HSD) Fuel Oil* yang akan disuplai ke dua *engine* yang bekerja. Pada bahan bakar solar, konsumsi bahan bakar per jam yang digunakan sebesar 4,07 [m³/jam]. Dengan kebutuhan bahan bakar tersebut, maka dibutuhkan tempat penyimpanan bahan bakar berupa tangki yang biasa disebut dengan tangki penyimpanan atau *storage tank*.

Tangki penyimpanan (*storage tank*) adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan fluida minyak sebelum digunakan atau didistribusikan kepada konsumen. Tangki penyimpanan biasanya berukuran sangat besar dan digunakan untuk tekanan rendah. Pada perencanaannya perlu diperhatikan dan dipertimbangkan terhadap lahan yang tersedia. Proses fabrikasinya tidak bisa dilakukan di pabrik dikarenakan dimensinya yang besar, sehingga dilakukan di lapangan atau *onsite*.

Pada perencanaannya ada beberapa hal yang dipertimbangkan, antara lain faktor ekonomi dan lingkungan. Tangki yang dirancang diusahakan seekonomis mungkin sehingga komponen yang digunakan sesuai dengan ketersediaan vendor dalam pengerjaan, suku cadang di pasaran, dan waktu pengerjaan yang singkat.

Desain yang dipertimbangkan merupakan tangki silindris di atas tanah dengan atap kerucut (*cone roof*) yang diperkuat dengan profil kolom, sehingga menghindari desain tangki kombinasi atap kerucut (*cone roof*) dan atap mengapung (*floating roof*) di dalamnya yang berfungsi untuk mengurangi penguapan fluida yang disimpan, namun membutuhkan *cost* yang banyak seperti yang dibuat oleh Strunct et al[1]. Selain itu, lingkungan tropis membutuhkan konstruksi dinding plat yang ringkas dibandingkan dengan tangki yang dibuat dalam lingkungan temperatur rendah yang membutuhkan elemen pemanas internal [2] untuk mencegah membekunya fluida dan mengurangi beban salju pada struktur atap.

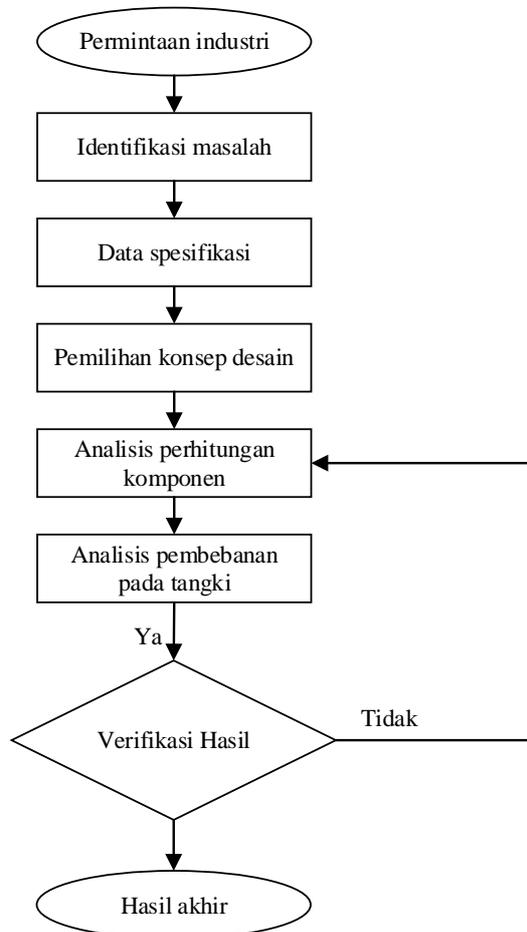
Oleh karena itu, diperlukan tangki penyimpanan bahan bakar solar *High Speed Diesel (HSD) Fuel Oil* dengan kapasitas 1890 [m³]. Tangki akan menyimpan fluida solar selama 14 hari untuk menjaga ketersediaan bahan bakar di pembangkit. Tangki di desain dengan standar API 650 sebagai alat penunjang operasional pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas.

1.2. Tujuan

Tujuan perancangan ini adalah merancang tangki penyimpanan berisi bahan bakar solar *High Speed Diesel Fuel Oil* dengan kapasitas 1890 m³ sesuai standar API 650.

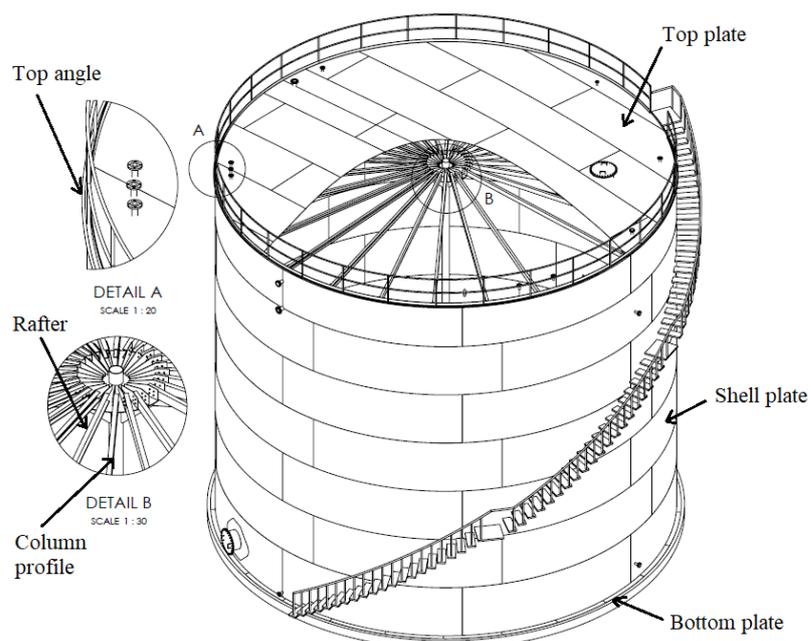
2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram alir



Gambar.1 Diagram Alir Metode Penelitian

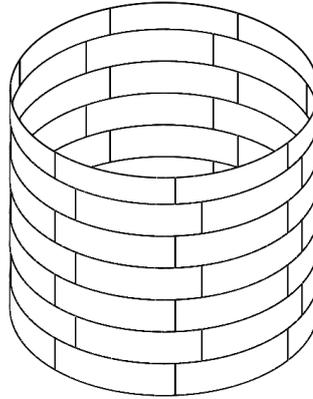
2.2. Analisis komponen penyusun tangki



Gambar.2 Tangki Penyimpanan (Storage Tank)

2.1.1. Ketebalan plat dinding

Perancangan plat dinding menggunakan metode *one-foot* yang terdapat pada standar API 650 paragraf 5.6.3.2[3] dan dirumuskan seperti di bawah ini:



Gambar.3 Plat dinding

$$t_d = \frac{4.9D(H-0.3)G}{S_d} + CA \quad [1]$$

Keterangan:

t_d = ketebalan *shell plate* atau dinding tangki [mm]

D = diameter nominal tangki [m]

H = desain tinggi fluida [m]

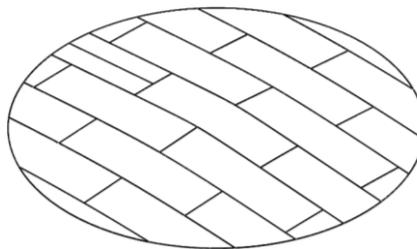
G = berat jenis fluida yang disimpan di dalam tangki

CA = *corrosion allowance* [mm]

S_d = tekanan yang diizinkan untuk kondisi desain [MPa]

2.1.2. Ketebalan plat atap (*cone roof*)

Berdasarkan standar API 650 paragraf 5.10.2.2[3], ketebalan minimum plat atap adalah 5 mm.

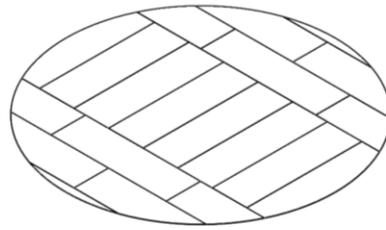


Gambar.4 Plat atap

2.1.3. Ketebalan plat dasar

Plat dasar merupakan bagian yang menyentuh fondasi tanah dan akan menumpu seluruh beban fluida. Berdasarkan standar API 650 paragraf 5.4.1[3], ketebalan plat dasar tidak boleh kurang dari 6 mm.

Berdasarkan persamaan tekanan hidrostatik, besar tekanan yang dikenakan pada plat dasar adalah[4]:



Gambar.5 Plat dasar

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h + p_{atm} \quad [2]$$

Keterangan:

p_h = tekanan hidrostatik [N/m²]

ρ = massa jenis fluida [kg/m³]

g = gaya gravitasi [m/s²]

h = tinggi permukaan fluida [m]

Sehingga persamaan gaya yang bekerja pada plat dasar adalah:

$$p = \frac{F}{A} \quad [3]$$

Keterangan:

p = tekanan [N/mm²]

F = gaya [N]

A = luas penampang [mm²]

Untuk mencari ketebalan plat, menggunakan persamaan tegangan geser yang terjadi pada plat dasar:

$$\bar{\tau} = \frac{F}{A} \quad [4]$$

Keterangan:

$\bar{\tau}$ = tegangan geser izin [MPa]

F = gaya [N]

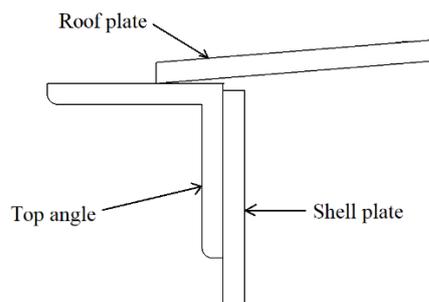
A = luas penampang [mm²]

t = tebal plat [mm]

D = diameter tangki [mm]

2.1.4. Top angle

Top angle merupakan profil siku yang menempel pada plat dinding teratas. Fungsinya untuk memperkuat plat dinding tangki dan penyambung antar plat atap dan plat dinding tangki. Berdasarkan API 650 paragraf 5.1.5.9.e[3], tangki dengan diameter $11 \text{ m} \leq D \leq 18 \text{ m}$, memiliki *top angle* dengan ukuran tidak kurang dari $50 \times 50 \times 6$ [mm].

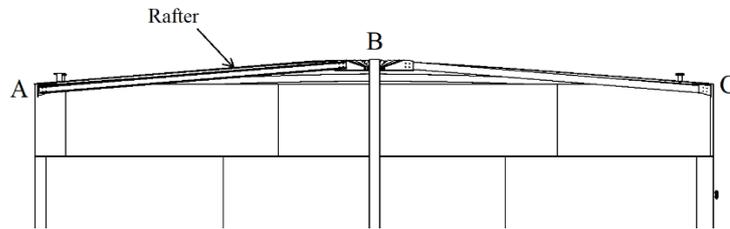


Gambar.6 Top angle (tampak samping)

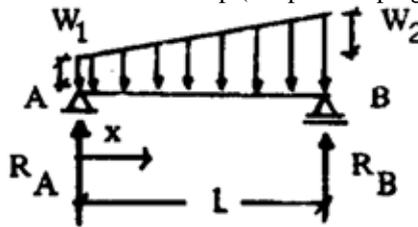
2.1.5. Struktur atap (*rafter*)

Rafter merupakan struktur atap yang akan menahan tekanan luar pada atap. Perhitungan tekanan luar yang terjadi pada atap menggunakan persamaan tekanan (persamaan 3).

Momen maksimum dan defleksi maksimum yang terjadi pada profil UNP adalah sebagai berikut[5]:



Gambar.7 Struktur atap (tampak samping)



Gambar.8 FBD profil UNP

Sumber: Buku Teknik Sipil karangan Ir. Sunggono KH.

$$M_{maks} = \frac{L^2}{k} \left(W_1 + \frac{W_2}{2} \right) \quad [5]$$

$$\delta_{maks} = \frac{5W_1 \cdot R_2 \cdot l^4}{384EI} + \frac{5W_2 \cdot R_2 \cdot l^4}{768EI} \quad [6]$$

Keterangan:

M_{maks} = momen maksimum [Nm]

L = panjang profil [m]

k = konstanta

W_1 = berat pada titik 1 [N/m]

W_2 = berat pada titik 2 [N/m]

δ_{maks} = lendutan maksimum [m]

Sehingga tegangan bending pada momen maksimum adalah[6]:

$$\sigma_b = \frac{M_{maks}}{Z_{xx}} \quad [7]$$

Keterangan:

σ_b = tegangan bending [N/m²]

M_{maks} = momen maksimum [Nm]

Z_{xx} = *section modulus* [m³]

Besar lendutan izin maksimum untuk konstruksi atap adalah $L/240$ [7], sehingga:

$$\delta_{maks} < \frac{L}{240} \quad [8]$$

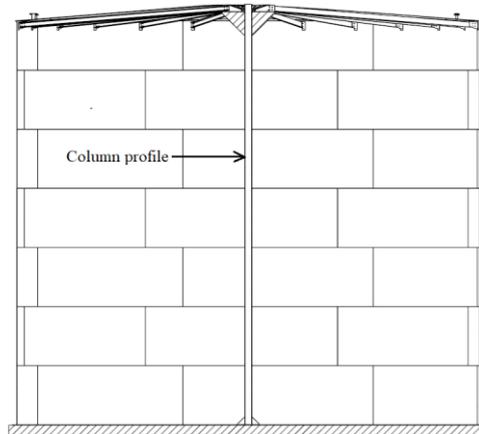
Keterangan:

δ_{maks} = lendutan maksimum [m]

L = panjang profil [m]

2.1.6. Struktur tiang utama (*column profile*)

Column Profile merupakan struktur tiang utama tangki, profil yang digunakan merupakan profil pipa. Perhitungan diawali dengan mencari nilai jari-jari girasi dari profil dan disubstitusikan ke rasio kerampingan.



Gambar.9 *Column profile* (tampak samping)



Gambar.10 Pelendutan pada profil kolom

$$\lambda = \frac{kL}{r} \quad [9]$$

Keterangan:

λ = rasio kerampingan

k = faktor panjang tekuk

L = panjang efektif profil kolom [cm]

Berikutnya mencari nilai rasio kerampingan transisi:

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad [10]$$

Keterangan:

Cc = rasio kerampingan transisi

E = modulus elastisitas [MPa]

Fy = kekuatan luluh [MPa]

Hasil dari rasio kerampingan dan rasio kerampingan transisi disubstitusikan sehingga dapat dicari nilai dari panjang tekuk kritis profil kolom:

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{\lambda^2}{2Cc^2}\right)}{\frac{5}{3} + \frac{3\lambda}{8Cc} - \frac{\lambda^3}{8Cc^3}} \quad [11]$$

Keterangan:

F_a = panjang tekuk kritis [N/m²]

λ = rasio kerampingan

C_c = rasio kerampingan transisi

Tegangan kritis pada profil:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad [12]$$

Keterangan:

σ_c = tegangan kritis [N/m²]

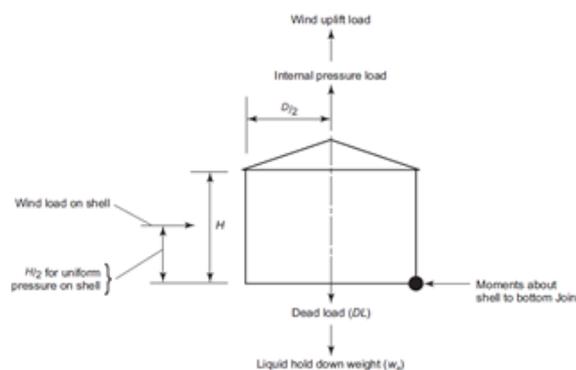
F = beban tekan profil [m]

A = luas penampang profil [m²]

Hasil dari tegangan akan dibandingkan pada tegangan kritis, jika hasil tegangan kritis lebih kecil dari panjang tekuk kritis, maka profil kolom yang digunakan aman.

2.1.7. Kestabilan tangki terhadap angin

Kestabilan tangki dianalisis berdasarkan besarnya tekanan angin. Nilai tekanan angin sudah ditentukan pada standar API 650 dan skema tekanan angin digambarkan pada gambar 4.



Gambar.11 Struktur atap (*rafter*) dan tiang utama (*column profile*)

Sumber: API 650 12th edition 2013

Berdasarkan standar API 650 paragraf 5.11.2.2[3], tangki dengan bentuk atap kerucut tidak memerlukan baut angkur (*anchor bolt*) yang berfungsi untuk mengikat plat bawah dengan fondasi untuk menjaga kestabilan tangki, jika syarat berikut terpenuhi:

$$M_{WS} + k(M_{PI}) < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad [13]$$

Keterangan:

k = faktor tekanan kombinasi

M_{PI} = titik tumpuan momen dari desain tekanan dalam

M_{WS} = titik tumpuan momen dari berat keseluruhan tangki

M_{DLR} = titik tumpuan dari berat atap

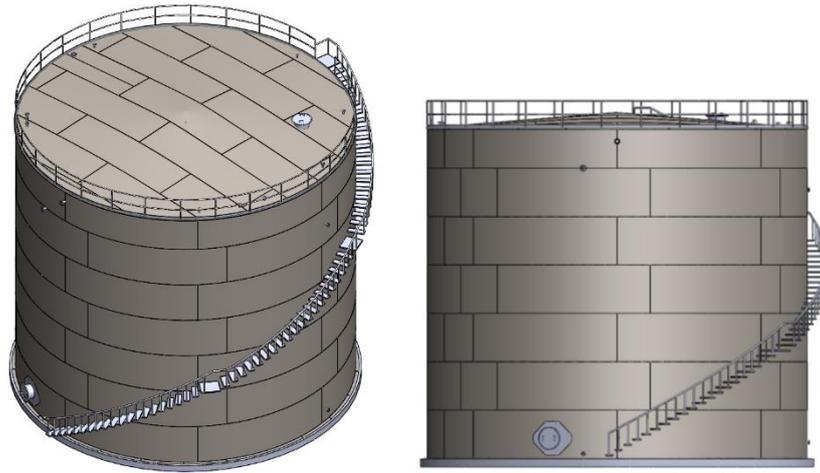
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain

Desain tangki penyimpanan (*storage tank*) terdiri dari tiga alternatif. Perbedaan yang ditekankan hanya pada jenis atap tangki. Berikut ini merupakan alternatif desain dari tangki penyimpanan:

3.1.1. Storage Tank dengan Fixed Cone roof

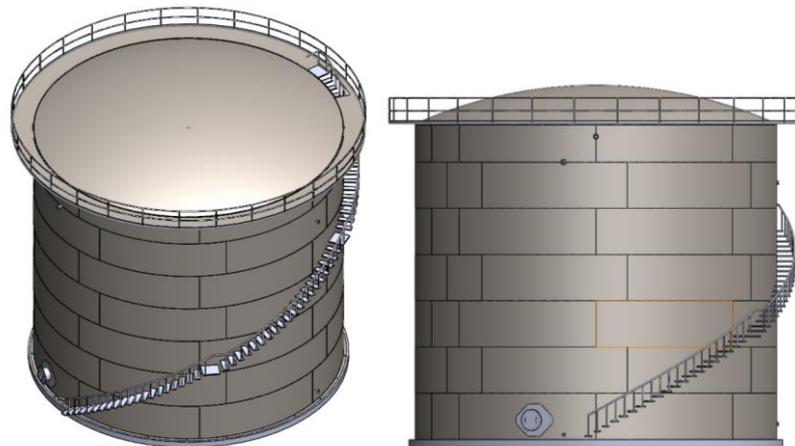
Alternatif desain pertama merupakan tangki penyimpanan berbentuk vertikal silindris di atas tanah (*aboveground storage tank*). Tangki dilengkapi dengan struktur kolom (*column profile*) dan struktur atap (*rafter*). Kemiringan atap tangki didesain dengan rasio kemiringan 1:12 atau 4°. Desain terlampir sesuai dengan gambar 1.



Gambar.12 Fixed Roof Storage Tank

3.1.2. Storage Tank dengan Fixed Dome Roof

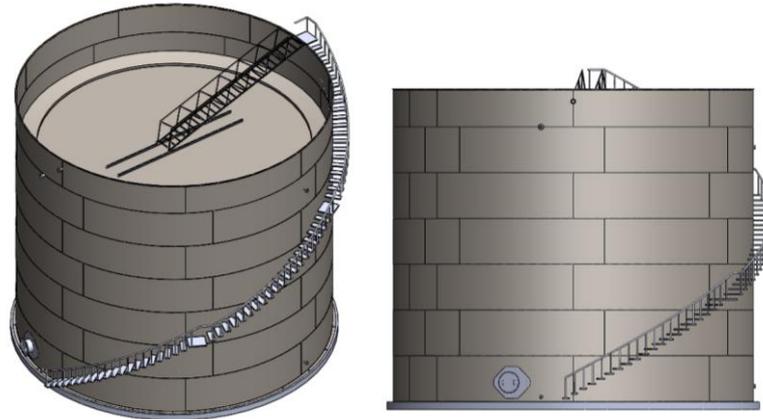
Alternatif desain kedua merupakan tangki penyimpanan berbentuk vertikal silindris di atas tanah (*aboveground storage tank*). Tangki dilengkapi dengan struktur kolom (*column profile*) dan struktur atap (*rafter*). Bedanya dengan alternatif desain 1 adalah bentuk profil UNP yang berbentuk melengkung mengikuti bentuk kubah (*dome*). Desain terlampir sesuai dengan gambar 2.



Gambar.13 Dome Roof Storage Tank

3.1.3. Storage Tank dengan Floating Roof

Alternatif desain ketiga merupakan tangki penyimpanan berbentuk vertikal silindris di atas tanah (*aboveground storage tank*). Tangki merupakan jenis *external floating roof* dimana atap menempel langsung dengan permukaan atas fluida, sehingga ketinggian atap tergantung pada volume fluida yang akan ditampung. Fungsi *floating roof* ini adalah menghilangkan ruang uap (*vapour space*) untuk mengurangi resiko kebakaran. Atap berbentuk rata dan dilengkapi dengan *rolling ladder* yang terletak di atas tangki. Desain terlampir sesuai dengan gambar 3.

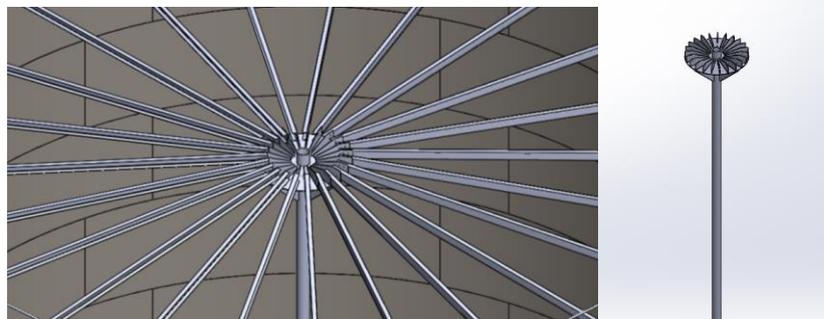


Gambar.14 Floating Roof Storage Tank

3.1.4. Pemilihan Desain

Berdasarkan pertimbangan desain dengan pengaruh beberapa faktor, serta permintaan dari PT. Pustek E&T, maka desain yang dipilih dalam perancangan tangki ini adalah alternatif desain 1 dengan jenis atap *fixed cone roof* dengan alasan:

- Proses fabrikasi pada alternatif desain 1 lebih ringkas terutama pada profil struktur atap (*rafter*) dibandingkan alternatif desain 2.
- Penggunaan komponen alternatif desain 1 di bagian atap lebih sedikit dibandingkan alternatif desain 3.
- Tuntutan kepresisian *assembly* komponen pada alternatif desain 1 lebih rendah dibandingkan alternatif desain 3.
- Waktu pengerjaan pada alternatif desain 1 lebih singkat dibandingkan alternatif desain 2 dan 3 untuk mengejar target selesainya *project*.
- Ketersediaan komponen vendor dalam pengerjaan lebih condong pada alternatif desain 1.



Gambar.15 Struktur atap (*rafter*) dan stuktur tiang utama (*column profile*)

3.2. Hasil perhitungan

- Berdasarkan perhitungan menggunakan metode *one-foot*, maka dapat disimpulkan tebal plat dinding setiap lapisan tangki terlampir pada tabel 1.

Tabel.1 Ketebalan plat dinding tiap tingkat

Lapisan	Material	Tebal desain [mm]	Tebal minimal [mm]	Tebal yang ditentukan [mm]
1	A36	8,15	5	10
2	A36	7,37	5	8
3	A36	6,60	5	8
4	A36	5,83	5	8
5	A36	5,06	5	6
6	A36	4,29	5	6
7	A36	3,51	5	6

- Tebal plat atap adalah 7 [mm] ditambah *corrosion allowance* sebesar 2 [mm] sehingga ketebalan plat atap sebesar 7 mm.
- Berdasarkan persamaan tekanan hidrostatik dan tegangan geser, tebal bawah yang didapat sebesar 13,7 [mm] dan disesuaikan dengan ketersediaan di pasaran 14 [mm].
- Berdasarkan API 650 paragraf 5.1.5.9.e, ukuran top angle yang digunakan adalah $50 \times 50 \times 6$ [mm].
- Pada struktur atap, nilai lendutan maksimum pada profil UNP sebesar $\delta_{maks} = 2,231$ [cm]. Nilai tersebut lebih kecil dari $L/240$ sehingga profil UNP $150 \times 75 \times 6,5 \times 10$ yang digunakan aman.
- Pada struktur tiang utama (*column profile*), panjang tekuk kritis $F_a = 76,4779$ [MPa] $< \sigma_c = 19,0262$ [MPa], sehingga profil kolom yang digunakan aman.
- Pada kestabilan tangki, besar momen pada persamaan 13 sebesar $20.370.524,28$ [Nm] $> 3.213.752,041$ [Nm]. Maka tangki membutuhkan baut angkur untuk menjaga kestabilannya terhadap beban angin.

4. KESIMPULAN

1. Tangki penyimpanan mempunyai kapasitas 1890 [m³] dengan dimensi $\varnothing 14$ [m] x $12,3$ [m].
2. Plat dinding mempunyai ketebalan $6 - 10$ [mm] dengan 7 tingkat, plat dasar mempunyai ketebalan 15 [mm], plat atap mempunyai ketebalan 8 [mm] yang semuanya menggunakan plat berukuran 1800 [mm] x 6000 [mm].
3. Struktur atap (*rafter*) menggunakan profil UNP $150 \times 75 \times 6,5 \times 10$ sebanyak 26 buah dan struktur tiang utama (*column profile*) menggunakan profil pipa A106 Gr. B berukuran $\varnothing 8$ [inch].
4. Tekanan fluida di dalam tangki sebesar $200.150,29$ [N/m²] dan tekanan luar yang dikenakan pada atap tangki sebesar $2.118,3399$ [N/m²]

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada:

1. PT. Pustek E&T sebagai tempat *On Job Training* dan memberikan saya kesempatan, waktu, dan tempatnya untuk menyelesaikan penulisan skripsi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Strunc R. W, Hills C, Young W. B, Lombard, "Covered Storage Tank with Means to Suspend Floating Roof When Not in Use," US Patent 3,815,775, 1974.
- [2] Hebblethwaite R, "Above-ground Storage Tanks with Internal Heat Source," US Patent 2011/0139762 A1, 2011.
- [3] API 650, Welded Steel Tanks for Oil Storage 12th Edition, Washington D.C: American Petroleum Institute. 2013.
- [4] Kraige L. G, Meriam J.L, Mekanika Teknik, Statika, Jilid 1 (edisi ke-2). Jakarta: Erlangga, 1987.
- [5] KH, Ir. Sunggono, Buku Teknik Sipil. Bandung: Nova Publishing, 1984.
- [6] Gupta J. K, Khurmi R.S, A Text Book of Machine Design, no. I. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD, 2005.
- [7] Standar SNI 2847, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Standar Nasional Indonesia, 2013.

RANCANG BANGUN PERKAKAS TEKAN RUMAH SLOT PINTU

Afdil Ammima¹, Farhan Naufal¹, Rosidi²

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16424, Telp:+6221 7270036, ext 217, Fax : (021) 7270036, afdil.ammima@gmail.com, frhnfal@gmail.com.

²Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Grendel pintu merupakan salah satu model kunci mekanik konvensional. Salah satu komponen dari grendel adalah rumah slot pintu. Umumnya produk slot pintu yang ada dipasaran tidak seragam, memiliki bentuk dan ukuran berbeda sehingga dapat mempengaruhi dalam proses pemasangan maupun pemakaian. Hal tersebut dapat mengakibatkan umur produk yang tidak tahan lama. Selain itu, ketidak seragaman dalam bentuk dan ukuran produksi dapat mempengaruhi nilai jual tersebut. Oleh karena itu dalam pembuatan rumah slot pintu, dibutuhkan alat yang dapat membantu dalam penyeragaman hasil produksi agar dapat memaksimalkan nilai jual pada produk tersebut. Perkakas tekan merupakan salah satu alat bantu produksi yang berfungsi untuk memotong dan membentuk suatu bahan yang umumnya adalah berbentuk lembaran plat menjadi bentuk yang diinginkan dalam jumlah yang besar dan waktu yang singkat dengan bantuan gaya tekan yang dihasilkan dari mesin press. Jenis perkakas tekan yang dibuat untuk menghasilkan rumah slot pintu adalah progressive tool. Progressive tool merupakan jenis perkakas tekan yang operasi pemotongan dan pembentukan benda kerjanya memiliki beberapa stasiun kerja yang berurutan. Pada proses pengoperasian plat, rancangan alat perkakas tekan ini menggunakan 2 (dua) stasiun kerja yaitu piercing dan bending. Piercing adalah proses pemotongan dimana plat akan dilubangi kedalam yang sesuai dengan rancangan pada permukaan yang rata, sedangkan bending adalah pembentukan plat menjadi bentuk yang sesuai dengan rancangan. Langkah pertama yang dilakukan adalah plat diletakkan pada die stasiun pertama lalu dijepit untuk dilakukan proses piercing. Selanjutnya, plat dipindahkan menuju die pada stasiun kedua untuk dilakukan proses bending. Bahan yang digunakan pada plat adalah ST 37. Ukuran awal bahan yang akan dioperasikan adalah 51 x 51 [mm] dengan tebal 1 [mm]. Rancangan alat perkakas tekan ini dioperasikan menggunakan mesin hand press manual yang terdapat di bengkel Politeknik Negeri Jakarta dengan kapasitas 160 [kN]. Perkakas tekan tersebut akan menghasilkan produk berupa rumah slot pintu yang memiliki ukuran 32 x 51 [mm].

Kata kunci: rumah slot pintu, perkakas tekan progressive tool, piercing dan bending

Abstract

The door latch is one of the conventional mechanical lock models. One component of the latch is the door slot house. Generally, door slot products in the market are not uniform, have different shapes and sizes that can affect the installation process and also the application. This also may result in a short shelf life of the product. In addition, the form and size of product that are not uniform can affect the economic value. Therefore, in the manufacture of slot door houses, it requires a tool that can help the production in order to maximize the economic value of the product. Press tool is one of the production tools that have a function to cut and form a material, that is generally a sheet-shaped plate, into the desired shape in large quantities and in a short time by a pressing force that generated from the press machine. The type of press tool that made to produce door slot houses is a progressive tool. The progressive tool is a type of press tool that the cutting and forming the the operation of its object has sequensive workstations. In the process of plate operation, the design of this press tool uses 2 (two) workstations namely piercing and bending. Piercing is a cutting process whereby the plate will be perforated into a desirable design on a flat surface, while the bending is the formation of the plate into a shape corresponding to the design. The first step is to place the plate on the first station die and then clamped to be done the piercing process. Next, the plate is moved to the die on the second station for bending process. The material of the plate is ST 37. The initial size of the plate is 51 x 51 [mm] with a thickness of 1 [mm]. The design of this press tool was tested using manual hand press machine in the workshop of Politeknik Negeri Jakarta with capacity of 160 [kN]. Home slot door that produced using this machine has size 32 x 51 [mm].

Key words: slot door houses, progressive tool, piercing and bending.

1. PENDAHULUAN

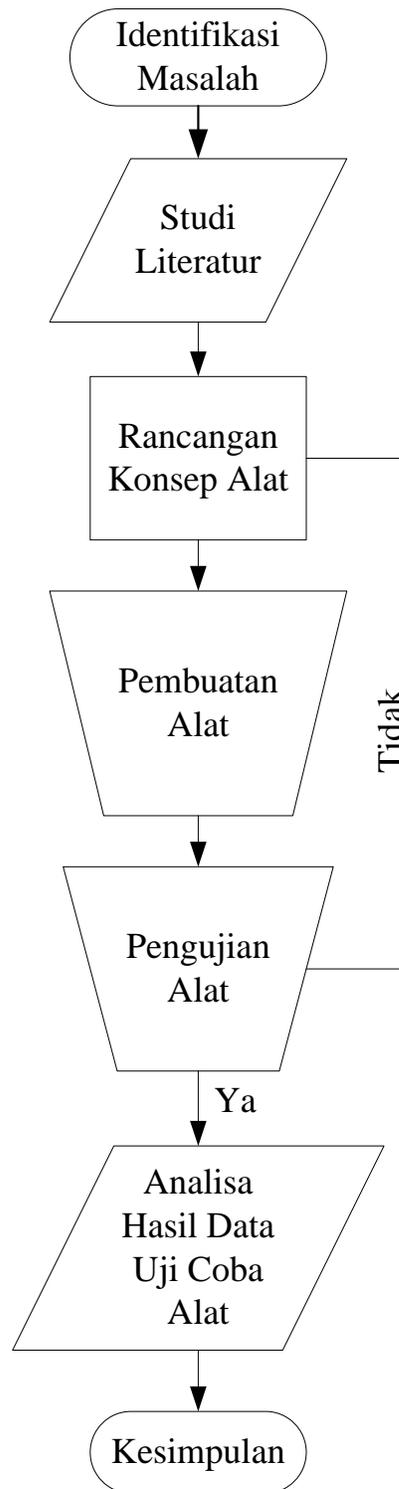
Kunci memiliki peranan penting dalam sebuah sistem keamanan. Kunci mekanik konvensional terdiri dari beberapa model, salah satunya yaitu grendel. Kunci grendel adalah model kunci pintu tradisional yang pada umumnya terbuat dari bahan baku plat. Kunci grendel bekerja tanpa membutuhkan anak kunci untuk membukanya, hanya cukup ditarik atau didorong secara manual menggunakan tangan. Salah satu komponen pada grendel ialah rumah slot yang memiliki fungsi sebagaiudukan sekaligus jalur untuk batang slot bergerak. Umumnya produk slot pintu yang ada dipasaran tidak seragam, memiliki bentuk dan ukuran berbeda sehingga dapat mempengaruhi dalam proses pemasangan maupun pemakaian. Hal tersebut dapat mengakibatkan umur produk yang tidak tahan lama. Selain itu, ketidak seragaman dalam bentuk dan ukuran produksi dapat mempengaruhi nilai jual tersebut.



Gambar.1 Rumah Slot Pintu

Oleh karena itu dalam memproduksi rumah slot, dibutuhkan alat yang dapat membantu guna menyeragamkan hasil produksi dan memiliki tingkat presisi yang tinggi untuk mengatasi masalah ini. Perkakas tekan merupakan salah satu alat yang dapat membentuk lembaran plat menjadi bentuk dan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan dalam jumlah yang besar[1]. Selain itu, proses produksi perkakas tekan tidak rumit dan hasil produksi yang didapat mempunyai tingkat presisi yang tinggi dalam ukuran dan bentuk[2]. Maka dari itu, dibutuhkan alat perkakas tekan yang memiliki tingkat presisi tinggi. Rancang bangun ini menghasilkan rumah slot pintu yang memiliki ukuran 51 x 32 [mm] dengan tingkat kepresisian tinggi.

2. METODOLOGI RANCANG BANGUN



Gambar.2 Diagram Alir Metodologi Rancang Bangun

a. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan cara pengamatan langsung dalam pembuatan rumah slot pintu. Adapun masalahnya adalah bagaimana membuat rumah slot pintu yang seragam dan biaya produksi rendah.

b. Rancangan konsep alat

Pada rancangan konsep, diawali dengan menentukan ukuran dan bentuk produk yang akan dibuat. Selanjutnya, menentukan jenis kerja yang dilakukan untuk membuat produk. Analisa dilakukan untuk mengetahui gaya – gaya yang bekerja pada rancangan alat perkakas tekan sehingga dapat mengetahui kapasitas mesin yang dibutuhkan untuk mengoperasikan rancangan alat tersebut. Beberapa rancangan komponen yang dibuat menggunakan *standard* seperti *standard FIBRO Die set without stripper DIN9868/ISO 11415*[3].

c. Pembuatan alat

Pembuatan komponen – komponen yang terdapat pada perkakas tekan yaitu dengan melalui proses permesinan seperti *milling, boring, tapping, surface grinding, wirecut, dan finishing*. Seteleah proses permesinan dilakukan, maka proses perakitan dilakukan hingga alat siap untuk dilakukan pengujian.

d. Pengujian alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan. Apabila alat tidak dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan maka akan dianalisa kembali untuk mengetahui bagian yang salah. Modifikasi pada alat juga akan dilakukan hingga alat tersebut dapat memenuhi kebutuhan.

e. Analisa hasil data uji coba alat

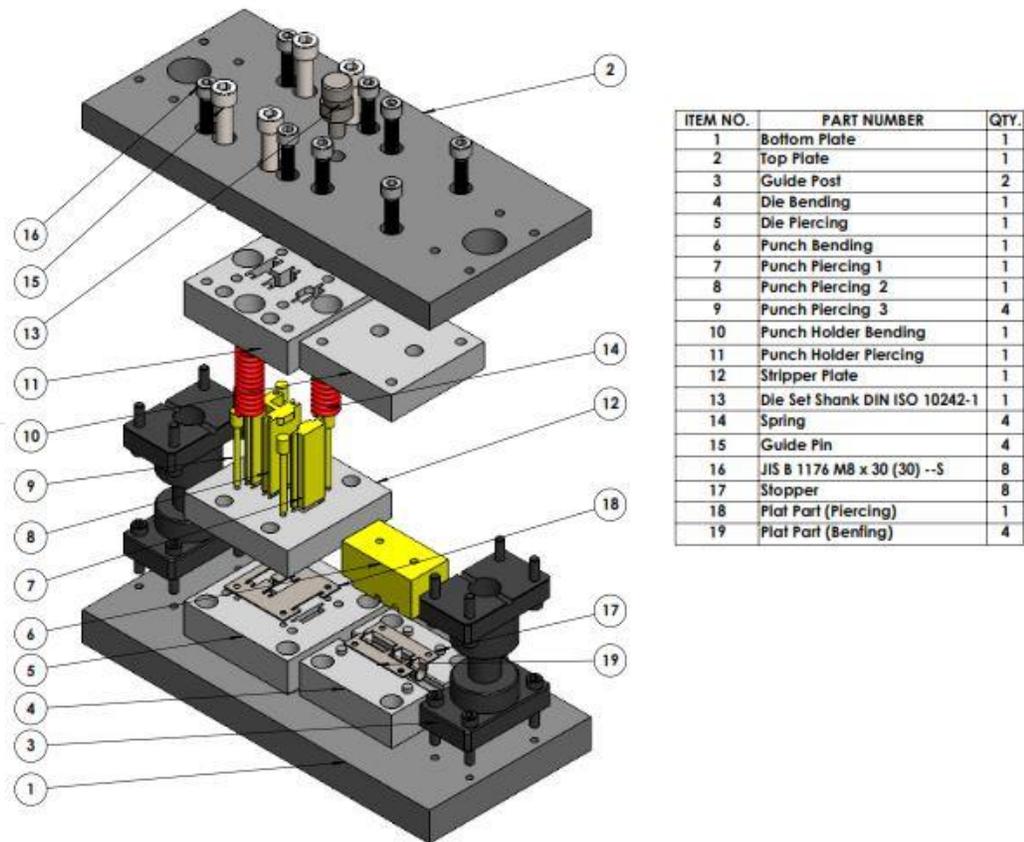
Data hasil uji coba dikumpulkan lalu ditinjau untuk mengetahui apakah alat sudah bekerja dengan baik dan dapat memenuhi kebutuhan atau tidak. Adapun hal – hal yang perlu diperhatikan seperti fungsi pada setiap komponen dan produk yang dihasilkan dari alat tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan bentuk dan spesifikasi produk, proses pengerjaan yang dibutuhkan pada alat perkakas tekan diantaranya yaitu pemotongan (*cutting*) dan pembentukan (*forming*). Proses pemotongan yang digunakan adalah proses *piercing* yang merupakan proses pemotongan lembaran plat untuk membuat lubang yang sesuai dengan rancangan pada permukaan yang rata ataupun kontur. Pada proses *piercing*, hasil yang ditekan adalah skrapnya sedangkan sisa bentuk yang tertinggal pada plat adalah benda kerja. Pada pembentukan, jenis proses yang digunakan adalah *U-Bending* karena plat akan dibentuk menjadi seperti huruf U. Jenis perkakas tekan yang dibuat adalah *Progressive Tool* yang dapat melakukan sejumlah operasi pemotongan dan pembentukan dalam beberapa stasiun kerja. Rancangan alat ini memiliki 2 stasiun kerja yang juga merupakan proses pengerjaan pada plat ini, yaitu *piercing* dan *U-bending*.

3.1. Rancangan Alat

Rancangan alat perkakas tekan ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu:



Gambar.3 Rancangan Alat Perkakas Tekan

a. *Top plate*

Top plate berfungsi untuk menyangga *punch*, *guide bush*, dan *shank*. *Top plate* juga berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan *punch* pada saat proses pemotongan ataupun pembentukan. Ukuran *top plate* dihitung dan disesuaikan dengan *standard FIBRO Die set without stripper DIN9868/ISO 11415* yaitu 315 x 160 [mm] [3]. Bahan yang digunakan untuk *top plate* yaitu SS400 dan proses pembuatan *top plate* dengan menggunakan mesin *milling*.

b. *Bottom Plate*

Bottom plate berfungsi sebagai penyangga *die* dan *guide bush*. Ukuran *bottom plate* disesuaikan dengan *standard FIBRO Die set without stripper DIN9868/ISO 11415* yaitu 315 x 160 [mm] [3]. Bahan yang digunakan untuk *bottom plate* yaitu SS400 dan proses pembuatan *bottom plate* dengan menggunakan mesin *milling*.

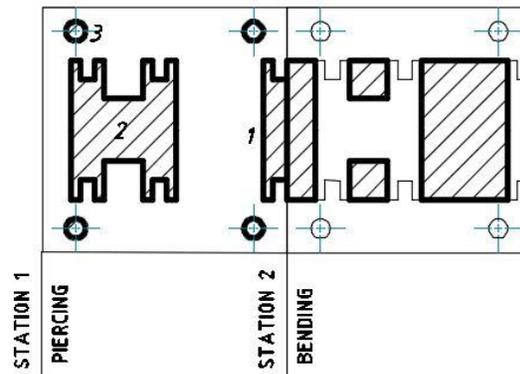
c. *Punch*

Punch merupakan pemotong maupun pembentuk atau cetakan laki – laki yang disangga oleh *top plate*. Bahan yang digunakan biasanya terbuat dari material *tool steel* yang dikeraskan hingga derajat kekerasan antara 55 – 62 (HRC)[4]. Pada rancangan alat ini, bahan yang digunakan untuk *punch* adalah SKD11. Proses pembuatan *punch* yaitu dengan menggunakan mesin *wire cut*.

- d. *Die*
Die merupakan pemotong maupun pembentuk bawah atau perempuan yang disangga oleh *bottom plate* dan terbuat dari material *tool steel* yang dikeraskan hingga drajat kekerasan antara 55 – 62 (HRc)[4]. Pada rancangan alat ini, bahan yang digunakan untuk *die* adalah SKD11. Proses pembuatan *die* yaitu dengan menggunakan mesin *wire cut*.
- e. *Punch Holder*
Punch Holder berfungsi sebagai tempat dudukan *punch* supaya posisi *punch* kokoh pada tempatnya. *Punch holder* akan mengalami tegangan permukaan terhadap *punch*. Pada rancangan ini, bahan *punch holder* adalah S45C. Proses pembuatan *punch holder* yaitu dengan menggunakan mesin *milling*.
- f. *Shank*
Shank terpasang pada *top plate* yang berfungsi sebagai penghubung antara *top plate* dengan mesin *press*. *Shank* juga berfungsi sebagai menaikkan atau menurunkan *top plate* pada saat proses pemotongan maupun pembentukan. Bahan yang digunakan untuk *shank* yaitu S45C dan proses pembuatannya menggunakan mesin bubut.
- g. *Stripper plate*
Stripper plate berfungsi sebagai menahan benda kerja pada saat proses pemotongan agar tidak bergeser. Umumnya, *stripper plate* terbuat dari material baja karbon. Mekanisme *stripper plate* menggunakan *spring*. Tebal *stripper plate* pada *punch piercing* yaitu 15 [mm]. *Stripper plate* terbuat dari bahan S45C yang proses pembuatannya menggunakan mesin *milling*.
- h. *Pillar*
Pillar merupakan pengarah dari *top plate* yang tegak lurus terhadap komponen – komponen dibagian bawah. Ukuran pada *pillar* disesuaikan dengan *standard FIBRO Guide Pillars DIN 9825/ISO 9182-2* yaitu diameter 20 [mm] dan panjang 100 [mm] [3]. Bahan yang digunakan adalah S45C dan proses pembuatannya dengan menggunakan mesin bubut.
- i. *Bush*
Berfungsi untuk menghindari kerusakan pada permukaan *top plate* akibat adanya gesekan dengan *pillar*. *Bush* yang digunakan sesuai dengan *Standard FIBRO Headed Guide Bushes to DIN 9831/ISO 9448-6*. Bahan yang digunakan pada *bush* yaitu S45C.
- j. *Spring*
Merupakan *standard part* yang berfungsi untuk penggerak mekanisme *stripper plate*. *Spring* yang digunakan sesuai dengan *Standard FIBRO Compression Springs DIN ISO 10243*[3].

3.2. Prinsip Kerja Alat

Alat perkakas tekan ini dioperasikan menggunakan mesin *hand press* manual yang memiliki kapasitas 160 [kN]. Lembaran plat ST 37 yang memiliki tebal 1 [mm] dengan ukuran 51 x 51 [mm] dijepit pada *die* di stasiun pertama yaitu *piercing*. Tangkai pemegang (*Shank*) dihubungkan ke mesin penekan dengan tujuan menaikkan dan menurunkan *top plate*. Pada *top plate* terdapat *punch* yang berfungsi untuk melubangi dan membentuk plat sesuai dengan rancangan. Setelah plat selesai diproses pada stasiun pertama, dipindahkan menuju *die* stasiun selanjutnya yaitu stasiun *U-Bending* lalu dijepit. Pada proses ini plat akan dibentuk sesuai dengan rancangan *punch* dan *die*. Hasilnya, plat memiliki ukuran 51 x 32 [mm] dan bentuk sesuai dengan rancangan produk.



Gambar.4 Stasiun Kerja

3.3. Analisa Rancangan Alat

Analisa dilakukan untuk mengetahui besarnya kapasitas rancangan alat perkakas tekan dalam memproduksi sebuah produk yaitu rumah slot pintu.

3.3.1. Gaya Pemotongan

Pada langkah ini, pemotongan dilakukan untuk melubangi benda kerja atau proses pemotongannya dinamakan *piercing*. Pemotongan dilakukan pada 3 bagian yang berbeda. Benda kerja yang akan dilubangi memiliki tebal 1 [mm] dengan bahan ST 37 yang memiliki tegangan geser 35 [$\frac{kg}{mm^2}$] [5]. Berikut adalah rumus untuk menghitung gaya potong terhadap benda kerja dari proses pemotongan (*piercing*) [6].

$$F_p = l \times t \times \tau_g$$

Dengan,

F_p = Gaya Potong [N]

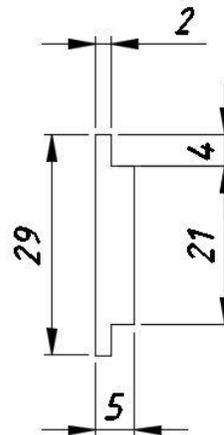
l = Panjang sisi potong [mm]

τ_g = Tegangan geser benda [$\frac{N}{mm^2}$]

t = Tebal plat [mm]

a) Gaya Pemotongan 1

Berikut merupakan gambar ukuran sisi potong pada bagian 1.



Gambar.5 Ukuran Sisi Potong Bagian 1

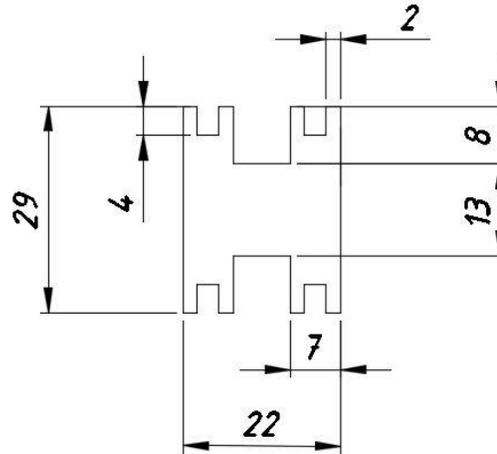
Maka,

$$F_{p1} = (29 + 2 + 4 + 3 + 21 + 3 + 4 + 2) [mm] \times 1 [mm] \times 35 \left[\frac{kg}{mm^2} \right] \times 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F_{p1} = 23347,8 [N]$$

b) Gaya Pemotongan 2

Berikut merupakan gambar ukuran sisi potong pada bagian 2.



Gambar.6 Ukuran Sisi Potong Bagian 2

Maka,

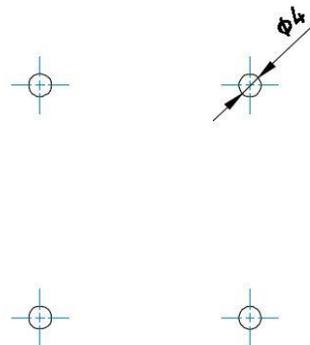
$$F_{p2} = (29 \cdot 2) + (2 \cdot 8) + (4 \cdot 8) + (3 \cdot 4) + (8 \cdot 4) + (8 \cdot 2) [mm] \times 1 [mm]$$

$$\times 35 \left[\frac{kg}{mm^2} \right] \times 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F_{p2} = 56996,1 [N]$$

c) Gaya Pemotongan 3

Berikut merupakan gambar ukuran sisi potong pada bagian 3.



Gambar.7 Ukuran Sisi Potong Bagian 3

$$F_{p3} = 12,56 [mm] \times 1 \times 35 \left[\frac{kg}{mm^2} \right] \times 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$F_{p3} = 4314,6 [N]$$

Besarnya gaya potong yang terjadi pada bagian 3 adalah 4314,6 [N]. Pada bagian ke 3, dibutuhkan 4 pemotongan yang panjang sisi potongnya sama. Oleh karena itu besar gaya pemotongan pada bagian 3 menjadi empat kalinya yaitu 17258,6 [N].

Maka total keseluruhan gaya pemotongan yang terjadi yaitu :

$$F_{total\ cutting} = F_{p1} + F_{p2} + F_{p3}$$

$$F_{total\ cutting} = 23347,8 [N] + 56996,1 [N] + 17258,6 [N]$$

$$F_{total\ cutting} = 97602,55 [N]$$

3.3.2. Gaya Pembentukan

Pada langkah ini, pembentukan dilakukan untuk membentuk benda kerja sesuai dengan bentuk rancangan. Jenis proses pembentukannya ialah *U-Bending*. Berikut adalah rumus untuk mengetahui gaya pembentukan pada proses *U-Bending* [7].

$$F_b = \frac{0,67 \times l \times \sigma_t \times t^2}{(r_1 + r_2 + c)}$$

Dengan :

F_b = Gaya pembentukan [N]

l = Panjang lembaran plat [mm]

$$= 51 [mm]$$

σ_t = Tegangan tarik material $\left[\frac{kg}{mm^2}\right]$

t = Tebal plat [mm]

r_1 = Radius pada *die* [mm]

r_2 = Radius pada *punch* [mm]

c = Kelonggaran [mm]

Tegangan tarik pada material ST 37 ialah $37 \left(\frac{kg}{mm^2}\right)$ [5]. Rancangan radius pada *die* yaitu 2 [mm] sedangkan pada *punch* 4 [mm]. Kelonggaran yang dibutuhkan pada proses *bending* ini adalah 1 [mm]. Maka gaya pembentukan pada proses *bending* yang terjadi adalah :

$$F_b = \frac{0,67 \times 51 [mm] \times 37 \left[\frac{kg}{mm^2}\right] \times 1 [mm]^2}{(2 + 4 + 1) [mm]}$$

$$F_b = 2480,53 [N]$$

3.3.3. Kapasitas Alat

Kapasitas alat adalah kemampuan untuk memberikan kekuatan yang cukup untuk melakukan operasi pengerjaan benda kerja. Rancangan alat perkakas tekan setidaknya mampu memberikan kekuatan lebih sekitar 33% untuk kinerja yang konsisten[8]. Berikut merupakan rumus untuk menghitung kapasitas rancangan alat yang terjadi[9].

$$F_m = (F_{total\ cutting} + F_{total\ bending}) \times 1,33$$

Dengan :

F_m = Kapasitas alat [N]

Maka,

$$F_m = (97602,55 [N] + 2480,53 [N]) \times 1,33$$

$$F_m = 133,11 [kN]$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari rancang bangun mesin alat perkakas tekan rumah slot pintu ini adalah sebagai berikut :

1. Alat perkakas tekan memiliki dimensi 315 x 160 x 150 [mm]
2. Alat perkakas tekan dapat menghasilkan produk berupa rumah slot pintu dengan ukuran 51 x 32 dengan tebal 1 [mm] yang terbuat dari bahan plat ST 37.
3. Jenis alat perkakas tekan ini adalah progressive tool yang memiliki 2 stasiun dengan stasiun pertama adalah *piercing* dan kedua adalah *U-Bending*.
4. Kapasitas rancangan perkakas tekan sebesar 133,11 [kN] sehingga dapat dioperasikan menggunakan mesin *hand press* manual yang terdapat di bengkel Politeknik Negeri Jakarta yang memiliki kapasitas 160 [kN].

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Sachin and G. Yathish, "Design Analysis and Overview of Press Tool With its Defects and Remedies," vol. 3, no. March, pp. 1–10, 2015.
- [2] E. Technology, "Design of Progressive Die Using Fe Analysis," vol. 2, pp. 7–13, 2014.
- [3] FIBRO, *Standard Parts Catalogue*. 2017.
- [4] N. Ramesha, "Design and Analysis of Blanking and Bending Press Tool to Produce Anchor Bracket Component," vol. 4, no. 4, pp. 1035–1039, 2015.
- [5] H. Jutz and E. Scharkus, *Westermann Tables For The Metal Trade*, No.3. New Age International, 2006.
- [6] V. D. Barhate, S. G. Mahakalkar, and A. V Kale, "Design and Analysis of Progressive Die for an Industrial Part," *Int. J. Sci. Res.*, no. April, pp. 10–11, 2015.
- [7] R. Sudarmawan, *Teknologi Press Dies*. Yogyakarta: Kansius, 2009.
- [8] R. Chavan and N. Patil, "Design , Development and Analysis of Press Tool for an Industrial Part," vol. 4, no. 1, pp. 112–123, 2016.
- [9] F. Biruke, T. Yonas, and M. Degu, "Design of Combined Press Tool for the Manufacturing of Rice Thresher Blade (Case Study at Amhara Agricultural Mechanization and Food Science Research Center-Ethiopia)," pp. 90–106, 2014.

PERANCANGAN DEDUSTING DUCT DAN HOOD DI COOLER NAR 1

Irfansyah¹; Mochammad Sholeh²; Ronny Pujiwiyono³; Muhammad Taufik⁴

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424,

²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

³Superintendent Process Engineering PT. Holcim Indonesia. Tbk

⁴Superintendent Raw Mill Kiln NAR 1 PT. Holcim Indonesia. Tbk

irfansyah.holcim@gmail.com¹

Abstrak

Cooler merupakan equipment yang berfungsi sebagai pendingin material hasil pembakaran di kiln, material tersebut didinginkan dari suhu $\pm 1400^{\circ}\text{C}$ menjadi $\pm 200^{\circ}\text{C}$ kemudian pada outlet cooler terdapat equipment clinker hammer crusher yang berfungsi sebagai size reduction. Lalu material tersebut (clinker) dijatuhkan ke alat transportasi material yang disebut apron conveyer. Jatuhnya clinker dari clinker hammer crusher ke apron conveyor menyebabkan debu di area sekitar cooler NAR 1 tentu hal ini menyebabkan pencemaran udara terutama mengenai isu kesehatan dan berdampak ke masalah lain, diantaranya loss production, cleaning cost, mengganggu operasional karena debu clinker dapat masuk ke equipment sekitar, dll. Untuk itu diperlukan fasilitas dedusting. Fasilitas dedusting baru ini terdiri dari dedusting duct dan hood yang dirancang dari apron conveyor sampai bag filter sehingga debu clinker dapat terhisap oleh fan menuju bag filter. Perancangan dedusting duct dan hood diperlukan sebagai solusi untuk masalah-masalah tersebut. Terdapat bag filter (493-BF1) di sekitar area cooler NAR 1 dengan kapasitas $17600\text{ m}^3/\text{h}$ dan fan bag filter $19360\text{ m}^3/\text{h}$. Serta terdapat tiga hisapan menuju bag filter tersebut, dengan masing-masing debit udara (flow) sebagai berikut : $3400\text{ m}^3/\text{h}$ untuk 493-AC1 dan $7100\text{ m}^3/\text{h}$ untuk masing-masing 493-AC3 dan 493-AC2. Dengan pemasangan pneumatic slide gate di 493-AC3 dan 493-AC2 maka flow yang sudah terpakai sebanyak $10500\text{ m}^3/\text{h}$ sehingga terdapat cadangan flow $7100\text{ m}^3/\text{h}$ yang dapat digunakan untuk fasilitas dedusting yang baru. Berdasarkan Holcim standard dan hasil benchmark dengan dedusting system yang ada di Cilacap flow yang dibutuhkan untuk fasilitas dedusting yang baru adalah $6065,28\text{ m}^3/\text{h}$. Hasil dari penelitian ini adalah berupa desain rancangan fasilitas dedusting yang terdapat pada bagian pembahasan, dimana rancangan ini berfungsi sebagai pengumpul debu sehingga tidak ada pencemaran udara yang disebabkan oleh material halus yang keluar dari sistem dan untuk mengurangi kondisi berdebu sehingga ada perbaikan terkait kesehatan dan keselamatan di PT. Holcim Indonesia Tbk.

Kata Kunci: Dedusting duct, Venting Hood, Bag filter, Material transport, Cooler

Abstract

Cooler is an equipment that has function for cooling material combustion in kiln, the material is cooled from $\pm 1400^{\circ}\text{C}$ to $\pm 200^{\circ}\text{C}$ then at the cooler outlet there is equipment clinker hammer crusher that works as size reduction. Then the material (clinker) is dropped onto a material transport device called an apron conveyer. Clinker falls from clinker hammer crusher to apron conveyor causes dusty condition in area around cooler NAR 1 of course this causes air pollution especially concerning health issue and impact to other problem, such as loss production, cleaning cost, disrupt operational because clinker dust can go into equipment around, etc. For that required dedusting facility, the facility that functions as a dust collector so that no pollution caused by the fine material that comes out of the system. The new dedusting facility consists of a dedusting duct and hood that will be designed from the apron conveyor to the bag filter so that the clinker dust can be sucked by the fan to the bag filter. The design of dedusting duct and hood is needed as a solution to these problems. There is a bag filter (493-BF1) at NAR 1 cooler area with a capacity of $17600\text{ m}^3/\text{h}$ and bag filter fan $19360\text{ m}^3/\text{h}$. And there are three suctions to the bag filter, with each air flow (flow) as follows: $3400\text{ m}^3/\text{h}$ for 493-AC1 and $7100\text{ m}^3/\text{h}$ for 493-AC3 and 493-AC2 respectively. With the installation of pneumatic slide gate at 493-AC3 and 493-AC2 then the flow used is $10500\text{ m}^3/\text{h}$ so that there is a $7100\text{ m}^3/\text{h}$ flow is still available that can be used for the new dedusting facility. Based on Holcim standard and benchmark results with dedusting in Cilacap flow required for the new dedusting facility is $6065,28\text{ m}^3/\text{h}$. The result of this research is design about dedusting facility that explained in discussion, where this design has function as dust collector so that no air pollution caused by fine dust go out of system and to reduce dusty condition so that there is improvement related to health and safety at PT. Holcim Indonesia Tbk.

Keywords: Dedusting duct, Venting Hood, Bag filter, Material transport, Cooler

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cooler adalah alat yang berfungsi sebagai pendinginan material hasil pembakaran di *kiln* dari suhu $\pm 1400^{\circ}\text{C}$ sampai $\pm 200^{\circ}\text{C}$. Pendinginan dilakukan secara cepat dengan menggunakan udara yang di ambil dari lingkungan atau yang disebut dengan *quenching*. Hal ini dilakukan untuk mencegah penguraian kembali C_3S menjadi C_2S . Kemudian material tersebut mengalami *size reduction* oleh *clinker hammer crusher* yang terdapat diujung *cooler outlet* NAR 1. Setelah didinginkan material tersebut di transportasikan menuju penyimpanan *clinker* atau yang biasa disebut dengan silo *clinker* dengan menggunakan *apron conveyor*.

Pada titik ini (jatuhan material dari *clinker hammer crusher* ke *apron conveyor*) menimbulkan debu sehingga area sekitar *cooler* NAR 1 terutama pada keluaran *cooler* berdebu. Hal ini dapat menyebabkan beberapa masalah, diantaranya menyebabkan polusi udara pada lingkungan sekitar yang pada akhirnya berdampak kepada isu kesehatan. Polusi ini akan terus berlanjut sehingga menyebabkan akumulasi debu. Akumulasi debu ini perlu dibersihkan dimana proses pembersihan ini perlu mengeluarkan biaya untuk membayar *manpower*. Selain itu keadaan seperti ini juga dapat menyebabkan terganggunya operasional dikarenakan debu *clinker* yang masuk ke *equipment* (*gearbox*, bantalan *roller apron conveyer* dll).



Gambar 1. Kondisi Berdebu di Area Cooler

Tidak kalah penting kondisi berdebu ini juga dapat menyebabkan *production loss* (produksi yang diharapkan dikurangi dengan produksi aktual atau selisih antara pemakaian material aktual dengan yang direncanakan) yang dikarenakan keluarnya material-material halus dari sistem ke lingkungan. Tentu hal ini sangat tidak diharapkan, oleh karena itu penulis ingin merancang jalur *dedusting* pada area ini lebih tepatnya pada 493-AC1 (material jatuhan dari *clinker hammer crusher* (473-HC1) dengan memanfaatkan *bag filter* yang sudah ada. Dengan adanya jalur baru *dedusting* ini dapat mengatasi masalah-masalah akibat keadaan berdebu seperti yang sudah dijelaskan diatas.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang fasilitas atau alat yang berfungsi untuk menangkap debu. Sehingga mengurangi pencemaran lingkungan yang berdampak pada isu kesehatan, kemudahan merawat alat, dan produktivitas.

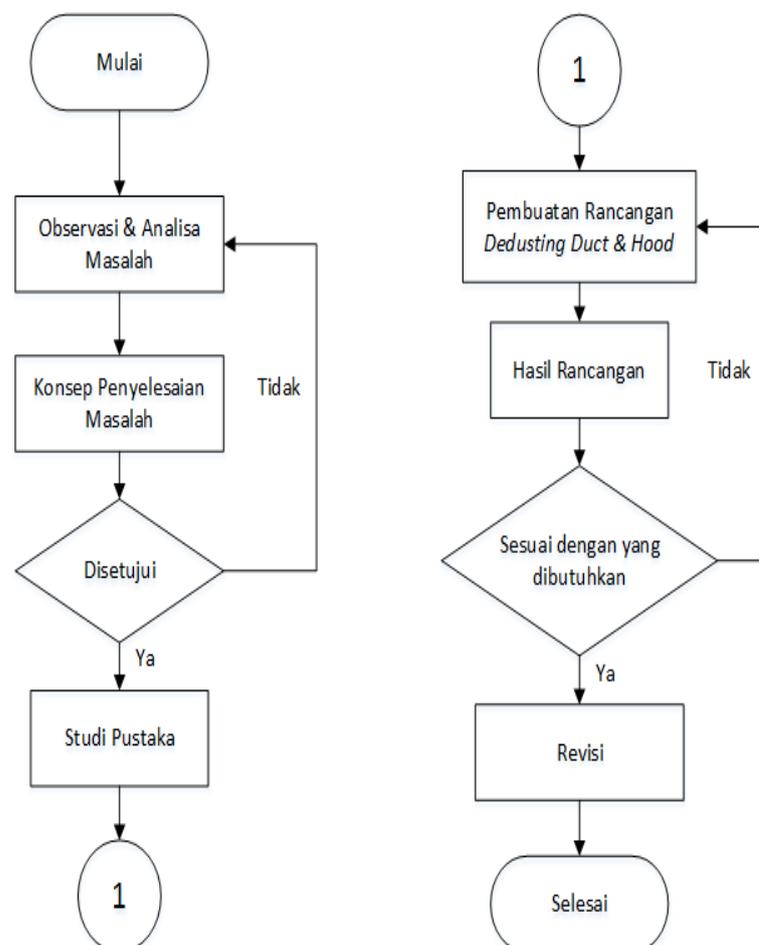
2 METODE PENELITIAN

Studi lapangan dilakukan sebagai observasi awal untuk memperoleh gambaran umum tentang kondisi yang akan diteliti dan memahami permasalahannya. Dari hasil identifikasi masalah, didapatkan bahwa kondisi berdebu pada area *cooler* NAR 1 disebabkan karena belum adanya fasilitas *dedusting* sehingga debu jatuhan dari *hammer crusher* menuju *apron conveyor* tidak tertangkap oleh *bag filter* dan menyebabkan pencemaran udara di area sekitar.

Kemudian penyelesaian masalah dilakukan dengan cara melakukan diskusi dengan dosen pembimbing, pembimbing di lapangan maupun dengan para karyawan dari departemen *maintenance*. Dari hasil diskusi tersebut, didapatkan hasil bagaimana cara mencegah/mengurangi kondisi berdebu agar tidak menyebabkan beberapa masalah seperti yang sudah dijelaskan diatas. Yaitu dengan cara membuat fasilitas *dedusting*. *Dedusting duct* dan *hood* dirancang agar ketika ada debu akibat jatuhnya material dari *hammer crusher* menuju *apron conveyor* debu tersebut dapat terhisap menuju *bag filter* sehingga tidak keluar dari sistem.

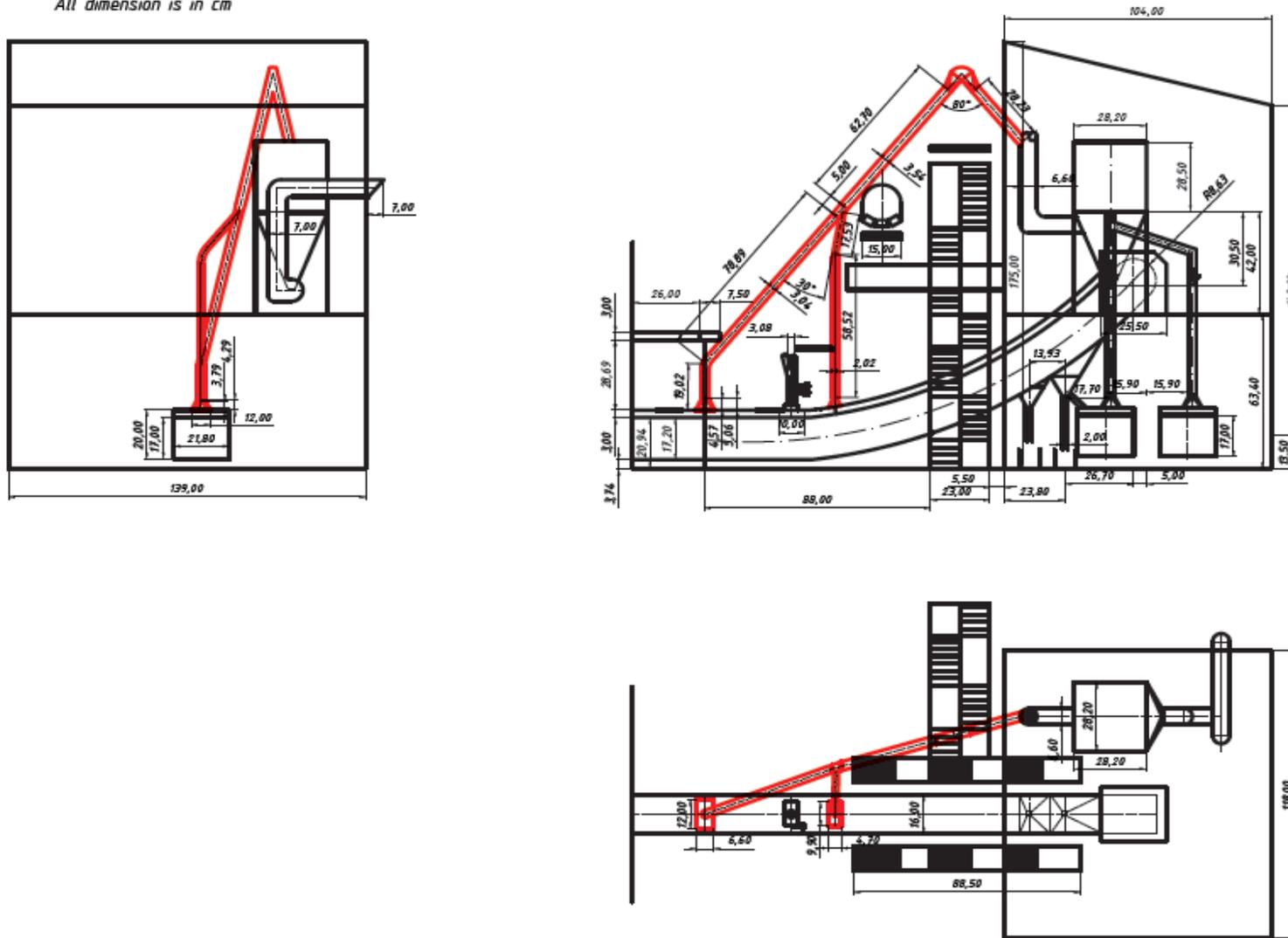
Untuk mendapatkan hasil rancangan yang akurat dan sesuai dengan yang diharapkan, perlu dilakukannya tinjauan pada literatur. Kemudian dilakukanlah tahapan perancangan sebagai berikut:

- Menentukan debit dan kecepatan udara yang digunakan untuk menghisap debu *clinker* dari *apron conveyor* (493-AC1) sampai *bag filter* (493-BF1).
- Menentukan design *dedusting duct*, *self cleaning elbow* dan *hood*.
- Menentukan ukuran dan konstruksi (panjang, diameter, ketebalan, sudut dan kemiringan) *duct* dan *hood*.
- Menentukan konstruksi pembuatan *dedusting duct*, *self cleaning elbow* dan *hood*, yang berkaitan dengan jenis material yang akan di gunakan, dan menentukan jenis penyambungan, serta melakukan perhitungannya.



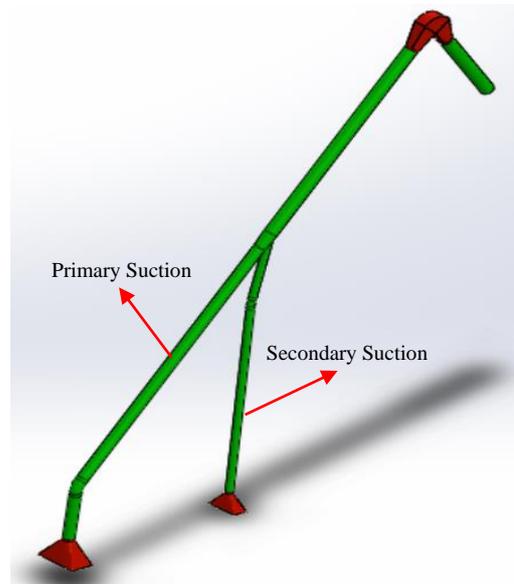
Gambar 2. Diagram Alir

Note :
All dimension is in cm



Gambar 4. Lay Out Desain 2

Berdasarkan perhitungan maka dari dua pilihan perancangan diatas penulis memilih desain kedua karena lebih efisien dalam menangkap debu, yaitu jika masih ada debu yang lolos dari titik hisapan pertama (*primary suction*) maka debu tersebut akan terhisap oleh hisapan kedua (*secondary suction*).



Gambar 5. Dedusting Duct dan Hood Desain 2

Selain itu pemilihan desain kedua adalah hasil *benchmark* dengan *dedusting system* yang ada di Holcim Cilacap. Seperti yang tergambar pada gambar dibawah ini:

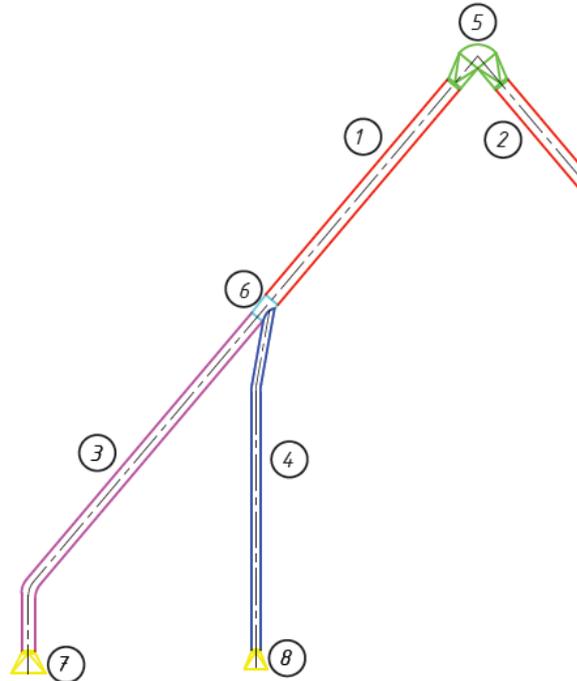


Gambar 6.(a) Kondisi Cooler di Narogong dan 6.(b). Kondisi Cooler di Cilacap

Dari gambar diatas terlihat bahwa keadaan *cooler* di Cilacap (kanan) lebih bersih daripada *cooler* yang ada di Narogong (kiri) hal tersebut dikarenakan sistem *dedusting* yang terdapat di Cilacap terdiri dari satu hisapan utama dan satu hisapan tambahan. Sehingga penulis memanfaatkan sisa debit udara untuk membuat hisapan tambahan (*secondary suction*) agar debu tertangkap secara optimal.

3.1 Penentuan Dimensi *Dedusting Duct*

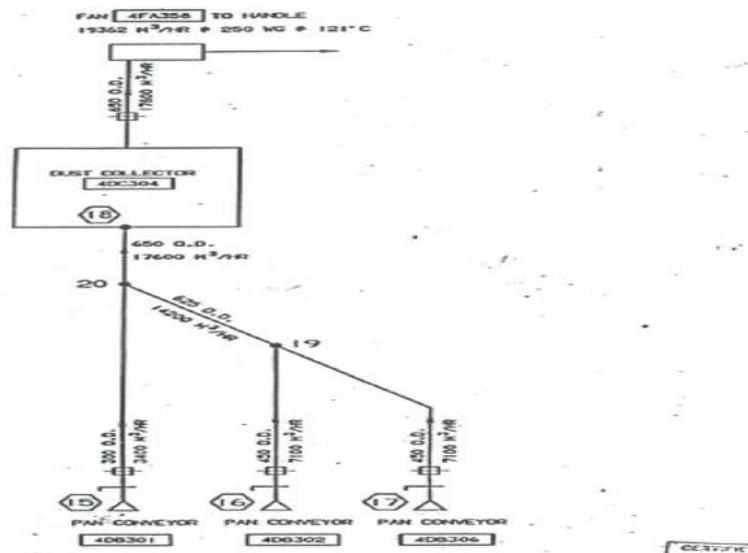
Untuk memudahkan perhitungan maka penulis memberi nomor pada beberapa titik sepanjang *duct* hisapan, sebagai berikut:



Gambar 7. Overview Perancangan Fasilitas *Dedusting*

Lalu berdasarkan data *sheet* kapasitas bag filter 493-BF1 yaitu 17600 m³/h dengan masing-masing hisapan sebagai berikut:

- 3400 m³/h untuk 493-AC1
- 7100 m³/h untuk 493-AC2
- 7100 m³/h untuk 493-AC3



Gambar 8. Data Sheet Flow Inlet Bag Filter

Pemasangan *pneumatic slide gate* pada dua hisapan yaitu dari 493-AC2 dan 493-AC3 bertujuan untuk menutup salah satu jalur hisapan tersebut sehingga terdapat debit hisapan untuk fasilitas *dedusting* yang baru sebesar 7100 m³/h. Berdasarkan *Holcim standard design* untuk kecepatan gas didalam *duct* adalah 16 m/s sehingga penulis *men-set* kecepatan sebesar tersebut kemudian dengan debit yang tersedia maka didapat diameter untuk titik 3 menggunakan persamaan:

$$Q = A \cdot V \quad [1] \quad \text{[Persamaan. 1]}$$

Kemudian dengan debit sisa dari titik 3 dan dengan kecepatan yang sama didapat diameter pada titik 4. Terakhir kita dapat mencari diameter *duct* dengan menggunakan persamaan:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad [1] \quad \text{[Persamaan. 2]}$$

Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- 1 Mencari diameter *dedusting duct* di titik 3
- 2 Mencari diameter *dedusting duct* di titik 4
- 3 Mencari diameter *dedusting duct* di titik 1

Titik	Diameter [inch]	Diameter [mm]	Kecepatan [m/s]	Debit [m ³ /h]	Keterangan
1	14	355,6	16	6065,28	Q ₁ = Q ₂
2	14	355,6	16	6065,28	Q ₁ = Q ₂
3	12	304,8	16	4199,04	Q ₃ = Q ₂ - Q ₄
4	8	203,2	16	1866,24	Q ₄ = Q ₁ - Q ₃

Tabel 1. Diameter dan Debit Fasilitas *Dedusting*

3.2 Perhitungan Kerugian (*Losses*) pada *Dedusting Duct* dan *Hood*

Sebelum menghitung kerugian pada sistem perpipaan maka untuk menentukan aliran tersebut laminar atau turbulen perlu dicari terlebih dahulu bilangan *reynoldnya*, yaitu:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad [2] \quad \text{[Persamaan. 3]}$$

Jika aliran tersebut laminar ($Re < 2300$) maka untuk mencari faktor gesekan (f) dapat menggunakan rumus:

$$f = 64/Re \quad [4] \quad \text{[Persamaan. 4]}$$

Tetapi Jika aliran tersebut turbulen maka untuk menentukan faktor gesekan (f) harus menggunakan *moody diagram* dimana pada *moody diagram* terdapat unsur kekasaran relatif pipa yang harus kita hitung terlebih dahulu menggunakan:

$$\kappa = \frac{\epsilon [m]}{D [m]} \quad [3] \quad \text{[Persamaan. 5]}$$

Maka kita dapat menghitung kerugian longitudinal pada fasilitas *dedusting* ini, dengan menggunakan rumus:

$$\Delta p = f \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{D} \cdot \rho \cdot V^2 \quad [3] \quad \text{[Persamaan. 6]}$$

Berbeda dengan *dedusting duct* yang memiliki profil circular, untuk mencari kerugian pada *hood* maka kita harus menghitung terlebih dahulu diameter ekuivalen, dengan menggunakan rumus:

$$D_e = 4 \times \frac{P \cdot L}{2(P + L)} \quad [5] \quad \text{[Persamaan. 7]}$$

Lalu mencari nilai koefisien kehilangan akibat pengecilan perlahan menggunakan rumus:

$$K_l = \left[1 - \frac{d^2}{D^2} \right] \quad [5] \quad \text{[Persamaan. 8]}$$

Setelah mendapat nilai koefisien kehilangan kemudian kita dapat menghitung nilai kehilangan akibat pengecilan perlahan pada *primary hood*, yaitu:

$$H_m = K_l \frac{v^2}{2g} \quad [5] \quad \text{[Persamaan. 9]}$$

Sama dengan titik-titik sebelumnya untuk mendapatkan nilai kerugian akibat perbesaran dalam satuan tekanan maka kita perlu mengkonversi *head loss* akibat pengecilan pada *primary hood* kedalam satuan tekanan, yaitu sebagai berikut:

$$p \text{ [in bar]} = \frac{h[m] \cdot SG}{10,197} \quad [6] \quad \text{[Persamaan. 10]}$$

Titik	Diameter [inch]	Diameter [mm]	Kecepatan [m/s]	Debit [m ³ /h]	Losses [mmH ₂ O]
1	14	355,6	16	6065,28	4,4018
2	14	355,6	16	6065,28	1,9813
3	12	304,8	16	4199,04	8,4860
4	8	203,2	16	1866,24	16,4041
5	D _{in} = D _{out} = 14	355,6	v _{in} = v _{out} = 16	1866,24	19,0381
6	D _{in} = 12 D _{out} = 14	D _{in} = 304,8 D _{out} = 355,6	v _{in} = 16 v _{out} = 16	Q _{in} = 4199,04 Q _{out} = 6065,28	6,0163
7	D _{in} = 34 D _{out} = 12	D _{in} = 879,5952 D _{out} = 304,8	v _{in} = 1,4 v _{out} = 16	Q _{in} = 4199,04 Q _{out} = 4199,04	13,2563
8	D _{in} = 24 D _{out} = 8	D _{in} = 602,5388 D _{out} = 203,2	v _{in} = 1,4 v _{out} = 16	Q _{in} = 1866,24 Q _{out} = 1866,24	13,3582
Total Losses					82,9421

Tabel 2. Longitudinal Losses

4 KESIMPULAN

Berdasarkan dari perancangan yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Fasilitas *Dedusting* yang dirancang ditujukan untuk menghilangkan kondisi berdebu pada area cooler NAR 1.
- Fasilitas *dedusting* didesain sesuai dengan Holcim *standard design* dan hasil *benchmark* dengan Cilacap. Kebutuhan udara 6065,28 m³/h, kecepatan pada *dedusting duct* 16 m/s dan kecepatan pada inlet hood 1,4 m/s.
- Perancangan *hood* dimodifikasi dari ketentuan yang tertera dalam Holcim *standard design* tetapi tetap mengikuti aturan kecepatan pada titik masuk dan titik keluar. Hal ini dilakukan untuk menangkap lebih material halus pada bagian pinggir *apron conveyer*.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan *full paper* seminar nasional ini mungkin tidak akan terselesaikan tanpa ada bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Bapak Drs. Mochammad Sholeh, ST., MT. selaku dosen pembimbing.
- Ronny Pujiwiyono, serta Fetra Esatika selaku *Superintendent* dan staf *Process Engineering* PT. Holcim Indonesia Tbk selaku pembimbing lapangan.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] White, Frank M., Manahan Hariandja. 1988. *Mekanika Fluida* (Terjemahan). Jilid II, Penerbit Airlangga, Jakarta.
- [2] Haruo Tahara, Sularso, 2000. *Pompa dan Kompresor. Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan* (Terjemahan). Cetakan ketujuh, Pradnya Pramita, Jakarta.
- [3] Raswari. 1986. *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- [4] Miller, D.S. 1978. *Internal Flow System*. BHRA Fluid Engineering, Cranfield, England.
- [5] Subramanian, R.S. 2014. *Pipe Flow Calculation*. Clarkson University, New York, United States.
- [6] Pengertian dan Cara Cepat Mencari Head Pompa, <http://haryochi.blogspot.com> (akses 24 Mei 2018)

RANCANGAN SLUG CATCHER UNTUK PIPA GAS DURI-DUMAI

Aditya Hariprasetyo¹ ; Afif Alvany¹ ; Nugroho Eko Setijogiarto².

*Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok 16425
aditya.hariprasetyo@gmail.com*

Abstrak

Tulisan ini membahas tentang rancangan *Slug Catcher* pada proyek pipa gas Duri-Dumai. Rancangan ini bertujuan untuk menentukan konstruksi *Slug Catcher* yang aman. *Slug Catcher* dibutuhkan pada jalur pipa gas duri-dumai sebagai perangkat pemisah antara gas dan cairan. Proses pemisahan oleh *Slug Catcher* diperlukan karena fluida gas dan cairan perlu dipisahkan sehingga gas yang keluar tidak mengandung zat cair dan dapat dilanjutkan ke proses pemurnian selanjutnya. *Slug Catcher* adalah sebuah bejana bertekanan yang digunakan untuk memisahkan fluida gas dari kondensat. Kondensat muncul dari proses pengumpulan gas alam yang diambil dari sumur gas dalam bentuk zat cair. Metode perancangan *Slug Catcher* meliputi penentuan dimensi diameter dan panjang *vessel*, perhitungan ketebalan dinding silinder (*shell*) meliputi laju korosi, perhitungan proses laju aliran gas alam yang masuk kedalam *Slug Catcher*, penentuan untuk penyangga (*saddle*), perhitungan dimensi *manhole*, perhitungan dimensi *mist eliminator*, perhitungan *lifting & earthing lug*, dan penentuan ukuran *nozzle inlet* maupun *outlet* dari *Slug Catcher*. Semua itu ditentukan berdasarkan *Design Data* yaitu, Tekanan operasional gas 690 [Psig]. Buku Standard ASME Section VIII digunakan sebagai referensi rancangan mengenai *Design Pressure Vessel*. *Slug Catcher* hasil rancangan memiliki Inlet Nozzle ukuran 22 [in], Outlet Nozzle Gas 22 [in], Outlet Nozzle Zat Cair 4 [in]. dilengkapi Outlet Nozzle level cairan, temperatur, dan tekanan berdimensi 2 [in] yang terintegrasi ke ruang control.

Kata kunci : *Slug Catcher*, kondensat, *pressure vessel*

Abstract

This paper discusses the design of *Slug Catcher* that on the Duri-Dumai gas pipeline project. This design aims to determine the safe construction of *Slug Catcher*. *Slug Catcher* is required on the natural gas pipeline as a separator between gas and liquid form. The process of separation by *Slug Catcher* is required because the fluid of gas and liquid need to be separated so that the outlet gas nozzle does not contain the liquid and can continue the proceed to the next purification system. *Slug Catcher* is a pressurized vessel which used to separate the gas fluid and the condensate. The condensate arises from the process of collecting natural gas from the gas well in the form of a liquid. *Slug Catcher* design method includes determination of diameter dimension and length of vessel, calculation of cylinder wall thickness (*shell*) include corrosion rate, calculation of natural gas flow rate into *Slug Catcher*, saddle determination, manhole dimension calculation, mist mist eliminator , calculation of *lifting & earthing lug*, and determination of inlet and outlet nozzle size from *Slug Catcher*. All of that are determined based on *Design Data*, which is the operating gas pressure is 690 [Psig]. The ASME Section VIII Standard Book is used as a design reference for design pressure vessel. Designed slug Catcher has Inlet Nozzle size 22 [in], Nozzle Gas Outlet 22 [in], Liquid Nozzle Outlet 4 [in]. equipped Nozzle Outlet level liquid, temperature, and pressure dimension 2 [in] that is integrated into the control room.

Key Words : *Slug Catcher*, condensate, *pressure vessel*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

PT. X dan PT. Y berkerja sama membangun pipa gas Duri – Dumai yang berlokasi di Riau yang dimulai pada awal November 2017 lalu. Gas yang akan dialirkan ke pipa ini berasal dari sumur gas yang dikelola oleh PT. C di Sumatera Selatan (Duri). Selain itu, akan ada tambahan gas dari Blok Bentu yang dioperasikan oleh PT. E. Gas tersebut akan dialirkan untuk memenuhi kebutuhan industri di Riau, kebutuhan pelabuhan, industri petrokimia, dan kebutuhan operasional kilang Dumai Pertamina.

Pada jalur pipa gas di Duri – Dumai terdapat sebuah *pressure vessel* yang digunakan untuk memisahkan antara gas alam dan zat cair yang ikut masuk kedalam jalur pipa gas. Zat cair sendiri merupakan hidrokarbon cair yang didapatkan dari sumur gas yang ikut masuk kedalam jalur pipa gas. Zat cair ini dapat menghambat proses penyaringan gas alam berikutnya.

Dalam dunia industri terutama industri kimia dan industri minyak dan gas banyak proses yang berhubungan dengan perubahan dengan perubahan satu material ke material yang lain baik dalam bentuk kimia maupun non-kimia. Dalam proses ini biasanya memerlukan tempat (peralatan) yang digunakan sebagai alat yang digunakan untuk melakukan proses tersebut yang biasanya digunakan yaitu bejana bertekanan atau *pressure vessel*.

Definisi bejana tekan menurut ASME VIII Divisi I (*Boiler and Pressure Vessel*) adalah sebuah wadah berisi zat yang memiliki tekanan baik eksternal maupun internal. Tekanan tersebut berasal dari sumber langsung seperti kandungan yang ada didalam bejana tekan itu sendiri maupun tidak langsung seperti tekanan yang ada di sekitar lingkungan bejana tekan tersebut.

Dikarenakan mempunyai fungsi yang beragam, bejana tekan memiliki nama yang beragam pula sesuai dengan kegunaannya seperti *storage* yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan fluida tertentu. Kemudian ada bejana tekan sebagai *destilator* yang kegunaannya sebagai penyuling dalam suatu proses kimia kemudian zat kimia tersebut disimpan namun hanya bersifat sementara. Sedangkan, bejana tekan yang berfungsi memisahkan antara gas alam dan zat cair disebut *Slug Catcher*.

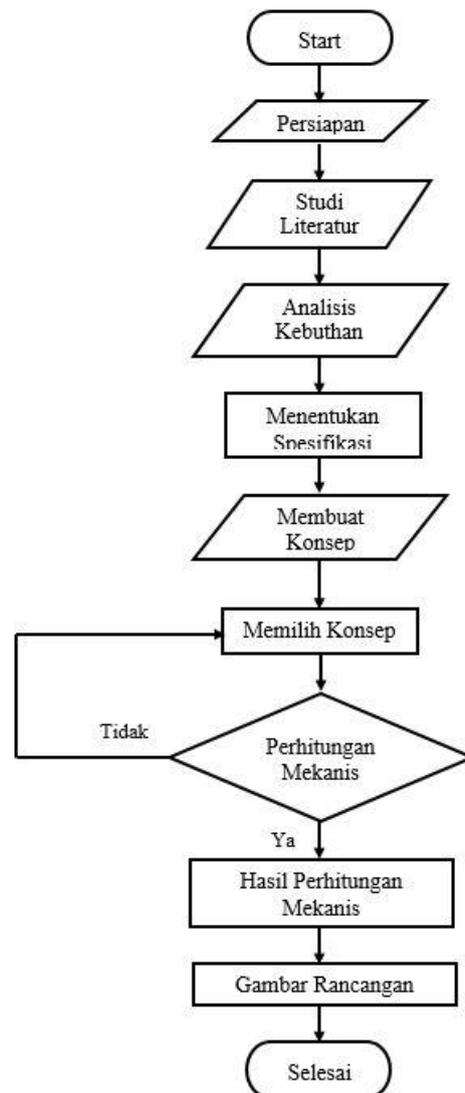
Slug Catcher adalah bejana tekan dengan kapasitas volume yang cukup untuk menyimpan zat cair yang didapatkan dari sistem di hulu. *Slug Catcher* terletak di antara outlet pipa dan peralatan pengolahan/pemurnian gas. Zat cair dapat disalurkan ke peralatan pengolahan zat cair yang nantinya akan diproses. Adanya kotoran pada zat cair merupakan suatu fenomena berkala, *Slug Catcher* harus dikosongkan sebelum kotoran dan kondensat berikutnya tiba. *Slug Catcher* dapat digunakan terus menerus atau sesuai permintaan karena penampungan kondensat yang terhubung secara permanen pada pipa outlet *slug catcher* selalu dapat digunakan kembali setelah dikosongkan.

Proses pemisahan oleh *Slug Catcher* diperlukan karena fluida gas dan cairan perlu dipisahkan sehingga gas yang keluar tidak mengandung zat cair dan dapat dilanjutkan ke proses pemurnian selanjutnya. nya yang terdapat pada jalur pipa sangat besar, oleh karena itu perlu dirancang *Slug Catcher* yang kokoh dan terintegrasi dengan sistem pemurnian gas selanjutnya.

Tujuan

Tujuan dari Perancangan *Slug Catcher* pada Pipa Gas di Duri-Dumai ialah merancang *Slug Catcher* yang mampu memisahkan kandungan gas alam dan zat cair pada aliran fluida yang masuk kedalam *Slug Catcher* dengan kontruksi yang kuat dan aman. Sehingga gas alam yang keluar dari slug catcher tidak mengandung zat cair yang berpotensi menghambat proses pemurnian gas alam selanjutnya.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1 : Diagram Alir Metode Perancangan

Uraian Metodologi

- **Persiapan**
Pada aliran pipa gas terdapat kandungan gas alam dan zat cair yang perlu dipisahkan. Oleh karena itu kedua zat tersebut perlu dipisahkan melalui perangkat filter gas. Slug catcher merupakan perangkat yang dapat memisahkan gas alam dengan zat cair secara praktis. membutuhkan suatu perangkat yang dapat memisahkan zat cair dan gas alam
- **Studi Literatur**
Studi literatur pada proses rancang *slug catcher* ini merupakan perbandingan antara *slug catcher* yang telah ada sebelumnya dengan konsep rancangan sesuai dengan kebutuhan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari *slug catcher* yang sudah ada.
- **Analisa Kebutuhan**
Zat cair dan gas alam yang ada pada aliran fluida yang masuk kedalam slug catcher perlu dipisahkan agar tidak menghambat proses pemurnian gas selanjutnya. Maka dari itu proyek ini membutuhkan adanya slug catcher ini dalam jalur pipa gas.

- Menentukan Spesifikasi
Spesifikasi *slug catcher* ditentukan berdasarkan kesimpulan dari kebutuhan dengan tingkat kepuasan terhadap pesaing sebagai pembanding serta hubungan antara kebutuhan dengan spesifikasi pada *house of quality* (HOQ).
- Membuat Konsep
Segala pemikiran ataupun ide-ide yang ada dituangkan dalam beberapa konsep (desain), sehingga dapat dianalisa berbagai kemungkinan dalam perancangan *slug catcher*.
- Pemilihan Konsep
Dalam memilih konsep diperlukan penilaian secara menyeluruh berdasarkan nilai kriteria konsep desain dan nilai yang diberikan pada masing-masing alternatif desain.
- Perhitungan Mekanis
Berdasarkan hasil pemilihan konsep maka dapat dilakukan perhitungan kelayakan desain. Menggunakan persamaan yang telah tersedia pada studi literature, maka dapat menentukan dimensi dan kemampuan rancangan.
- Hasil Perhitungan Rancangan
penentuan hasil perhitungan yang telah ditetapkan pada perhitungan mekanis untuk menentukan ukuran-ukuran dari *slug catcher* yang diperlukan.
- Gambar Rancangan
Gambar 3D dan 2D dari hasil rancangan yang disertai dengan gambar susunan lengkap dengan detail.
- Hasil dan Kesimpulan
Hasil meliputi hasil perhitungan, hasil dimensi, hasil gambar perbagian, hasil rencana fabrikasi, *Bill Of Material* (BOM), dan hasil gambar lengkap rancangan. Kesimpulan berisi tentang kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan, spesifikasi dan kemampuan final hasil rancangan *slug catcher*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan

1. Data Aliran Gas Duri-Dumai

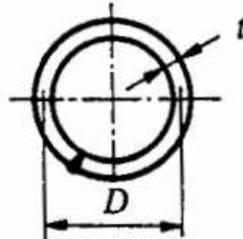
Perancangan *slug catcher* membutuhkan data-data proses guna mendapatkan karakteristik desain yang sesuai. Hasil dari wawancara terhadap *engineer* proyek pipa gas Duri-Dumai didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Data Aliran Gas Duri-Dumai

NO	DATA	NILAI	SATUAN
1	Tekanan Operasi	690	PSIG
2	Temperatur Operasi	150	°F
3	Molar Flow	157.0	MMSCFD
4	Mass Flow	7.735×10^6	lb/day
5	Mass Density	1.446	lb/ft ³
6	Liquid Mass Density	20.79	lb/ft ³
7	Molecular Weight (Mr) Gas	18.69	Kg/mol
8	Jumlah mol gas (n)	0.998	Mol
9	Konstanta Gas	8.31	kPa.m ³ /°K.mol
7	Viscosity	1.223×10^{-2}	cP

2. *Shell*

Shell adalah bagian dari bejana tekan. *Slug Catcher* menggunakan bentuk *shell* silindris. Spesifikasi yang tertera pada *shell* adalah material yang digunakan dan ketebalan *shell*. dengan mempertimbangkan tekanan internal dan jenis material yang digunakan maka dapat memperhitungkan ketebalan *shell*.



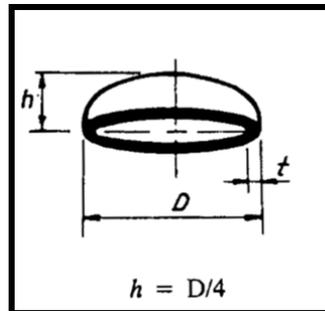
Gambar 2. Shell silindris

Berikut persamaan yang didapat dari buku *Pressure Vessel Handbook* untuk mendapatkan ketebalan *shell* :

$$t_{req} = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad \text{[persamaan 1]}$$

3. *Head*

Head adalah penutup atau ujung dari silinder sebuah bejana tekan (*shell*). *Head* harus mampu menahan tekanan internal maupun eksternal yang sifatnya juga sama seperti yang dialami oleh bagian *shell*. Jenis *Head* yang umum digunakan pada slug catcher adalah jenis *ellipsoidal head*.



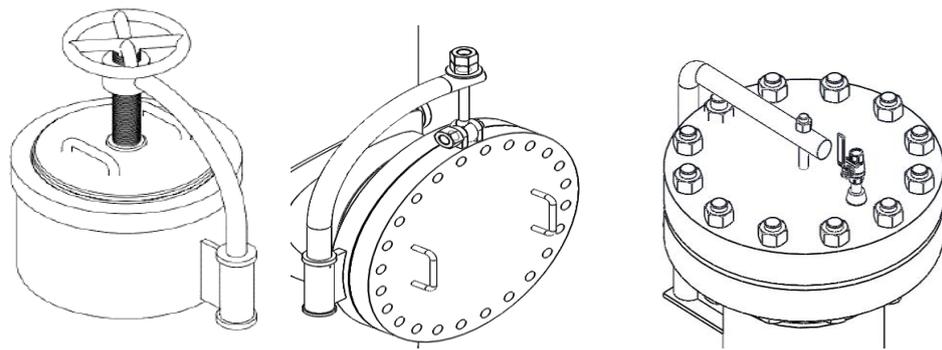
Gambar 3. Ellipsoidal Head

Berikut persamaan yang didapat dari buku yang sama yaitu *Pressure Vessel Handbook* untuk mendapatkan ketebalan *ellipsoidal head* :

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E + 1.8 \cdot P} \quad \text{[persamaan 2]}$$

4. *Manhole*

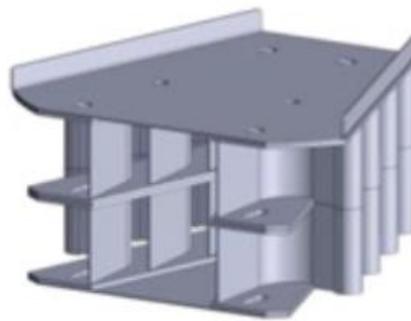
Manhole/manways adalah suatu lubang yang berfungsi untuk keluar-masuk teknisi untuk merawat bagian dalam bejana. Ukuran *manhole* disesuaikan dengan ukuran badan orang dewasa (20"-24") untuk diameter lubangnya. Berikut beberapa konsep *manhole* yang dapat dipilih untuk *slug catcher*.



Gambar 4. Konsep Manhole tipe 1, 2, dan 3

5. Inlet Device Separator

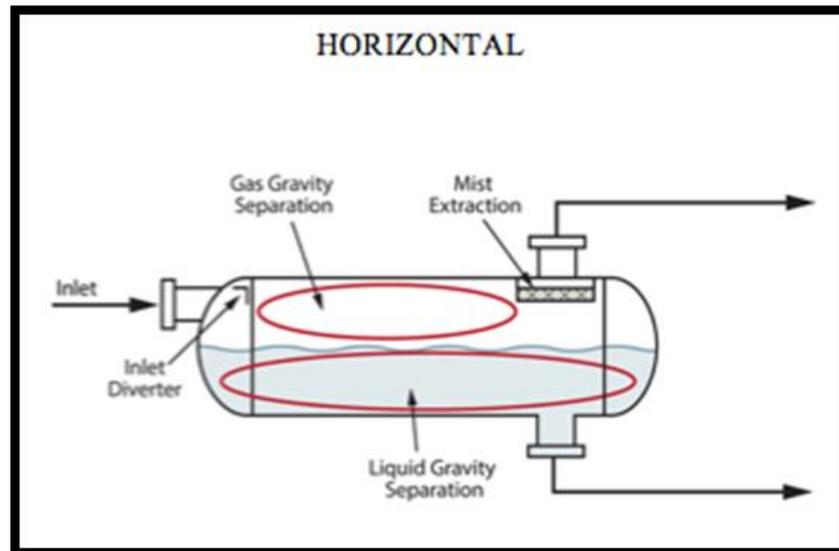
Schoepentoeter adalah salah satu jenis inlet yang menjadi *separator* untuk memisahkan fluida yang masuk menuju *slug catcher* dalam bentuk gas dan liquid. Sama seperti *inlet separator* lainnya, *schoepentoeter* memiliki peran utama untuk pemerataan aliran inlet yang masuk kedalam *pressure vessel*. Bahkan distribusi aliran yang melintasi *inlet device separator* tersebut menjadi penting untuk meminimalkan kecepatan penyaluran cairan (*flow rate*) sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja *separator* tersebut.



Gambar 5. Vane Inlet Device / Schoepentoeter

6. Outlet Device Separator

Pada fungsi outlet pada sebuah *slug catcher* dapat dibagi menjadi 2 yaitu outlet untuk gas dan outlet untuk liquid. Pada outlet untuk gas, biasanya sebelum melewati *nozzle* untuk gas yang akan keluar akan kembali disaring untuk menjaga kabut atau *mist* agar tidak ikut keluar dari *slug catcher*. Untuk itu pada bagian bawah penampang pada sambungan *nozzle* diberikan sebuah *mist extractor* atau biasa disebut *mist eliminator*. *Mist eliminator* ini memiliki bentuk seperti kumpulan *wire mesh* yang akan membuat obstruksi pada jalan keluar gas menuju outlet yang akan menahan kabut/*mist* didalam *slug catcher* tersebut. Sedangkan pada *outlet device* yang kedua diperuntukan untuk molekul berbentuk *liquid* yang akan melewati *nozzle* yang diperuntukan untuk keluarnya kondensat. Pada *outlet device* untuk kondensat ini sebenarnya hanya sebagai *device* pendukung untuk melancarkan keluarnya kondensat sehingga diberikan sebuah pemecah pusaran atau biasa disebut *vortex breaker*.



Gambar 6 : Aliran Gas yang Melewati Mist Eliminator (Arah Panah ke Atas) & Aliran Liquid yang akan turun ke Bawah (Arah Panah ke Bawah)

Hasil

Dari pembahasan teori yang telah dilakukan. Terpilih spesifikasi komponen *slug catcher* sebagai berikut :

1. Perhitungan ketebalan dinding *shell*

Ketebalan shell dari bejana tekan yang didapat dari buku *Pressure Vessel Design* dapat dihitung dengan menggunakan data aliran gas duri-dumai sebagai berikut:

$$P = 690 \text{ [psig]}$$

$$R = 51 \text{ [in]}$$

$$S = 138 \text{ [MPa]} = 20000 \text{ [psi]}$$

$$E = 0.6$$

Maka dapat dihitung ketebalan shell menggunakan rumus berikut :

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

$$t = \frac{690 \times 51}{20000 \times 0.6 - 0.6 \times 690}$$

$$t = \frac{36190}{11586}$$

$$t = 3.037 \text{ [in]} = 77.14 \text{ [mm]}$$

Didapatkan ketebalan shell minimal sebesar 77.14 [mm]

2. Perhitungan ketebalan dinding *ellipsoidal head*

Untuk menentukan dimensi dari *ellipsoidal head* yang diperlukan, dibutuhkan beberapa data yang didapat dari hasil wawancara dilapangan. Seperti, tekanan operasi, nilai tegangan

maksimum, konstanta sambungan (*joint efficiency*) serta diameter luar dari *ellipsoidal head* yang diperlukan. Berikut data aliran gas duri-dumai :

$$\begin{aligned}
 P &= 690 \text{ [psig]} = 4.75 \text{ [MPa]} \\
 R &= 106 \text{ [in]} \\
 S &= 138 \text{ [MPa]} = 20000 \text{ [psi]} \\
 E &= 0.6
 \end{aligned}$$

Maka dapat yang didapat dari buku *Pressure Vessel Design* dihitung ketebalan *ellipsoidal head* menggunakan rumus persamaan [2] sebagai berikut :

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E + 1,8 \cdot P}$$

$$t = \frac{690 \cdot 106}{2 \cdot 20000 \cdot 0,6 + 1,8 \cdot 690}$$

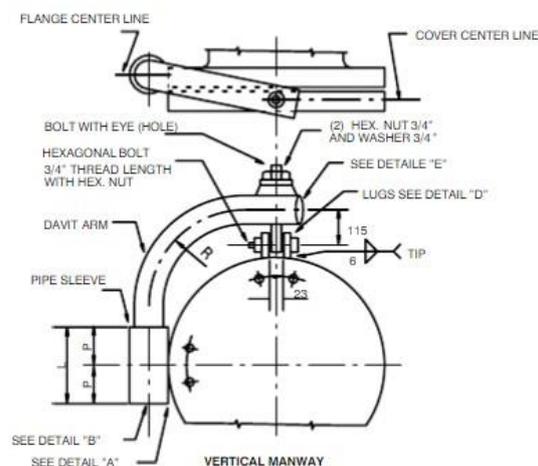
$$t = \frac{73140}{2,8975}$$

$$t = 2,8975 \text{ [in]} = 73,5965 \text{ [mm]}$$

Jadi didapat untuk *ellipsoidal head* memiliki ketebalan minimal sebesar 73,5065 [mm]

3. Pemilihan *manhole*

Manhole/manways adalah suatu lubang yang berfungsi untuk keluar-masuk teknisi untuk merawat bagian dalam bejana. Ukuran manhole disesuaikan dengan ukuran badan orang dewasa (20"-24") untuk diameter lubang. Manhole terdiri dari blind flange, baut pengunci, engsel, dan pipa penghubung. Pipa penghubung berfungsi sebagai penghubung antara blind flange dengan vessel. Blind flange berfungsi untuk menutup manhole dan menahan tekanan vessel. Engsel berfungsi sebagai penahan beban blind flange ketika manhole dibuka. Standard manhole davits pada buku *Pressure Vessel Design Manual* dijadikan acuan dimensi untuk slug catcher. Deskripsi dimensi sebagai berikut :

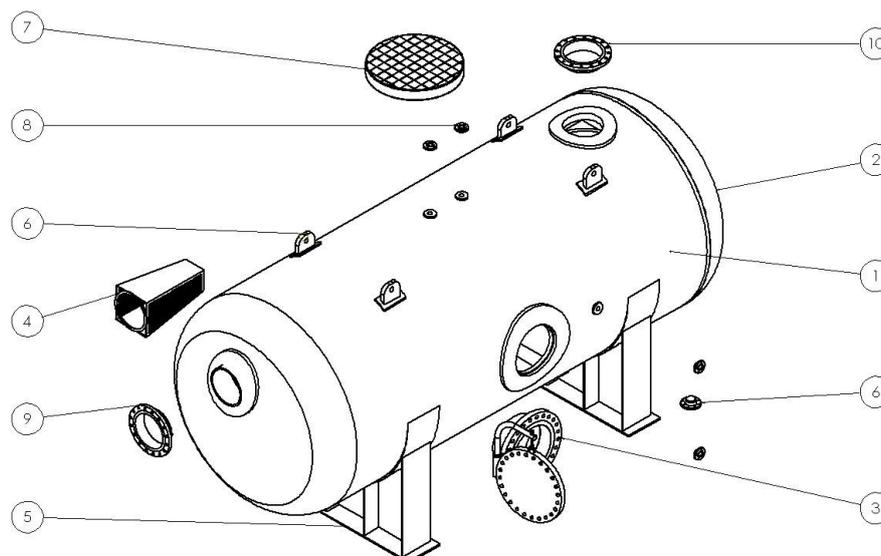


Gambar 7 Standard Manhole Davits

Tabel 2 Dimensi Standard Manhole Davits

RATING	SIZE	DAVIT ARM SCH. 80	SLEEVE		L mm.	R mm.	X mm.
			DIM.	SCH.			
150#	18"	1 1/2"	2"	80	200	300	35
	20"	2"	2 1/2"	40	200	300	35
	24"	2"	2 1/2"	40	280	300	35
300#	18"	2"	2 1/2"	40	230	300	50
	20"	2 1/2"	3"	80	250	380	50
	24"	3"	3 1/2"	40	300	380	50
600#	18"	3"	3 1/2"	40	250	380	50
	20"	3"	3 1/2"	40	280	380	50
	24"	3"	3 1/2"	40	300	380	50

4. Desain Final



Gambar 8 Hasil Rancangan

Keterangan :

- | | |
|---------------------|--------------------------------------|
| 1. Shell | 6. Lifting Lug |
| 2. Ellipsoidal Head | 7. Demister Pad |
| 3. Manhole | 8. Nozzle Temperatur, Tekanan, Level |
| 4. Inlet Device | 9. Nozzle Inlet |
| 5. Saddle | 10. Nozzle Outlet |

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan serta pemilihan material didapatkan spesifikasi *slug catcher* sebagai berikut :

- Mampu menahan tekanan operasi hingga 690 [psig]
- Memiliki dimensi dengan panjang 5586 [mm] dan diameter vessel sebesar 2591 [mm]
- Menggunakan shell dengan ketebalan sebesar 3.037 [in] atau sebesar 77.14 [mm]

- Menggunakan *head* dengan jenis *ellipsoidal* dengan ketebalan sebesar 2,8975[in] atau sebesar 73,5965 [mm].
- Menggunakan *mist eliminator* untuk menahan zat cair yang akan ikut keluar melewati outlet untuk gas alam dengan diameter sebesar 1,1771 [m] atau sebesar 1177,1 [mm].
- Menggunakan *vortex breaker* sebagai pemecah pusaran agar tidak ada *gap* yang akan membuat zat gas ikut keluar bersama zat cair dari *slug catcher* melalui *outlet nozzle* untuk zat cair.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Khurmi, R. S. dan J. K. Gupta. 2005. A Text Book Of Machine Design. New Delhi: Eurasia Publishing House Limited.
- [2]. Megyesy, Eugene F. (2001). Pressure Vessel Handbook [12 th Edition]. Tulsa : Pressure Vessel Publishing, Inc.
- [3]. Addenda. 2003. Rules For Construction of Pressure Vessels The Design Of ASME Section VIII Pressure Vessel, New York.
- [4]. Maluneux, Peter David; Kinvig, John Paul., Slugging Control, U.S. Patent 6,716,268, 6 April 2004.
- [5]. Shippen, Mack Edward., Determining Slug Catcher Size Using Simplified Multiphase Flow Models, U.S. Patent 2012/0185220, 19 Juli 2012

RANCANG BANGUN ALAT BANTU PEMBUAT ORNAMEN TERALIS POLA NANAS
Darius Yuhast¹-Hamdi¹; Amar Adi Saputra²; Irfan Arief Nugraha²; Rifqi Naufal²;
Zun Fikri Fadholi Lazuardi²

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
rifqinaufal@merahputih.id

¹Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Pada pembuatan teralis pagar pada bengkel las listrik “DOA INDUNG” yang ada di daerah Kukusan, Kota Depok, produk ornamen teralis pola nanas sebagai hiasan pada produk teralis pagar masih dibeli. Karena untuk pembuatan produk tersebut dibutuhkan alat. Ornamen pola nanas yang digunakan oleh bengkel las listrik tersebut memiliki panjang 115 [mm] kemudian panjang masing-masing sisi 12 [mm] dan diameter pola nanas 65 [mm]. Bahan material yang digunakan untuk pembuatan ornamen pola nanas adalah besi nako berukuran panjang dan lebar 6 [mm] sebanyak 4 buah dan dilas titik pada kedua ujung besi nako tersebut.

Alat bantu sangat dibutuhkan untuk membuat ornamen teralis pola nanas. Dasar prinsip kerja alat bantu tersebut adalah dengan memuntir besi nako searah jarum jam yang telah dicekam pada pencekam di kedua ujung besi nako tersebut agar terbentuk menjadi spiral, kemudian didorong dengan mekanisme poros yang mempunyai pengarah yang diputar berlawanan arah jarum jam agar poros tersebut dapat mendorong besi nako sehingga besi nako tersebut tertekan dan mengembang sehingga mempunyai pola nanas. Untuk memuntir besi nako, alat bantu ini mempunyai mekanisme roda gigi sehingga beban yang dibutuhkan untuk memuntir besi nako tersebut dapat dilakukan dengan tenaga manusia.

Hasil rancang bangun alat bantu yang memiliki mekanisme roda gigi yang terhubung pada poros dan pencekam untuk mencekam besi nako dan mempunyai landasan pengarah lurus sebagai landasan pencekam untuk memudahkan untuk menyatel pencekam agar sesuai dengan panjang besi nako yang akan dipuntir. Alat bantu ini memiliki dimensi panjang 1.084 [mm], lebar 436 [mm] dan tinggi 858 [mm].

Kata kunci : Ornamen pola nanas, alat bantu, besi nako

Abstract

In making the fence trellis at electric welding workshop of “DOA INDUNG” in the area of Kukusan, City of Depok, this product ornament Pattern of trellis are still purchased from the store. This is because to making products would require an instrument. Ornament the pattern of the pineapple used by a welding shop of electricity have a length 115 [mm] then the length of each side is 12 [mm] and the diameter of the pineapple pattern is 65 [mm]. The material used for the manufacture of pineapple pattern ornament is nako steel has length and width of dimension is 6 [mm] as many as 4 pieces and welded point on both ends of the nako steel.

The tools are needed to make ornament trellis pattern pineapple. The basic principle of this tool is to twist the iron in the clockwise nako steel that has been gripped on the grasp in both ends of the nako steel to form into a spiral, then driven by a pivot mechanism that has a guide that is rotated in the unclockwise direction so that the shaft can push the nako steel so that the nako steel is pressed and expands so that has a pineapple pattern. To twist the nako steel, the tools has the most extensive the mechanisms used in the a gear wheel so that the burden of it takes for a twist the nako steel possible to carry out this by human force.

The mechanism this aid tool design which having a gear mechanism connected to the shaft and a tap to gripping the nako steel and having a Linier Guideway as a Grounding clamp for easy adjustment of tapping to match the length of the nako steel to be twisted. This tool has dimensions of length 1084 [mm], width 436 [mm] and height 858 [mm].

Keywords : Ornament of pineapple pattern, auxiliary tools, nako steel

1. PENDAHULUAN

Teralis merupakan suatu bentuk konstruksi dari gabungan beberapa batang besi yang dilas dengan berbagai macam pola yang digunakan untuk pintu, jendela maupun pagar. Penggunaan teralis pada rumah berguna sebagai pagar pembatas agar dapat meminimalkan ancaman tindakan kriminal yang dapat

membahayakan keselamatan penghuni rumah. Selain itu, teralis pada jendela rumah juga memiliki manfaat lainnya yakni berguna untuk memperindah dan mempercantik interior maupun eksterior rumah.

Salah satu komponen yang ada pada teralis adalah ornamen. Ornamen pada teralis mempunyai berbagai macam bentuk, salah satunya adalah ornamen teralis pola nanas. Ornamen teralis pola nanas memiliki bentuk spiral dan mengembang pada bagian tengahnya sehingga menyerupai buah nanas, oleh karena itu nama nanas diberikan pada ornamen tersebut.

Berdasarkan hasil observasi di bengkel las listrik “DOA INDUNG” daerah kukusan, Kota Depok, produk ornamen teralis pola nanas sebagai hiasan pada produk teralis pagar masih dibeli. Hal ini dikarenakan bengkel las listrik tersebut belum mempunyai alat untuk membuat ornamen teralis pola nanas. Untuk pembuatan teralis pola nanas pada umumnya belum menggunakan alat bantu atau manual.

Rancang bangun alat bantu pembuat ornamen teralis pola nanas ini bertujuan untuk memudahkan untuk pembuat teralis dalam membuat ornamen teralis pola nanas yang sebelumnya manual tanpa mekanisme roda gigi dengan alat bantu yang menggunakan roda gigi. Sistem kerja pada alat bantu ini dengan menaruh besi dengan memasukkan satu ujung besi nako kedalam poros dan ujung yang lainnya dimasukkan kedalam *dies* sisipan. Kemudian poros berputar memutar besi nako. Putaran poros ini dihasilkan energi putar yang didapatkan dari putaran roda gigi yang terhubung pada tuas pemutar. Selama poros berputar, poros juga ikut bergerak memutar dan mendorong besi nako. Gerakan mendorong ini diakibatkan adanya pin pada poros yang bergesekkan dengan *cam*, sehingga poros dapat bergerak memutar dan mendorong.



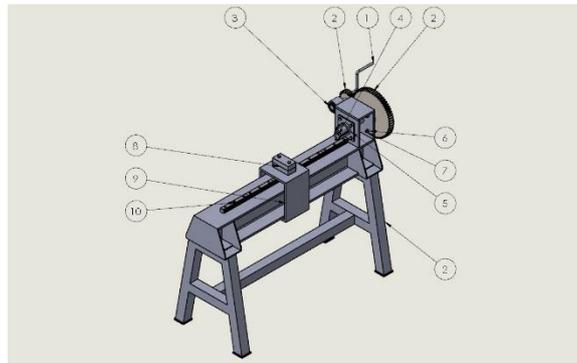
Gambar 1 : Produk Ornamen Teralis Pola Nanas

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah sebagai berikut:

1. Melakukan *survey* di bengkel teralis mengenai material dan ukuran yang digunakan pada untuk ornamen teralis pola nanas
2. Mencari dan mengkaji jurnal ilmiah yang berkaitan dengan permasalahan.
3. Mendapatkan gambaran tentang alat pembuatan ornamen teralis pola nanas.
4. Merancang alat, menganalisa gaya yang terjadi, menghitung kekuatan atas akibat gaya yang terjadi, menentukan dimensi dan menggambar rancangan.
5. Melakukan *survey* mengenai ketersediaan material dipasaran dan *survey* mengenai harga material yang akan digunakan untuk membuat alat pembuatan ornamen teralis pola nanas.
6. Membeli dan menyiapkan peralatan dan material sebelum melakukan fabrikasi.
7. Melakukan fabrikasi tiap-tiap komponen alat sesuai dari gambar rancangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2 : Rancangan Alat Bantu Pembuat Ornamen Teralis Pola Nanas

1. Tuas Pemutar
2. Roda Gigi
3. Bearing
4. Poros
5. CAM
6. Mur
7. Baut
8. Dies sisipan
9. Pengarah
10. *Linier Guideway*

Jenis-jenis Komponen Utama

Jenis-jenis komponen berdasarkan fungsi dan kegunaannya dibagi menjadi beberapa unit komponen yang terdiri dari :

Unit Kerangka

Sebelum dilakukan pembuatan mesin di awali pembuatan rangka dengan pemilihan rangka besi profil *H beam* ukuran 150 [mm] dan besi *hollow* ukuran 50 [mm]. Dimensi rangka adalah 660 [mm] x 436 [mm] x 1010 [mm].



Gambar 3 : Gambar Kerangka

- Pengelasan

$$\tau_g = \frac{P}{l \times t} \quad [\text{Persamaan 1}]$$

Dimana: τ_g = Tegangan Geser [N/mm²]

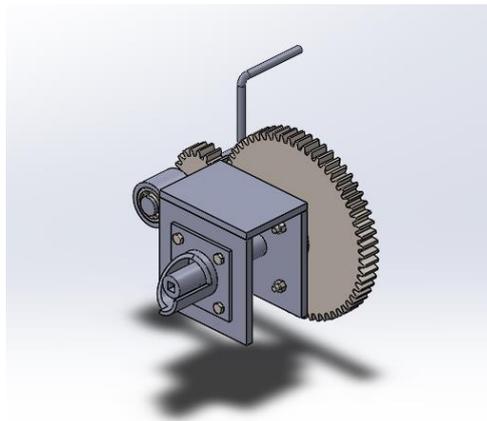
P = Gaya luar yang bekerja [N]

l = panjang lasan [mm]

t = tebal lasan [mm]

Unit Penggerak

Setelah pembuatan rangka, selanjutnya adalah menentukan komponen penggerak.



Gambar 4 : Unit Penggerak

- Tuas Pemutar

Perhitungan tuas pemutar menggunakan rumus :

1. Panjang Tuas

Perhitungan panjang tuas menggunakan perhitungan :

- a) Mencari tegangan Tarik izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{Max}}{Sf} \quad [\text{Persamaan 2}]$$

Dimana : Sf = Safety Factor

- b) Menyelesaikan persamaan

$$\tau_{geser} = \frac{4.F}{\pi.d^2} \quad [\text{Persamaan 3}]$$

Dimana τ_{geser} = Tegangan geser

r = Gaya

2. Diameter Tuas
Perhitungan Diameter tuas menggunakan perhitungan :
a) Mencari tegangan Tarik izin

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{Max}}{sf} \quad \text{[Persamaan 4]}$$

Dimana : sf = Safety Factor

- b) Menyelesaikan persamaan

$$\sigma_t = \frac{M_B}{Z} \quad \text{[Persamaan 5]}$$

Dimana : σ_t = Tegangan tarik yang diizinkan

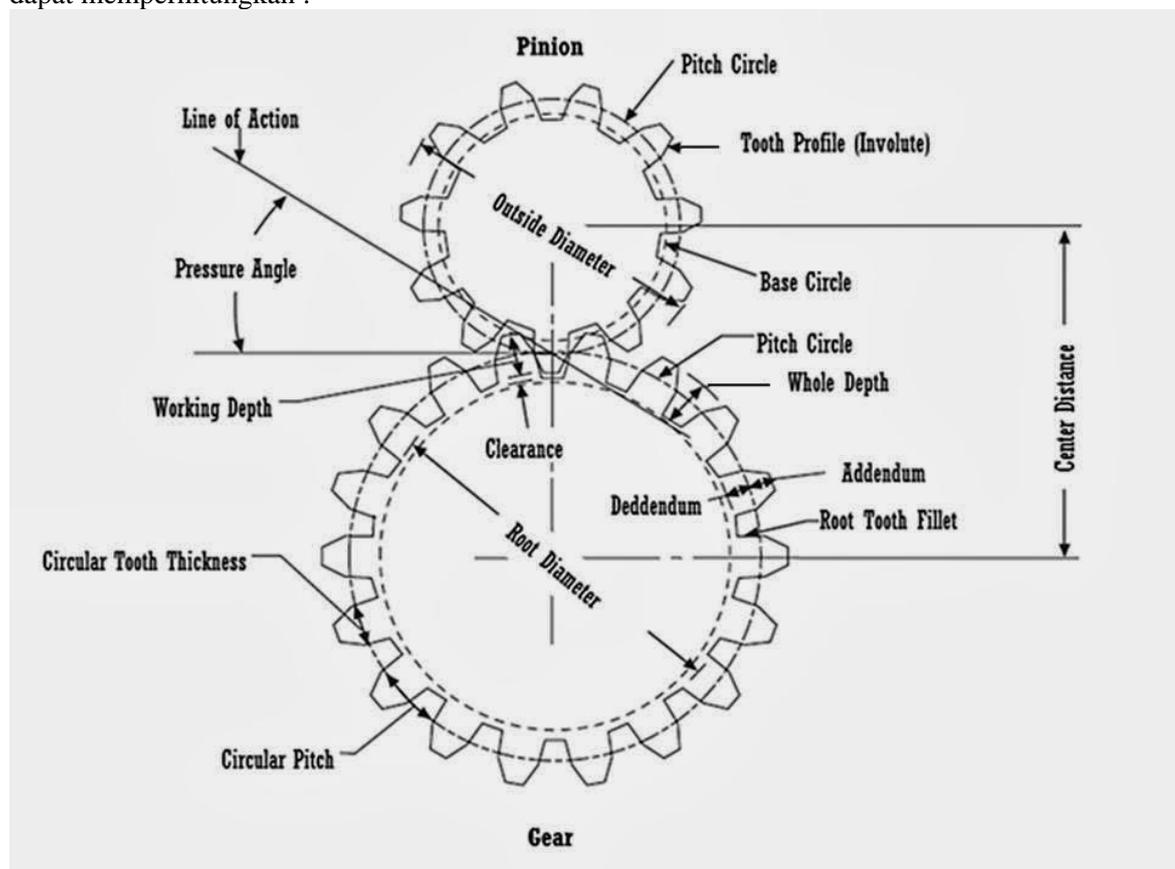
M = Momen bengkok

Z = Modulus penampang

- Roda Gigi

Perhitungan Roda Gigi menggunakan perhitungan :

Dengan menggunakan Gear dengan diameter luar (outside Diameter) sebesar 270 [mm], maka kita dapat memperhitungkan :



Gambar 5 : bagian roda gigi

1. Modul

$$m = \frac{Dl}{z} \quad \text{[Persamaan 6]}$$

Dimana : Dl = Diameter luar
 z = Jumlah gigi
 m = Modul

2. Diameter Pitch Pinion

$$m = \frac{Dp}{z}$$
$$Dp = m \times z \quad \text{[Persamaan 7]}$$

Dimana : Dp = Diameter pitch
 m = Modul
 z = jumlah gigi

3. Diameter Luar Pinion

$$Dl = Dp + 2m \quad \text{[Persamaan 8]}$$

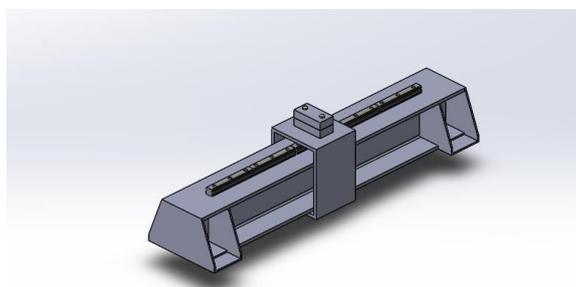
Dimana : Dl = Diameter lingkaran luar
 Dp = Diameter pitch
 M = Modul

4. Ratio Roda Gigi

$$\text{ratio} = \frac{Dl \text{ pinion}}{Dl \text{ gear}} \quad \text{[Persamaan 9]}$$

Unit Pengarah

Pengarah adalah suatu mekanisme untuk memposisikan suatu objek agar tepat pada sasaran yang dituju. Dalam unit ini terdiri dari sebuah *dies* dan *linear guideway*. *Dies* digunakan untuk memposisikan benda kerja agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan dan *linear guideway* digunakan untuk memperkecil gaya gesek yang dihasilkan dalam menyetel posisi *dies*.



Gambar 5 : Unit Pengarah

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan adalah:

Desain rancang bangun alat pembuat ornamen pola nanas, dengan rangka berukuran 660 [mm] x 436 [mm] x 1010 [mm] menggunakan besi *hollow* 50 [mm] dan besi *H Beam* 150[mm]. Unit pengarah menggunakan *linier guideway*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khurmi, R. S. & Gupta J. K. A Text Book Of Machine Design. New Delhi, Eurasia Publishing House LTD. 1980.
- [2] SKF *general catalogue* , SKF group. 2003
- [3] Miniature Linear Guides - Wide Rails - Standard Blocks, Light Preload / Slight Clearance, <https://id.misumi-ec.com/vona2/detail/110302586530/> (akses 15 Mei 2018).
- [4] Iywani, Anisa, Dwi, dkk. Rancang Bangun Alat Penekuk Plat Strip Dengan Hasil Variatif. Depok. 2015.
- [5] Pramono, Agus Edy. Buku Ajar Elemen Mesin 1. Politeknik Negeri Jakarta. Depok. 2016.
- [6] Pramono, Agus Edy. Buku Ajar Elemen Mesin 2. Politeknik Negeri Jakarta. Depok. 2017.
- [7] Jutz, Hermann dan Eduard Scharkus. Westernmann Tables for the Metal Trade. New Delhi. Wiley Eastern Limited. 1966.
- [8] Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 07-06-01-2006. Baja Lembaran, Pelat, dan Gulungan Canai Panas. Dewan Standarisasi Indonesia. Jakarta. 2006.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 07-71-78-2006. SNI 07 7178 2006 Baja Profil WF Beam Proses Canai Panas. Dewan Standarisasi Indonesia. Jakarta. 2006.
- [10] *Steel Flange, Pipe Fitting-Steel Fasteners Manufacturer* <http://www.b2bmetal.eu/en/pages/index/index/id/141>. 2014

**RANCANG BANGUN PRESS TOOL LENCANA BERLOGO POLITEKNIK NEGERI
JAKARTA**

**Immanuel Budiman Pasaribu¹; Rizka Heryani¹; Satir Nursihab¹; Siti Maryam Unaharti¹; Muslimin²;
Budi Yuwono²**

*Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok 16425*

¹*Email : immanuelbudimanpasaribu@yahoo.co.id*

Abstrak

Makalah ini membahas tentang rancang bangun progressive press tool untuk produk lencana berlogo Politeknik Negeri Jakarta (PNJ). Press tool merupakan suatu alat yang mempunyai prinsip kerja penekanan untuk melakukan proses pemotongan, pembentukan, atau gabungan dari keduanya. Progressive tool merupakan press tool yang banyak digunakan di industri sheet metal forming untuk berbagai skala produksi dari yang kecil sampai besar dengan tingkat kerumitan yang bervariasi. Progressive tool dapat melakukan sejumlah operasi dasar pengerjaan lembaran logam pada dua atau lebih stasiun untuk membentuk benda kerja melalui seperangkat dies.

Rancang bangun press tool digunakan untuk produksi skala massal lencana. Lencana tersebut diproduksi dengan progressive tool dalam beberapa tahapan proses, yaitu Embossing, Lancing dan Blanking. Embossing dan Lancing digunakan untuk proses pembuatan tempat pemasangan peniti. Blanking digunakan untuk proses pemotongan profil lencana. Mesin press yang digunakan pada pembuatan lencana memiliki tonase sebesar 20[ton]. Metodologi yang digunakan ialah melakukan perhitungan teknik meliputi perhitungan gaya, material, dimensi press tool, ukuran produk (lencana), yang dilanjutkan dengan mendesain press tool menggunakan software solidworks, kemudian dilanjutkan pembelian material, stiker timbul dan peniti, kemudian dilakukan proses pengerjaan press tool serta pemasangan stiker timbul pada lencana. Hasil perencanaan yang diperoleh untuk rancangan press tool lencana adalah sebagai berikut: gaya pemotongan yang terjadi sebesar 36 [kN], ukuran dies 140[mm] x 110[mm] x 20[mm], ukuran lencana 45[mm] x 29[mm], material dies dan punch dibuat dari Baja DF3, bahan produk dibuat dari baja ST 41 dengan ketebalan 0.8 [mm]. Rancang bangun press tool diharapkan mampu menghasilkan produk lencana dengan kualitas baik yang dapat digunakan sebagai tanda pengenalan maupun cinderamata jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Kata kunci: Press Tool, Progressive Tool, Lencana, Stiker Timbul berlogo Politeknik Negeri Jakarta

Abstract

This paper discusses the design of progressive press tool for badge products logo of State Polytechnic of Jakarta (PNJ). Press tool is a tool that has a working principle of pressure to perform the process of cutting, forming or a combination of both. Progressive tool is a press tool widely used in the sheet metal forming industry for various scales of production from small to large with varying complexity. In progressive tools, a number of basic operations of sheet metal work can be performed on two or more stations to form workpieces through a set of dies.

The design of the press tool is used for mass scale production of badges. The badge is produced with progressive tool in several stages of the process, such as Embossing, Lancing and Blanking. Embossing and Lancing works for pin spot installation. Blanking is used for cutting profile badge. The press machine used in the manufacture of badges has a tonnage of 20 [tons]. The methodology used is to perform engineering calculations including calculation of force, material, dimension of press tool, product size (badge), followed by designing press tool using solidworks software, then continued purchasing material, sticker and pin, then manufacture press tool and sticker installation on the badge. The results of planning obtained for press tool of badge's design are follow: cutting force that occurs for 36 [kN], dies size 140 [mm] x 110 [mm] x 20 [mm], badge size 45 [mm] x 29 [mm], the dies and punch materials are made from DF3 Steel, the product material is made from ST 41 steel with thickness of 0.8 [mm]. The design of the press tool is expected to produce badge products with good quality that can be used as an identity or a souvenir of the Department of Mechanical Engineering State Polytechnic of Jakarta.

Keywords: Press Tool, Progressive Tool, Badge, Sticker Embossed of State Polytechnic of Jakarta Logo

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu usaha yang mengandalkan kreativitas yang tinggi adalah usaha pembuatan souvenir/cinderamata. Cindera mata adalah barang khas yang erat hubungannya terhadap pariwisata, event-event, dan kenang-kenangan yang berfungsi untuk ‘menyimpan atau memunculkan suatu kenangan’ [1]. Modal yang diperlukan tidak besar, cukup dari bahan-bahan yang sederhana menjadi benda bermanfaat yang menarik. Bentuk souvenir pun bermacam-macam seperti pin, gantungan kunci, miniatur dan lain-lain.

Lencana merupakan salah satu bentuk dari souvenir. Lencana biasanya dipasang didada sebagai tanda anggota suatu perkumpulan, panitia, dan sebagainya [2]. Proses pembuatan lencana umumnya menggunakan mesin tekan baik otomatis maupun manual. Namun, produk yang dihasilkan hanya memiliki bentuk yang sederhana dengan kualitas yang kurang bagus.

Penelitian ini dilakukan untuk rancang bangun press tool yang mampu memproduksi lencana dengan biaya yang murah dengan kualitas baik. Dengan memanfaatkan lembaran plat ST 42, diharapkan dapat membuat lencana sesuai dengan profil dan ukuran yang telah ditentukan. Untuk meningkatkan kualitas lencana, ditambahkan stiker timbul pada permukaan lencana dengan logo Politeknik Negeri Jakarta. Dengan penambahan stiker timbul ini diharapkan mampu menghasilkan produk dengan nilai jual yang tinggi.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana rancang bangun sebuah press tool untuk pembuatan lencana dengan menggunakan mesin press mekanik manual bertonase 20 [ton]

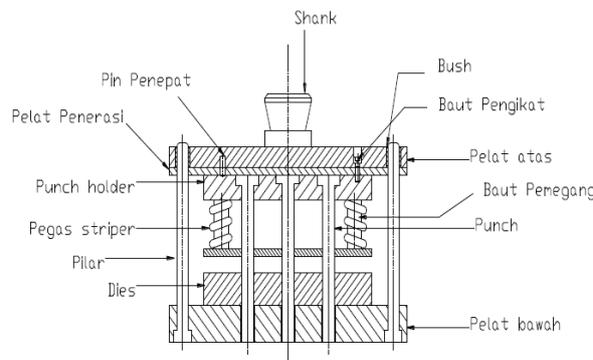
1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini yaitu rancang bangun *press tool* untuk produk lencana.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Tinjauan Pustaka

a. *Press Tool*



Gambar 1. *Press Tool*

Press tool adalah suatu alat bantu yang dibuat untuk proses pembentukan/pemotongan produk dari bahan dasar lembaran logam dan non logam yang dilakukan pada mesin *press*. *Press tool* biasanya dibuat secara khusus untuk pembuatan produk-produk dalam jumlah yang banyak (*mass product*), dengan menjamin keseragaman bentuk dan ukuran produk.[3] Bagian atas dari *press tool* ini didukung oleh plat atas sebagai alat pemegang dan pengarah dari *punch* yang berfungsi sebagai *jig*, sedangkan bagian bawah terdiri dari plat bawah dan Dies sebagai pendukung dan pengarah benda kerja yang berfungsi sebagai *fixture*. Proses kerja alat ini berdasarkan gaya tekan yang diteruskan oleh *punch* untuk memotong atau membentuk benda kerja sesuai dengan geometris dan ukuran yang diinginkan. Peralatan ini digunakan untuk membuat produk secara massal dengan produk *output* yang sama dalam waktu yang relatif singkat.[4]

Beberapa alasan dibuatnya *press tool* diantaranya :

- Banyaknya benda yang akan diproduksi.
- Dituntut kesamaan ukuran dan bentuk dari setiap produk.
- Waktu produksi dapat ditekan jauh lebih cepat dari cara manual.
- Operator yang mengerjakannya tidak harus orang yang berpengalaman.
- Kemungkinan benda tidak masuk ukuran dan sisa hasil pengerjaan dapat dikurangi seminimal mungkin.
- Dalam pembuatan produk tersebut hanya memerlukan satu mesin saja, yaitu mesin *press*.

b. *Progressive Tool*

Progressive tool adalah *press tool* yang menggabungkan sejumlah operasi pemotongan atau pembentukan lembaran logam pada dua atau lebih stasiun kerja, selama setiap langkah kerja membentuk suatu produk jadi.

Keuntungan *progressive tool* :

1. Waktu pengerjaan bentuk produk yang rumit lebih cepat
2. Proses produksi lebih efektif
3. Dapat melakukan pemotongan bentuk yang rumit pada langkah yang berbeda.

Kerugian *progressive tool*:

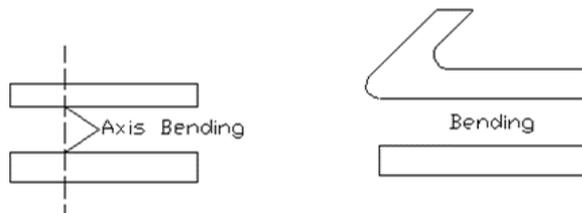
1. Ukuran alat lebih besar bila dibandingkan *simple tool* dan *compound tool*.
2. Biaya perawatan besar.
3. Harga relatif lebih mahal karena bentuknya rumit.[5]

c. Jenis Pengerjaan Pada Press Tool

Proses pengerjaan yang terjadi dalam pembuatan lengana, yaitu:

1. Bending

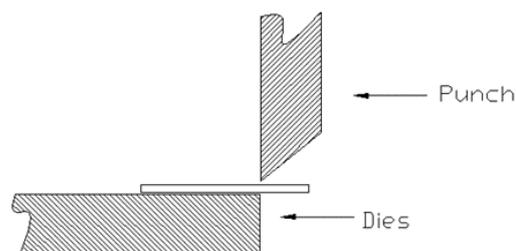
Merupakan proses pembengkokkan material sesuai dengan yang dikehendaki. Proses pembendingan dapat dilakukan pada proses dingin ataupun pada proses panas.



Gambar 2. Proses Bending

2. Lancing

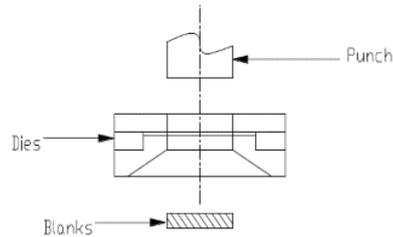
Merupakan proses pengerjaan gabungan antara penekukan (*bending*) dan pemotongan (*cutting*). Hasil proses ini berupa suatu tonjolan. Sedangkan *punch* yang digunakan sedemikian rupa, sehingga *punch* dapat memotong pelat pada dua sisi sampai tiga sisi serta pembengkokannya pada sisi *punch* yang keempat.



Gambar 3. Proses Lancing

3. Blanking

Merupakan proses pengerjaan material dengan tujuan mengambil hasil produksi yang sesuai dengan *punch* yang digunakan untuk menembus atau dengan sistem langkah penekanan.



Gambar 4. Proses Blanking

d. Prinsip Kerja Alat

Adapun prinsip kerja press tool adalah sebagai berikut :

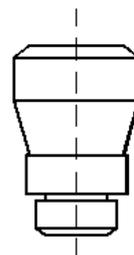
1. Pelat lembaran dimasukkan pada mesin *Progressive Tool*.
2. *Progressive Tool* akan bergerak turun dengan ditekan secara manual yang kemudian akan membuat *Punch* bergerak turun dan mampu memberikan tekan atau reaksi terhadap pelat.
3. *Progressive Tool* terus bergerak turun dan tetap ditekan secara manual sehingga membuat *Punch* dapat melubangi lembaran pelat dengan ukuran yang telah ditentukan. Kemudian *Punch* berikutnya langsung membentuk lembaran tersebut menjadi produk yang direncanakan.
4. Setelah proses selesai *Punch* akan bergerak naik kembali ke posisi semula dan secara bersamaan pelontar akan melontarkan lembaran pelat yang telah berbentuk produk jadi.
5. Produk yang sudah jadi siap untuk di assembly dengan bahan lainnya.

e. Bagian-Bagian dari Press Tool

Press tool merupakan satu kesatuan dari beberapa komponen. Komponen - komponen tersebut antara lain:

1. Tangkai Pemegang (*Shank*)

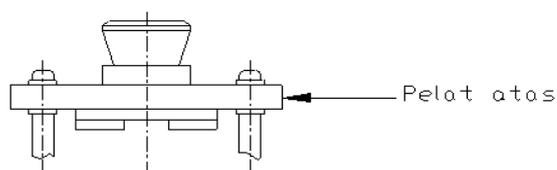
Tangkai pemegang merupakan suatu komponen alat bantu produksi yang berfungsi sebagai penghubung alat mesin penekan dengan pelat atas. *Shank* biasanya terletak pada titik berat yang dihitung berdasarkan penyebaran gaya-gaya potong dan gaya-gaya pembentukkan dengan tujuan untuk menghindari tekanan yang tidak merata pada pelat atas.



Gambar 5. Shank

2. Pelat Atas (*Top Plate*)

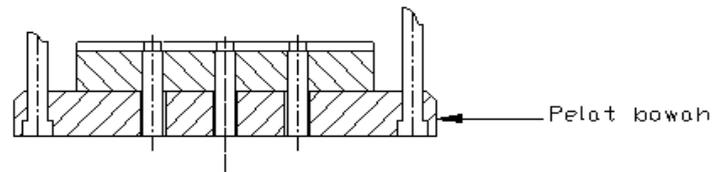
Merupakan tempat kedudukan dari *shank* dan *guide bush* (sarung pengarah).



Gambar 6. Top Plate

3. Pelat Bawah (*Bottom Plate*)

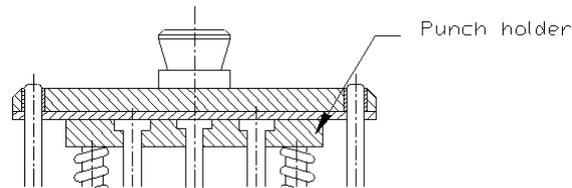
Pelat bawah merupakan dudukan dari *dies* dan tiang pengarah sehingga mampu menahan gaya bending akibat reaksi yang di timbulkan oleh *punch*.



Gambar 7. *Bottom Plate*

4. Pemegang *Punch* (*Punch Holder*)

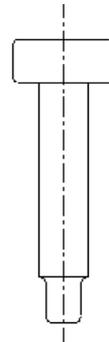
Pelat pemegang *punch* berfungsi untuk memegang *punch* agar posisi *punch* kokoh dan mantap pada tempatnya.



Gambar 8. *Punch Holder*

5. *Punch*

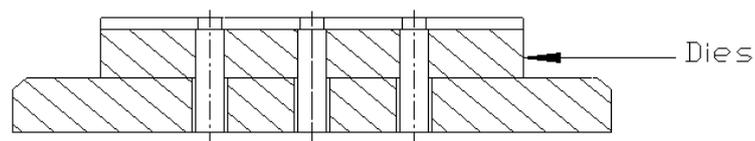
Punch berfungsi untuk memotong dan membentuk material menjadi produk jadi. Bentuk dari benda jadi tergantung dari bentuk *punch* yang dibuat. Bentuk *punch* dan *dies* haruslah sama. *Punch* haruslah dibuat dari bahan yang mampu menahan gaya yang besar sehingga tidak mudah patah dan rusak.



Gambar 9. *Punch*

6. *Dies*

Merupakan pasangan dari *punch*. Bentuk profile *dies* haruslah sama dengan *punch*. *Punch* terikat pada pelat bawah dan berfungsi sebagai pemotong dan sekaligus sebagai pembentuk. Material *dies* sama seperti *punch*.



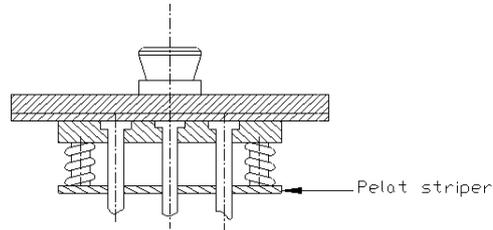
Gambar 10. *Dies*

7. Tiang Pengarah (*Guide Pillar*)
Tiang pengarah berfungsi mengarahkan unit atas, sehingga *punch* berada tepat pada *dies* ketika dilakukan penekanan.



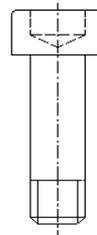
Gambar 11. *Guide Pillar*

8. Pelat *Stripper*
Pelat ini berfungsi sebagai pelat penjepit material pada saat proses berlangsung, sehingga dapat menghindari terjadinya cacat pembentukan permukaan benda kerja seperti kerut dan lipatan, juga sebagai pengarah *punch*. Stripper terdiri dari *fix stripper* dan *moving stripper*.



Gambar 12. *Stripper*

9. Baut Pengikat
Baut pengikat berfungsi untuk mengikat *dies* kepelat bawah dan pelat pemegang *punch* kepelat atas. Baut pengikat dipilih *standard* baut pengikat dan ketebalan *dies*.



Gambar 13. Baut Pengikat

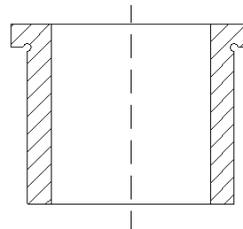
10. Pin Penepat
Pin penepat berfungsi untuk menepatkan *dies* pada pelat bawah dan pelat pemegang *punch* (*Punch holder*) ke pelat atas, sehingga posisi *dies* kepelat bawah dan posisi pelat pemegang *punch* kepelat atas dapat terarah dan kokoh.



Gambar 14. *Pin Penepat*

11. Sarung Pengarah (*Bush*)

Sarung pengarah berfungsi untuk mengarahkan tiang pengarah dan mencegah cacat pada pelat atas. Pada perencanaan alat bantu produksi ini untuk sarung pengarah dipilih bahan kuningan.



Gambar 15. *Bush*

12. *Pilot*

Pilot berfungsi untuk mengarahkan plat produk saat maju ke stasiun berikutnya agar tidak bergeser atau tidak berpindah tempat. Biasanya *pilot* berbentuk *pin* bulat dan digunakan pada *progressive tool*. [6]

2.2 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat dua hal utama yang dilakukan yaitu rancang bangun dan *trial* alat. Langkah pertama adalah melakukan pembuatan rancangan konsep untuk pembuatan alat. Hal ini meliputi penentuan desain, proses yang terjadi, material serta biaya. Langkah kedua ialah perhitungan teknik meliputi perhitungan gaya, ukuran lensa, serta harga produk. Langkah ketiga yaitu desain press tool menggunakan software solidworks. Langkah keempat yaitu pemesanan material yang dilanjutkan dengan proses machining serta perakitan alat. Langkah kelima yaitu mempersiapkan bahan produk dan melakukan pengujian (*trial*) bila press tool telah selesai dibuat. Pengujian dilakukan menggunakan mesin press 20 ton. Langkah ke enam yaitu dilanjutkan dengan pemesanan stiker timbul serta dilakukan proses produksi massal lensa.

III. PEMBAHASAN DAN HASIL

3.1 Pembahasan

Pembahasan dari penelitian ini adalah :

a. Perhitungan Gaya yang Bekerja

Bahan benda kerja ST 42; Tebal = 0.8 [mm]; $\sigma_t = 42$ [kg/mm²]

• Stasiun 1 : *Emboss*

$$\begin{aligned} F_{emboss} &= K_{emboss} \times s \times \tau_g \\ &= \{(14 + 14) + (7.8 + 7.8)\}[\text{mm}] \times 0.8 [\text{mm}] \times (0.8 \times 42 [\text{kg}/\text{mm}^2]) \\ &= 1171.968 [\text{kg}] = 11497.01 [\text{N}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{holling} &= K_{holling} \times s \times \tau_g \\ &= 12.57 [\text{mm}] \times 0.8 [\text{mm}] \times (0.8 \times 42 [\text{kg}/\text{mm}^2]) \\ &= 337.8816 [\text{kg}] = 3314.62 [\text{N}] \end{aligned}$$

• Stasiun 2 : *Lancing*

$$\begin{aligned} F_{lancing} &= K_{lancing} \times s \times \tau_g \\ &= 48.6 [\text{mm}] \times 0.8 [\text{mm}] \times (0.8 \times 42 [\text{kg}/\text{mm}^2]) \\ &= 1306.368 [\text{kg}] = 12815.47 [\text{N}] \end{aligned}$$

• STASIUN 3 : *BLANKING*

$$\begin{aligned} F_{blanking} &= K_{produk} \times s \times \tau_g \\ &= 139.1 [\text{mm}] \times 0.8 [\text{mm}] \times (0.8 \times 42 [\text{kg}/\text{mm}^2]) \\ &= 3739.008 [\text{kg}] = 36679.67 [\text{N}] \end{aligned}$$

b. Penentuan *Dies*

• Tebal *Dies*

Untuk menentukan tebal *dies*, gaya yang digunakan adalah gaya maksimum, yaitu gaya *Blanking*. $P = 3739.008$ [kg]

$$H = \sqrt[3]{P}$$

$$H = \sqrt[3]{3739.008}$$

$$H = 15.52$$

Untuk menentukan tebal aktual (H), harus dikalikan dengan factor koreksi ($C_{coefficient}$)

Diketahui $C_{coefficient} = 1.25$ karena $K_{produk} = 139.1$ [mm]

$$H' = C_{coefficient} \times H$$

$$H' = 1.25 \times 15.52 \text{ [mm]}$$

$$H' = 19.4 \text{ [mm]} \approx 20 \text{ [mm]}$$

- Jarak Tepi ke Tepi *Dies*

Dimensi dies tergantung dari bentuk produk yang akan dibuat, bentuk bagian tepi produk akan menentukan jarak tepi produk ke tepi *dies* (W).

- $W_1 = 1.2 \times H'$

$$W_1 = 1.2 \times 20$$

$$W_1 = 24 \text{ [mm]}$$

- $W_2 = 1.5 \times H'$

$$W_2 = 1.5 \times 20$$

$$W_2 = 30 \text{ [mm]}$$

- Panjang dan Lebar *Dies*

- Panjang *Dies*

$$\text{Panjang } dies = (3 \times P_{produk}) + (2 \times \text{jarak antar produk}) + (2 \times W_2)$$

$$\text{Panjang } dies = (3 \times 32) + (2 \times 3) + (2 \times 30)$$

$$\text{Panjang } dies = 162 \text{ [mm]}$$

- Lebar *Dies*

$$\text{Lebar } dies = (2 \times W_1) + L_{produk}$$

$$\text{Lebar } dies = (2 \times 24) + 45$$

$$\text{Lebar } dies = 93 \text{ [mm]}$$

c. Penentuan *Bottom Plate* dan *Top Plate*

Penentuan bottom plate dan top plate digunakan tabel standart *fibro* yaitu Die Set DIN 9822 Shape C Order No. 201.31.160.100 dengan ukuran *work area* sebesar 160 [mm] x 100 [mm].

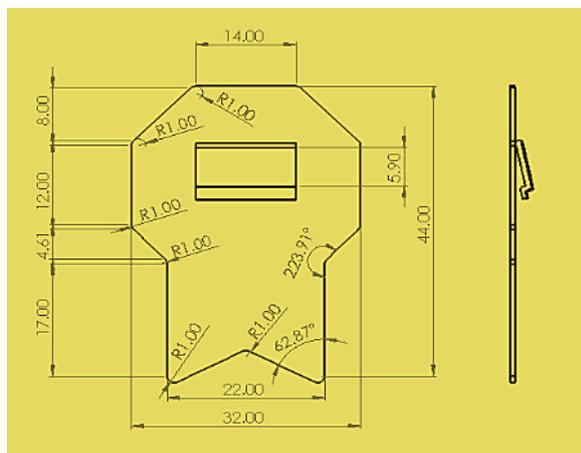
d. Ukuran Baut dan Ukuran *Pin*

Ukuran baut dapat dilihat di tabel sesuai dengan ketebalan *dies* yang telah didapatkan. Ketebalan *dies* sebesar 20 [mm], maka ukuran baut pengikat yang digunakan adalah M6 dan diameter *pin* yang digunakan adalah 4 [mm] dengan panjang 50 [mm].

3.2 Hasil

a. Produk

Bahan produk lensana yang digunakan untuk membuat lensana adalah ST 41 dengan ketebalan 0.8 [mm]. Proses *emboss* dan *lancing* yang terjadi pada *press tool* merupakan proses untuk membuat dudukan peniti pada lensana. Lensana yang sudah jadi dan masih berbentuk plat kemudian dipasang dengan stiker timbul berlogo Politeknik Negeri Jakarta. Setelah itu, plat di berikan pelapis warna dan dipasangkan dengan peniti. Dimensi maksimum serta lensana dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 16. Dimensi Lensana



Gambar 17. Lensana

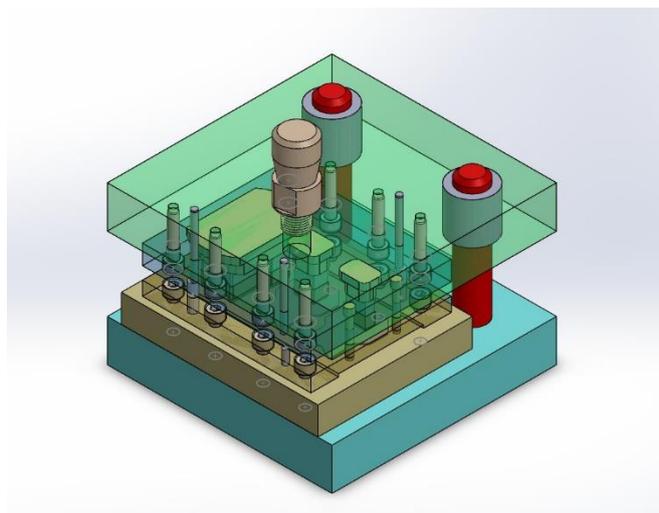
b. Press Tool

Proses pembuatan press tool dimulai dari pemilihan bahan. Berikut adalah bahan yang digunakan pada bagian bagian press tool:

Tabel 1. Bahan yang Digunakan Pada Bagian Press Tool

Bagian	Bahan
Shank	ST37
Top Plate	ST41
Punch Holder	ST41
Punch	DF3
Stripper	ST41
Dies	DF3
Bottom Plate	ST41
Pin	ST37

Pembuatan press tool dilakukan kurang lebih selama 3 bulan, mulai dari pembuatan konsep sampai pembuatan press tool. Desain press tool dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 18. Dimensi Lencana

IV. KESIMPULAN

Simpulan setelah melakukan pengerjaan *press tool* adalah sebagai berikut :

- ❖ Proses merancang dan fabrikasi *press tool* dilakukan selama ± 3 bulan.
- ❖ *Press tool* ini dapat digunakan dengan mesin press mekanik manual yang memiliki tonase 20 [ton].
- ❖ *Press tool* ini dapat menghasilkan produk berupa lencana yang memiliki dimensi sesuai dengan yang telah direncanakan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roostika, Ratna, *Analisis Pengaruh Bauran Pemasaran Produk Cindera Mata terhadap Kepuasan Wisatawan Domestik di Yogyakarta*. Yogyakarta: Jurnal Manajemen dan Akutansi Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, 2012.
- [2] "lencana." KBBI. ____ . WEB. 21 Mei 2018. <https://kbbi.web.id/lencana>

- [3] Hadi, Sofyan, Pembuatan Progressive Tool Blind Joint Component dan Analisis Penyimpangan Waktu Pembuatan. Bandung: Laporan Proyek Akhir Teknik Manufaktur Politeknik Negeri Bandung, 2016.
- [4] Firdaus, Ekki, Rancang Bangun Progressive Tool Untuk Memproduksi Landasan Lubang Kunci (Proses Pengujian). Palembang: Laporan Akhir Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015.
- [5] Indonesia Mold & Die Industry Association, *PRESS DIE DESIGN BASIC TEXT BOOK*. Jakarta: Indonesia Mold & Die Industry Association, 2007.
- [6] Luchsinger, *TOOL DESIGN 2*. Bandung: POLITEKNIK MEKANIK SWISS – ITB, 1984.
- [7] Standard Parts of Fibro Catalogue. <http://www.fibro.de/en/standard-parts/pdf-downloads.html>, 2018.
- [8] Standard Parts of Misumi die press Catalogue. https://us.misumi-ec.com/msmec/catalog_contents/pdf/MisumiPress2015.zip, 2018.

Rancang Bangun Sistem Sirkulasi Udara pada Cable tunnel

Ilham Teguh Setiyaji¹; Sidiq Ruswanto²; Juhartono³

¹Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Insustri Semen, Politeknik Negeri Jakarta,

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Dept. Electric, PT. Holcim Indonesia Cilacap Plant

Ilhamteguh.holcim@gmail.com

Abstrak

Komponen elektrik merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah industri semen, karena semua peralatan di pabrik semen ditenagai oleh energi listrik. Di Pabrik Holcim Indonesia Cilacap Plant, terdapat beberapa Local substation (LSS) listrik. Tiap-tiap LSS ini berhubungan antara satu dengan yang lainnya melalui cable tunnel bawah tanah. Panjang cable tunnel di pabrik Holcim Cilacap sendiri sepanjang 800 meter. Dengan dimensi yang panjang ini, inspeksi kabel dan komponen lainnya kerap dilakukan pada cable tunnel untuk memastikan kabel dalam kondisi baik, karena merupakan objek yang critical. Dibutuhkan kondisi tunnel yang memenuhi syarat keselamatan kerja untuk melakukan inspeksi, salah satunya tentang kualitas udara di dalam cable tunnel. Pada cable tunnel PT Holcim Indonesia Cilacap Plant, kualitas udara sangat tidak memadai, karena suhu yang panas, minimnya kecepatan angin, kadar oksigen yang rendah, resiko gas beracun, sehingga perlu adanya perancangan sistem sirkulasi udara agar standar keselamatan kerja terpenuhi, dan proses maintenance serta inspeksi kabel bawah tanah dapat dilakukan dengan lancar. Maka dari itu, diperlukan sistem sirkulasi udara pada cable tunnel untuk menanggulangi masalah tersebut. Sistem ini akan memberikan pasokan udara bersih terus menerus. Cara kerja sistem sirkulasi tersebut dengan memasok udara bersih melalui inlet cable tunnel dan mengeluarkan udara kotor melalui lubang-lubang ventilasi. Dikarenakan kondisi tunnel yang memanjang maka digunakan bantuan fan atau blower untuk membantu mengarahkan udara dan mempercepat proses pertukaran udara. Kenyamanan pekerja juga dipertimbangkan dalam membuat sistem ini, dengan cara memilih dan menyusun fan atau blower dengan tepat. Oleh karena itu akan didapatkan suhu serta kecepatan udara yang memenuhi standar. Penyusunan sistem sirkulasi ini, juga mempertimbangkan komponen listrik yang tepat agar kinerja dari fan atau blower dapat optimal.

Kata kunci: Sirkulasi, Cable tunnel

Abstract

Electrical components are very important in a cement industry, because all the equipment in the cement plant is powered by electrical energy. At the Holcim Indonesia Cilacap Plant Plant, there are several electricity Local substation (LSS). Each of these LSS connected each another through an underground cable tunnel. Cable tunnel length at Holcim Cilacap's own factory is 800 meters long. With this long dimension, cable inspection and other components are often performed on the cable tunnel to ensure the cable is in good condition, as it is a critical object. Tunnel conditions are required that meet the safety requirements for inspection, one of which is about the air quality in the cable tunnel. In cable tunnel PT Holcim Indonesia Cilacap Plant, air quality is very inadequate, because the temperature is hot, the lack of wind speed, low oxygen levels, the risk of toxic gases, so the need for air circulation system design for safety standards are met, and the maintenance process and underground cable inspection can be done smoothly. Therefore, air circulation system is needed on cable tunnel to overcome the problem. This system will provide clean air supply continuously. The circulation system works by supplying clean air through the inlet of cable tunnel and remove the dirty air through the exhaust holes. Due to the condition of the tunnel that longs. So it's need a fan or blower to help direct the air and speed up the process of air exchange. Worker comfort is also considered in making this system, by choosing and arranging the fan or blower appropriately. Thus will get temperature and air speed that meet the standards. In the preparation of this circulation system, also consider the appropriate electrical components for the performance of the fan or blower can be optimal..

Keywords: Circulation, Cable tunnel

I. PENDAHULUAN

Pada PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap Plant, kondisi *cable tunnel* harus dipastikan aman dan nyaman bagi pekerja yang melakukan kegiatan didalamnya, salah satunya dari aspek kualitas udara. sirkulasi udara pada tunnel harus bekerja dengan baik.

Peranan sistem sirkulasi dalam lingkungan *cable tunnel* adalah sangat penting untuk melindungi pencemaran udara di lingkungan tunnel, terutama mencegah kontaminasi udara, panas, menghindari bahaya, menciptakan lingkungan yang nyaman dan segar, mensuplai oksigen untuk manusia, mengencerkan dan membuang gas beracun dan debu. [4]

Pada *cable tunnel* pabrik Holcim Indonesia Cilacap Plant kualitas udara didalamnya bisa dikatakan buruk, karena sistem sirkulasi udara yang tidak baik, sebab didalamnya terdapat kabel bertegangan tinggi yang senantiasa menghasilkan panas, serta kondisi tunnel yang panjang dan jarak antar lubang sirkulasi yang berjauhan membuat situasi lebih buruk. Selain itu lokasinya berada dibawah tanah.

Oleh karena itu, dibutuhkan sistem sirkulasi pada *cable tunnel* Pabrik Holcim Indonesia Cilacap Plant.

II. METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan yaitu membuat sistem sirkulasi pada *cable tunnel*, maka rancang bangun ini dilakukan dengan langkah-langkah yang sistematis. Makalah ini dimulai ketika judul telah ditentukan dan proposal telah diterima. Setelah itu, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kebutuhan yang meliputi observasi di lapangan. Dari observasi lapangan dapat ditentukan kebutuhan-kebutuhan perancangan desain. Dibutuhkan literatur untuk mendukung makalah ini, literatur yang dikaji berasal dari sumber-sumber yang relevan sehingga lebih dititik beratkan pada buku, skripsi/tugas akhir, jurnal dan situs web terpercaya dari internet. Setelah mendapatkan data dari analisa dan literatur, maka dibuatlah konsep rancangan. Lalu dilakukanlah perhitungan mengenai desain yang telah dibuat. Perhitungan mencakup aspek mekanikal dan elektrikal. Proses selanjutnya adalah fabrikasi dan assembling dan dilanjutkan dengan instalasi di lapangan. Setelah ter-*instal* maka dilakukan evaluasi terhadap sistem yang telah dibuat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Identifikasi Masalah dan Analisa Data

Kondisi udara pada *cable tunnel* pada PT Holcim Indonesia Tbk Cilacap plant buruk. Banyak aspek yang menjadi indikasi kondisi udara yang buruk pada *cable tunnel*. Aspek tersebut adalah *temperature*, kelembaban, kecepatan udara, pergantian udara, dan kandungan gas.

a. *Temperature* dan Kelembaban

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan di dalam *cable tunnel* menggunakan Termohygrometer didapatkan data *temperature* pada beberapa lokasi tunnel pada zona 1 dan zona 2. Pengambilan data menggunakan metode sampling di beberapa spot. Waktu pengambilan data dilakukan pada saat siang hari pukul 12.00 WIB untuk mendapatkan *temperature* tertinggi pada *cable tunnel*. Tabel dibawah berisi data *Temperature*.

Berdasarkan tabel 1, dapat diambil rata-rata *temperature* udara pada *cable tunnel* adalah 40.17°C dan kelembaban 63.1%. Hal itu menunjukkan bahwa *temperature* berada jauh diatas *temperature* kerja normal yaitu $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$. Sedangkan kelembaban berada pada angka aman, berdasarkan standard 50%-80%. Berdasarkan kesimpulan tersebut dapat diambil jalan keluar yaitu *temperature* harus diturunkan agar memenuhi standard.

Tabel. 1 *Temperature dan Kelembaban pada Cable tunnel*

No	Temperature (° C)	Kelembaban (%)
1	37.8	59
2	38.2	63
3	38.7	63
4	39.3	63
5	40.5	63
6	40.8	64
7	42.0	63
8	40.9	65
9	42.1	64
10	41.4	64

b. Kecepatan udara dan pergantian udara

Kecepatan udara yang terdapat pada *cable tunnel* berada pada <0.25 m/detik. Hal itu mengakibatkan tidak dirasakan kenyamanan hembusan angin dan pertukaran udara bekerja dengan sangat lambat.

Pertukaran udara untuk area seperti *cable tunnel* adalah 20-30 ACH (Air exchange per hour). Sedangkan dengan kecepatan yang sangat lambat tersebut, pertukaran udara pada *cable tunnel* selama ini berada dibawah 5 ACH. Hal itu berdampak pada kualitas udara yang buruk, karena udara tidak diperbarui secara terus menerus. Serta mengakibatkan udara panas tidak diganti dengan udara baru yang lebih dingin, yang menyebabkan *temperature* akan selalu panas. Sehingga perlu dilakukan peningkatan kecepatan udara & ACH.

c. Kandungan gas pada *cable tunnel*

Kandungan gas pada *cable tunnel* normal, yaitu O_2 20.9% , CO_2 , H_2 0% , CO 0%

Berdasarkan ketiga aspek diatas dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan *temperature* yang lebih rendah, dibutuhkan kecepatan udara yang lebih cepat, dan dibutuhkan ACH yang lebih besar

2. Perancangan

a. Pemilihan tipe system sirkulasi udara

Ada tiga tipe system sirkulasi udara yaitu *natural*, *longitudinal*, *semi transversal*, dan *transversal*. [2]

- *Natural System*

Tipe sistem ini merupakan tipe yang digunakan pada saat sebelum dilakukan perancangan, tidak terdapat bantuan dorongan dan tarikan udara dari fan. Berdasarkan data Analisa yang didapat, sistem ini tidak cocok karena *temperature* yang didapatkan tinggi serta kondisi udara yang tidak baik. Kelebihan dari sistem ini yaitu murah dan kekurangan dari sistem ini kualitas udara secara keseluruhan buruk. [2]

- *Longitudinal system*

Longitudinal ventilation System menggunakan bantuan tarikan dan hembusan fan untuk udara dapat diatur sesuai keinginan. Sistem ini juga cocok digunakan untuk tunnel dengan panjang menengah (20m-500m). [2]

Kelebihan dari sistem ini yaitu mudah melakukan kontrol kualitas udara, biaya yang dikeluarkan tidak terlalu mahal, mudah dalam instalasi. Kekurangan dari sistem ini yaitu persebaran kualitas udara kurang merata.

- *Semi Transversal & Transversal System*

Sistem ini menggunakan bantuan tarikan dan hembusan fan untuk memasok dan mengeluarkan udara dari ruangan sama seperti sistem *longitudinal ventilation* hanya saja dalam persebaran udaranya menggunakan bantuan ducting secara menyeluruh untuk memisahkan udara bersih dan udara kotor, dengan begitu persebaran kualitas udara sangat bagus. Sistem ini juga cocok digunakan untuk tunnel yang sangat panjang diatas 1km. Hanya saja karena menggunakan ducting, akan membuat biaya membengkok sangat besar dan memakan banyak ruangan. Tidak cocok untuk kondisi *cable tunnel* yang sempit. [2]

Kelebihan dari sistem ini yaitu mudah melakukan kontrol kualitas udara, persebaran kualitas udara merata, kekurangan dari sistem ini yaitu biaya yang dikeluarkan besar dan Instalasi susah.

Tabel. 2 Penilaian sistem sirkulasi

No	Kriteria	<i>natural System</i>	<i>Longitudinal system</i>	<i>Semi Transversal & Transversal System</i>
<u>1</u>	Kontrol Kualitas Udara	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>2</u>	Persebaran udara	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
<u>3</u>	Kemudahan instalasi	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>2</u>
<u>4</u>	Biaya	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>1</u>
	Score Toral	<u>11</u>	<u>16</u>	<u>13</u>

Berdasarkan penilaian maka dipilihlah *Longitudinal system* sebagai sistem yang akan dirancang untuk *cable tunnel*.

b. Pemilihan *fan*

Longitudinal system menggunakan konfigurasi *fan* dengan disusun secara seri atau paralel. Penyusunan seri digunakan untuk mencapai jarak yang jauh, sedangkan paralel digunakan untuk mendapat cakupan yang lebar dan volume yang besar.

Pengukuran *cable tunnel* menunjukkan lebar x tinggi 2x2 meter dengan panjang 125 meter (zona1) . Dengan kecenderungan ini maka fan disusun secara seri atau berurutan.

Kelemahan dari sistem ini adalah, bila salah satu fan mati, maka sistem tidak bekerja semestinya. Maka dari itu, dilakukan proteksi pada sistem kelistrikan.

Kapasitas *Cubic Meter per Minute*

Kapasitas CMM ruangan dapat dihitung dengan rumus :

$$CMM = \frac{\text{Air Exchange per Hour} \times \text{Volume}}{60}$$

- Standard Air Exchange per Hour *Cable tunnel* : 30
- Lebar tunnel : 2 meter
- Tinggi tunnel : 2 meter
- Panjang Tunnel zona 1 : 100 meter
- Panjang Tunnel zona 2 : 119 meter

$$\text{Zone 1 CMM} = \frac{30 \times 2 \times 2 \times 100}{60} = 200 \text{ CMM}$$

$$\text{Zone 2 CMM} = \frac{30 \times 2 \times 2 \times 119}{60} = 236 \text{ CMM}$$

Tipe fan yang digunakan adalah fan axial karena memberikan tekanan yang tidak terlalu tinggi, sehingga kenyamanan dapat dirasakan. [3] Fan ini disusun secara seri. Untuk menyusun blower secara seri, dibutuhkan :

- Kapasitas fan yang lebih kecil dari CMM ruangan
- Menentukan kapasitas fan yang memberikan jarak cukup
- Semakin banyak fan dengan jarak semakin dekat semakin baik

Maka dilakukan perhitungan kapasitas fan untuk mendapat jarak yang optimal. Kapasitas fan dibawah ini adalah yang banyak terdapat di PT Holcim Indonesia Tbk.

$$\text{Jumlah fan} = \frac{\text{Kebutuhan CMM}}{\text{CMM fan}}$$

$$\text{Jarak tiap fan} = \frac{\text{Panjang Tunnel}}{\text{Jumlah fan}}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka didapatkan data :

Tabel. 3 Perbandingan tipe *fan*

No	Kapasitas (CMM)	Jumlah (pcs)	Jarak Tiap Fan (m)
1	50	4	25
2	100	2	50
3	200	1	100

Berdasarkan data pada tabel 3:

- Bila digunakan fan dengan kapasitas 200 CMM maka dorongan fan pada awal (inlet) akan sangat besar karena kapasitas yang besar, sehingga tekanan juga besar. Hal ini mengakibatkan rasa tidak nyaman dan persebaran kecepatan udara yang tidak merata
- Bila digunakan fan dengan kapasitas 100 CMM dorongan fan pada awal (inlet) akan dirasa besar karena kapasitasnya. Hal ini mengakibatkan rasa tidak nyaman dan persebaran udara yang tidak merata
- Bila digunakan fan dengan kapasitas 50 CMM dorongan fan pada awal tidak terlalu besar dan membuat sensasi yang lebih nyaman dan persebaran kecepatan udara yang lebih merata atau stabil disbanding menggunakan kedua fan sebelumnya.

Berdasarkan analisa diatas dipilih *fan* 50CMM dalam sistem sirkulasi. Dengan *fan* tersebut udara dari luar dapat dipasok terus menerus kedalam sistem, maka dengan menggunakan rumus perpindahan kalor dapat dihitung suhu akhir yang akan didapatkan dari sistem. Suhu udara luar berkisar 32 °C . Karena volume dan jenis gas sama, maka volume dan gas diabaikan dalam perhitungan.

$$m \times c \times \Delta T = m \times c \times \Delta T$$

$$\Delta T = \Delta T$$

$$T1 - T_{cp} = T_{cp} - T1$$

$$32 - T_{cp} = T_{cp} - 40.17$$

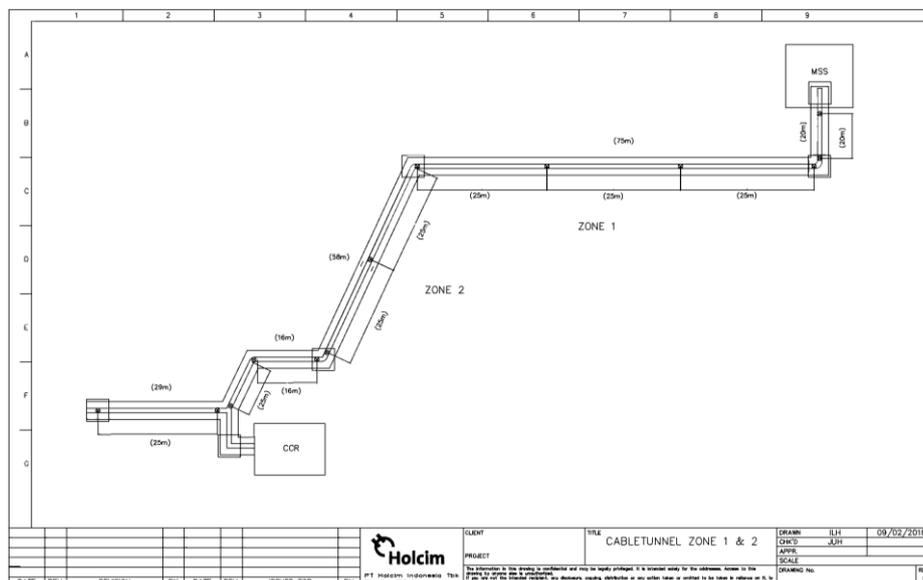
$$T_{cp} = 36.085^{\circ}C$$

Suhu yang akan didapatkan adalah 36.085 °C . Suhu tersebut aman untuk bekerja.

c. Sistem Sirkulasi

Gambar dibawah merupakan rangkaian sistem sirkulasi secara seri pada *cabl tunnel* zona 1 dan zona 2 . Pada zona 1 terdapat 4 fan yang meniupkan udara bersih serta 1 fan exhaust dan 1 fan yang mensuplai udara ke zona 2. Pada zona 2 terdapat 4 fan yang mensuplai udara bersih dan 2 fan exhaust. Setiap fan diberi jarak 25 meter.

Gambar. 1 Sistem sirkulasi dalam *CableTunnel*

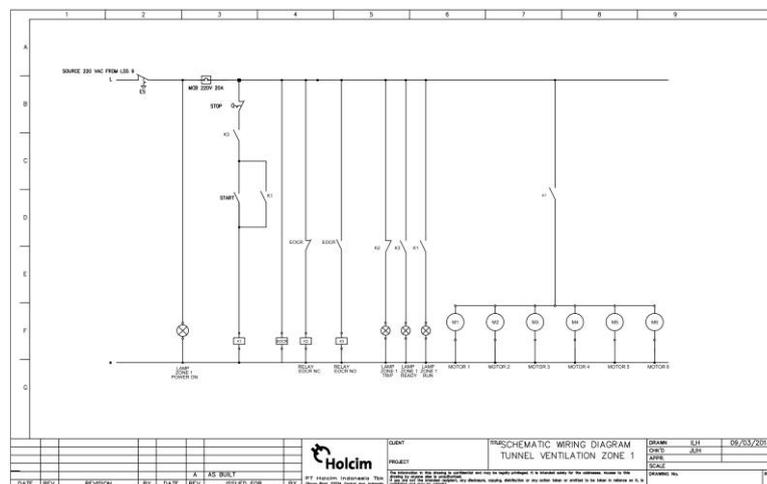


3. Perancangan komponen listrik

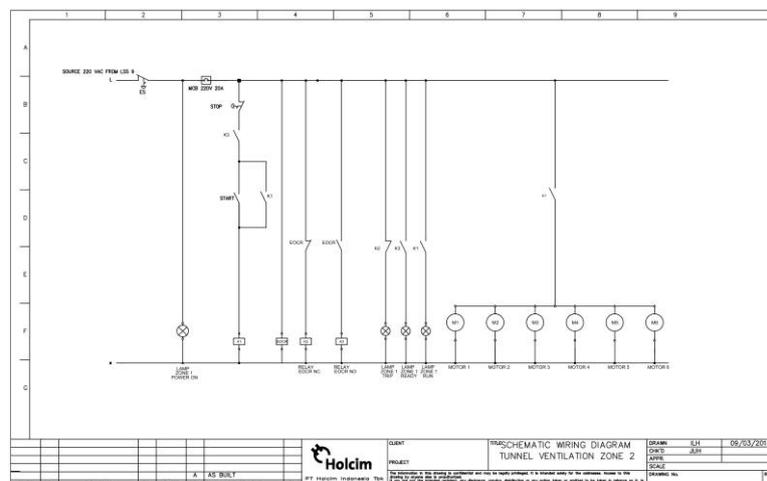
a. Rangkaian Listrik

Rangkaian Listrik yang digunakan dalam sistem ini adalah rangkaian start stop. Terdapat 2 zona pada *cable tunnel*, maka dalam 1 panel digunakan 2 MCB yang mensuplai masing masing zona. Terdapat pula lampu indicator Ready, Run, dan Fault. Digunakan juga safety device untuk fan, yaitu EOCR. [1] Berikut ini Logic listrik yang digunakan dalam penyusunan rangkaian listrik *cable tunnel*:

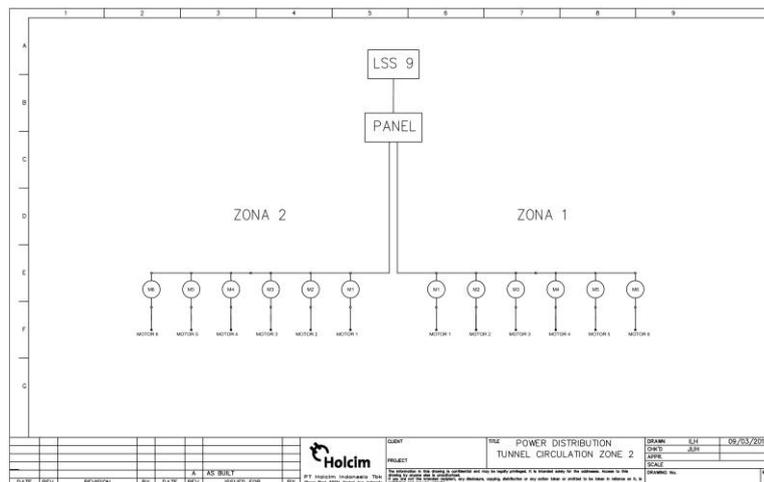
- Lampu Power On (Putih) menyala ketika ada listrik mengalir ke MCB
- Lampu Ready (Merah) menyala ketika MCB dan EOCR dalam kondisi ON
- Bila Push Button Hijau ditekan maka ke-6 fan menyala bersamaan dan lampu Run (Hijau) menyala
- Bila EOCR mengindikasikan adanya kebocoran atau lonjakan arus maka Fan, Lampu Ready, Lampu Run akan mati. Sedangkan Lampu Kuning (Fault) akan menyala.
- Bila Emergency Button ditekan maka tidak ada listrik yang mengalir ke MCB dan Lampu Power On Mati.



Gambar. 3 Rangkaian Listrik skematik Zone 1



Gambar. 4 Rangkaian Listrik skematik Zone 2



Gambar. 5 Distribusi Daya

b. Perhitungan Ampere Rangkaian

Untuk menentukan Kapasitas MCB, Magnetic Kontaktor, Ukuran Kabel, EOCR, dibutuhkan data Ampere dari fan atau beban. Perhitungan :

$$I = \frac{P}{V}$$

- I = Arus (Ampere)
- P = Daya (Watt)
- V = Tegangan (Volt)

Diketahui, daya tiap fan 50CMM yang didapat dari spesifikasinya adalah 500 Watt. Dan tegangan 220V, sedangkan jumlah fan tiap zona 6 buah. maka

$$Zone 1 I = \frac{6 \times 500 \text{ Watt}}{220 \text{ Volt}} = 13.63 \text{ A}$$

$$Zone 2 I = \frac{6 \times 500 \text{ Watt}}{220 \text{ Volt}} = 13.63 \text{ A}$$

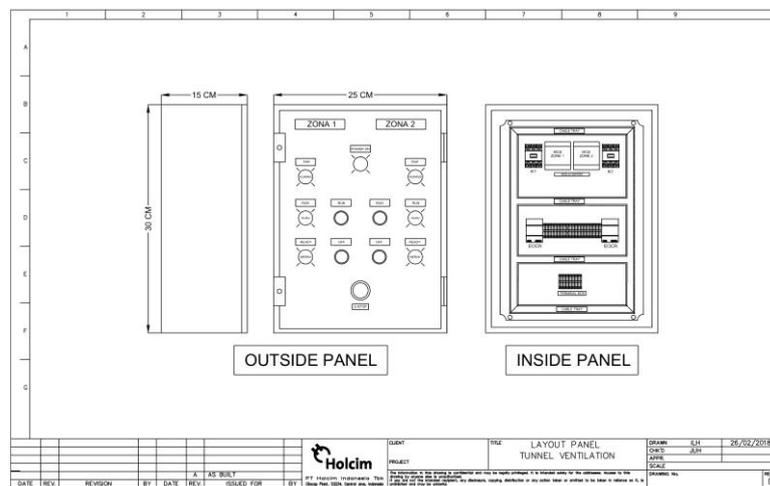
Maka Ampere dari tiap zona adalah 13.63A

c. Menentukan komponen listrik

Dalam menentukan komponen listrik didapatkan dari beban / ampere fan. Maka didapat data sebagai berikut :

No	Komponen Listrik	Jumlah
1	MCB 20A	2 pcs
2	EOCR range 10-20A	2 pcs
3	<i>Magnetic Kontaktor</i> 20A	2 pcs
4	NYAF 1.5mm ² hitam	100 m
5	NYAF 1.5mm ² biru	100 m
6	NYHY 1.5 mm ² x 3	300 m
7	Panel IP68 <i>Weather Resist.</i> 300x250mm	1 pcs
8	<i>Terminal Block</i>	60 pcs
9	<i>Din Rel</i>	1 m
10	<i>Cable tray</i>	1 m
11	<i>Pilot Lamp</i> Merah	2 pcs
12	<i>Pilot Lamp</i> Hijau	2 pcs
13	<i>Pilot Lamp</i> Kuning	2 pcs
14	<i>Pilot Lamp</i> Putih	1 pcs
15	<i>Emergency Stop</i>	1 pcs
16	<i>Push Button</i> Hijau	2 pcs
17	<i>Push Button</i> Merah	2 pcs

d. Desain Panel



Gambar. 6 Desain Panel

IV. KESIMPULAN

- a. Untuk meningkatkan sistem keamanan dan kenyamanan pekerja di area *CableTunnel*, digunakan sistem sirkulasi pada *cable tunnel* menggunakan sistem *Longitudinal System* , dengan kapasitas pergantian udara 436 CMM pada zona 1 dan zona 2 yang dapat menurunkan suhu dari 40.17°C menjadi 36.085°C atau menurunkan 4.85°C.
- b. Dengan adanya rancang bangun sistem sirkulasi udara pada *cable tunnel*, maka tingkat keamanan dan kenyamanan pekerja dapat ditingkatkan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chand, S. (1995). A Textbook of Electrical Technology Volume I Basic Electrical Engineering B.L. Theraja.
- [2] Swenson, S. Don (1995). HVAC: heating, ventilating, and air conditioning. Homewood, Illinois: American Technical Publishers.
- [3] Cory, William (2010). Fans and Ventilation: A practical guide
- [4] Bickel. (1995). Tunnel engineering handbook, 2nd edition. CBS Publishers.

RANCANGAN ALAT DOCK LEVELER UNTUK PT. XYZ

M.Rezky Azhari¹, Faiz Atgyca², Mochammad Sholeh³

¹Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Email : rezkyazhari66.ra@gmail.com

²Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Email : faizatgyca27@gmail.com

³Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Email : moch.sholeh@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Pada umumnya menaikkan sepeda motor dari gudang ke truk dilakukan dengan cara manual, yaitu dengan mengangkat sepeda motor ke atas dek truck, sehingga menyebabkan resiko kecelakaan kerja yang tinggi dan waktu kerja untuk proses bongkar muat menjadi lama. Maka dibuatlah alat bantu yaitu alat dengan prinsip ramp door untuk mempermudah pemuatan sepeda motor ke truk. Pemuatan dilakukan dengan membawa sepeda motor melalui dock leveller. Metode yang digunakan adalah membuat sebuah komponen pembantu dengan prinsip ramp door dimana komponen pembantu tersebut berbentuk meja yang dapat membuat sudut kemiringan untuk menyesuaikan ketinggian dan jarak dari bangunan ke dek truk, dengan menggunakan silinder hidrolik yang mampu menerima beban 250-350 kg. Alat ini dilengkapi dengan sistem kontrol hidrolik, sehingga operator alat ini cukup menekan tombol untuk memperoleh berbagai jarak dan ketinggian yang sesuai. Alat ini terpasang pada bangunan bongkar muat, bukan pada truk kontainer seperti dock leveler pada umumnya.

Kemudian dilakukan perhitungan beban, perhitungan hidrolik dan dimensi dock leveler. Hasil perencanaan Dock leveler yang akan dibuat memiliki spesifikasi sebagai berikut : dek yang dapat naik turun dengan sudut naik 50° , sudut turun 30° dan diperpanjang hingga 1 meter, sehingga dapat menyesuaikan ketinggian dengan truk yang beredar. Memiliki panjang = 2700[mm] (termasuk dek yang sudah diekstensikan), lebar = 1800[mm]. Memiliki railing yang berfungsi untuk pengaman sisi kiri dan kanan dock leveller. Dock leveler menggunakan 3 buah silinder hidrolik, 1 ditengah untuk memperpanjang dek, dan 2 dibagian samping untuk naik turun dek. Rancangan Dock leveler memiliki kemampuan untuk mengangkat barang dengan berat berkisar 150-200 [kg] dengan ditenagai oleh powerpack tekanan 16Mpa.

Kata kunci: dock leveller, dek,, hidrolik, powerpack.

Abstract

In general, loading motorcycles from warehouse to truck is done manually, that is by lifting the motorcycle to the top of the truck deck, which works for the longer process for loading and unloading. Then made a tool that is the tool with the principle of ramp door to facilitate the loading of a motorcycle to the truck. Loading is done by bringing the motorcycle through the dock leveler. The method used is to make a component with a gate where the components can be used to determine the height and distance from the station to the front, using a hydraulic capable of accepting a 250-350 kg load. This tool is equipped with a hydraulic control system, making it easier for operators to choose different distances and altitudes accordingly. This tool is installed on loading and unloading buildings, not on containers such as dock levelers

in

general.

Then do the load calculation, hydraulic calculation and dimension of dock leveler. Higher level results will be made according to: ups and downs with rising angles of 50° , down angles of 30° and extended to 1 meter, can be adjusted by distributing trucks. Has a length of = 2700 [mm] (including an already expanded deck), width = 1800 [mm]. Has a railing that serves to fix the left and right side of the dock leveler. Dock leveler uses 3 pieces of hydraulic cylinder, 1 in the middle for deck exemptions, and 2 on the side for deck down. The Dock leveler design has the ability to transport 150-200 [kg] weighted items powered by a 16Mpa powerpack.

Keywords : dock leveller, hydraulic, deck, powerpack

1. PENDAHULUAN

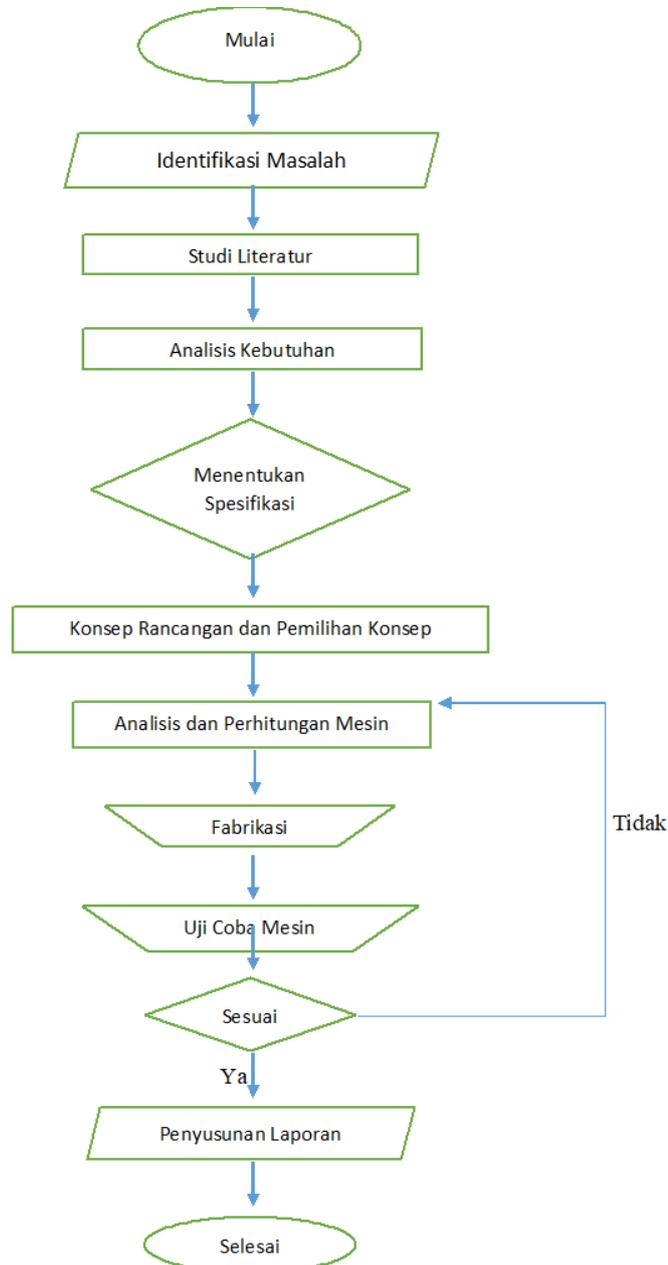
Pada zaman globalisasi saat ini kemajuan teknologi sangat pesat pada dunia industri otomotif khususnya kendaraan bermotor. Rata-rata manusia menggunakan kendaraan bermotor agar dapat menjangkau suatu tempat yang akan dituju dengan mudah. Hal ini menyebabkan permintaan terhadap sepeda motor meningkat. Saat ini, jumlah kendaraan roda dua (motor) di Indonesia semakin hari semakin bertambah, di kota Jakarta saja setiap tahun jumlah kendaraan roda dua tersebut bertambah hingga 12 %. Menurut Direktorat Lalu Lintas Polda Metro Jaya, kendaraan roda dua bertambah 5500 – 6000 unit per tahun. Sehubungan dengan banyaknya permintaan jumlah kendaraan roda dua (motor), kebutuhan akan pemuatan sepeda motor yang aman dan cepat pasti semakin meningkat. Namun hingga saat ini, masih banyak proses pemuatan sepeda motor ke truk dengan cara manual yaitu dengan mengangkat sepeda motor ke truk, dimana ini terdapat resiko kecelakaan kerja yang sangat tinggi. Maka dirancang alat bantu untuk menjembatani sepeda motor dari lantai bangunan menuju dek truk, atau sebaliknya, tanpa mengurangi aspek keamanan dan kenyamanan. Menggunakan prinsip *ramp door* dan sistem hidrolik.

Beberapa alat bantu yang sudah pernah dibuat sebelumnya menggunakan sistem kerja hidrolik baik dengan menggunakan motor listrik maupun dongkrak hidrolik di sistem pengangkatnya. Alat yang akan dibuat ini diposisikan tetap pada bangunan. Alat ini dirancang agar pemuatan sepeda motor dilakukan dengan menggunakan *dock leveler* pada lantai dua gudang menuju dek truck yang berada di lantai dasar, sehingga alat ini harus bisa menjangkau dek truck dengan mengatur sudut kemiringan dari *dock leveler*.

Tujuan perancangan alat ini adalah membuat *dock leveller* agar bongkar muat di gudang dapat dilakukan dengan mudah, cepat, dan aman.

2. METODE PERANCANGAN

Perancangan alat ini dilakukansesuai dengan diagram alir berikut :



3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dihasilkan berdasarkan data dari hasil identifikasi masalah dan observasi sehingga dapat menentukan spesifikasi yang diperlukan guna perancangan alat *dock leveler* agar sesuai kebutuhan konsumen.

Berdasarkan hasil wawancara dengan konsumen, maka data yang diperoleh untuk kebutuhan alat *dock leveler* yaitu :

1. Mampu menghasilkan produk *dock leveler*, kuat dan tahan lama
2. Aman untuk digunakan
3. Terdapat ekstensi dek
4. Dapat menahan beban ± 350 kg
5. Memiliki lebar = 1800 [mm] dan panjang = 2700 [mm] (sudah di ekstensi)
6. Menggunakan hidrolik sebagai penggerak.

3.2. Kajian Pembeding

1. *Vertical Storing Dock Leveler*



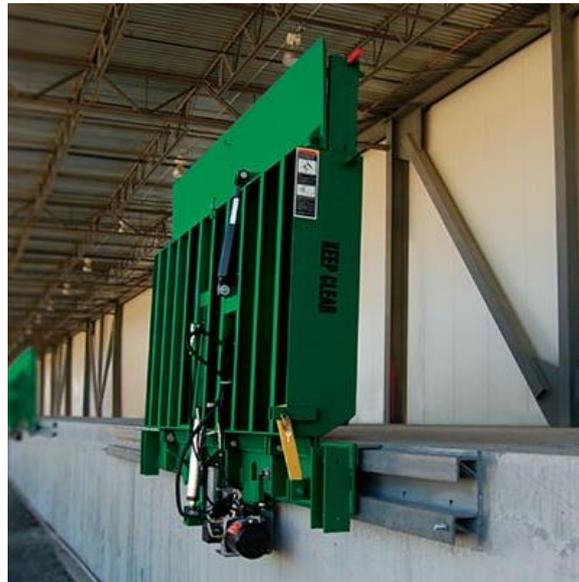
Gambar 1. Alat *Vertical Storing Dock Leveler* (<http://www.pentalift.com/loading-docks/prodinfoVSDL.php>) [4]

Vertical Storing Dock Leveler adalah alat yang dibuat untuk menjembatani proses pemuatan barang dari gudang ke truk. Pada alat ini hanya memiliki satu dek, tidak ada dek ekstensi.

Perbedaan dengan alat yang akan dibuat :

1. *Vertical storing dock leveler* tidak memiliki dek yang bisa ditekstensi
2. Hanya memiliki satu silinder hidrolik, alat yang akan dibuat menggunakan 2 silinder untuk mengangkat dek

2. Hydraulic Rail Leveler



Gambar 2. Hydraulic Rail Leveler (<https://kelleyentrematic.com/products/interior-equipment/dock-levelers/vertical-dock-levelers/vsl-vertical-storing-dock-leveler/#features>) [3]

Alat Hydraulic Rail Leveler dirancang khusus untuk operasi kereta api untuk menyediakan akses mudah ke gerbong kereta dengan pemuatan dan pembongkaran yang lebih efisien. *Hydraulic Rail Leveler* dipasang ke rakitan trek untuk memungkinkannya bergerak ke samping secara lateral. Alat *Rail Leveler* juga dapat digunakan dengan cara manual atau hidraulik untuk pemosisian yang efisien dan tepat ke dalam gerbong kereta.

Perbedaan dengan alat yang akan dibuat :

Posisi alat ini dapat di geser ke kanan dan ke kiri, penambahan fitur ini akan berdampak pada penambahan biaya untuk pembuatan dock leveler

3.3. Menentukan Spesifikasi

Berdasarkan dari data-data yang diperoleh dari hasil observasi dan analisis kebutuhan dapat ditentukan spesifikasi alat *dock leveler*, sehingga dapat dibuat konsep-konsep perancangan alat *dock leveler* yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Spesifikasi yang dibutuhkan yaitu :

- Dapat memindahkan motor ke bak truck dengan waktu 5 [menit] permotor
- Mampu menahan beban minimal 350 [kg]

3.4. Konsep Rancangan dan pemilihan konsep

Konsep rancangan merupakan segala pemikiran atau ide-ide yang dituangkan dalam bentuk desain alat *dock leveler* dan cara kerjanya, hal ini dilakukan setelah identifikasi masalah dan studi literature selesai. Sehingga dapat dianalisa berbagai kemungkinan dalam merancang kerangka *dock leveler* sebagai penopang utama beban.

2.3.1. konsep 1

Pada konsep rancangan 1 alat *dock leveler* ini menggunakan sumber penggerak berasal dari motor yang ditransfer pada hydraulic untuk mengangkat rangka dock leveller.

2.3.2 konsep 2

Pada konsep rancangan 1 alat *dock leveler* ini menggunakan sumber penggerak berasal dari motor yang ditransfer pada pneumatic untuk mengangkat rangka dock leveler

2.3.3 konsep 3

Pada konsep rancangan 1 alat *dock leveler* ini menggunakan sumber penggerak berasal dari motor yang ditransfer pada roda gigi untuk mengangkat rangka dock leveler

2.3.4 Pemilihan konsep

dalam pemilihan konsep diperlukan penilaian secara menyeluruh berdasarkan cara kerja alat, kemampuan alat, dan proses fabrikasi alat agar alat yang dibuat sesuai dengan target yang ingin dicapai. Metode yang digunakan dalam pemilihan konsep adalah menganalisa kebutuhan konsumen

a. Kebutuhan konsumen

No	Kebutuhan	kepentingan
1	Dapat dilewati dengan mudah dan aman	5
2	Pemeliharaan alat mudah	3
3	Mencegah kecelakaan kerja	5
4	Waktu penurunan dock leveler cepat	3
5	Komponen mudah didapat	2
6	Memiliki rangka yang kuat	4

Berdasarkan kebutuhan diatas kebutuhan konsumen terdiri dari beberapa hal yaitu sebagai berikut.

1. Target bongkar muat terpenuhi dengan Waktu pemuatan motor dari lantai dua menuju truck kurang dari 60 menit
2. Perawatan alat dilakukan saat pergantian shift
3. Mencegah kecelakaan kerja karena menyangkut dengan ketentuan dari perusahaan
4. Design yang menarik untuk tampilan layout

Dengan adanya daftar kebutuhan pelanggan maka dari data di atas akan di klasifikasikan menurut tujuan khususnya.

No	Kebutuhan	Metric	Kepentingan
1	1,3	Keamanan untuk operator	5
2	1,2,6	Pemilihan desain yang aman	5
3	1,3,4	Pencapaian bongkar muat	5
4	4	Mampu menahan beban dari sepeda motor dan operator	4
5	2	Pemeliharaan alat	2
	4	Alat diturunkan dengan cepat	4

Berdasarkan data diatas kebutuhan matriks terdiri dari beberapa hal yaitu

1. Aman digunakan saat melakukan bongkar muat
 2. Pencapaian bongkar muat adalah hasil dan target
 3. Pemilihan desain yang aman adalah beberapa alternative desain yang dipilih agar mencegah kecelakaan kerja
 4. Mempunyai desain yang kokoh dan aman
- b. Menentukan konsep

Dengan adanya alternative rancangan dock leveler, maka langkah selanjutnya adalah menentukan konsep dengan cara menggunakan table metric yang mengetahui kekurangan dan kelebihan dari 3 konsep alternative, dimana kebutuhan sesuai table kebutuhan konsumen.

Konsep yang digunakan berdasarkan pemilihan pada table screaming matrik adalah konsep 1, yaitu hidrolik

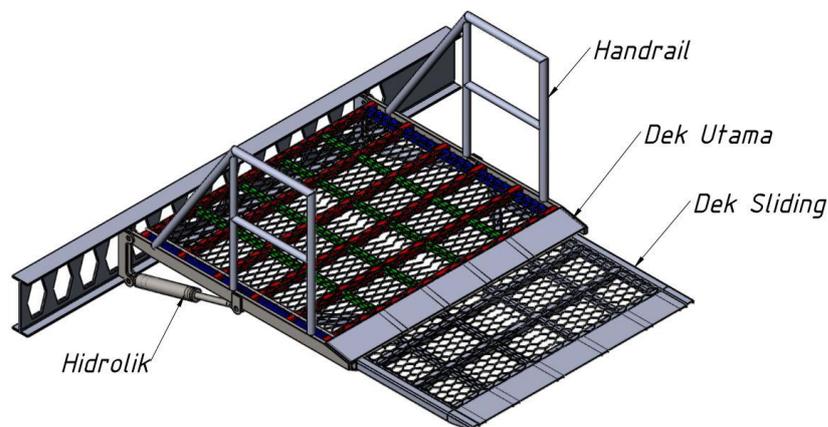
Catatan :

konsep 1 hidrolik

Konsep 2 pneumatik

Konsep 3 roda gigi

kriteria	konsep 1	konsep 2	konsep 3
alat dapat dilewati dengan mudah	+	+	+
keamanan untuk operator	+	+	+
pencapaian bongkar muat	+	0	0
waktu turun alat cepat	+	0	0
mampu menahan beban dari sepeda motor dan pengendara	+	+	+
pemeliharaan alat mudah	+	+	-



Gambar 3. Dock Leveler

3.5 Perhitungan Rancangan

Konsep rancangan yang sudah dibuat lalu dilakukan berbagai analisis, dimulai dengan perhitungan daya, kekuatan rangka serta waktu yang dibutuhkan untuk menggerakkan dock leveler. Untuk mempermudah perhitungan maka diambil sampel motor Honda Supra Fit (2007) sebagai beban yang dimuat oleh *dock leveler* dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam perhitungan teknik sebagai berikut:

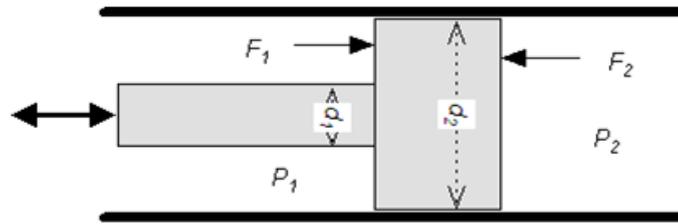
Berat beban = 150 [kg]

Berat Tubuh Manusia = 100 [kg]

Kedua beban tersebut dijumlah, kemudian pada perhitungan diambil titik berat dari total beban

$F = 150 + 100 = 250$ [kg]. Karena beban ditopang oleh dua lengan, maka : $F = 250$ [N]/2 = 125 [N]

1. Perhitungan Hidrolik (naik turun)



Gambar 4. Tekanan pada silinder piston (<http://abiyoga244.blogspot.com/2016/03/menghitung-gaya-hidrolik.html>)

$$F_1 = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) P_1 \text{ (persamaan 1)}$$

Dimana :

F1 = Gaya Tarik batang (lb)

d1 = Diameter batang (inches)

d2 = diameter piston (inches)

P1 = Tekanan dalam silinder (sisi batang) (lbf/in²)

Gaya yang berlawanan dengan batang dapat dinyatakan sebagai:

$$F_2 = \frac{\pi}{4} d_2^2 P_2 \text{ (persamaan 2)}$$

Dimana:

F2 = Gaya dorong batang (lb)

P2 = Tekanan dalam silinder (berlawanan batang) (lbf/in²)

a. Hidrolik saat posisi dek turun

Untuk menghitung tekanan pada hidrolik maju mundur dapat menggunakan (persamaan 2)

$$F_2 = 125 \text{ [N]}$$

$$D_2 = 50 \text{ mm} / 2.5 \text{ in}$$

$$D_1 = 35 \text{ mm} / 1.5 \text{ in}$$

$$1226.25 = \frac{\pi}{4} 50^2 P_2$$

Dimensi D1 dan D2 diambil sesuai dengan permintaan kostumer, dengan ukuran standar dapat dilihat pada table silinder hidroik *Rexroth*

$$\text{Maka } P_2 = 0.624 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\text{Tekanan yang diterima saat dek turun} = 0.624 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

b. Hidrolik saat posisi dek naik (posisi tidak digunakan)

Untuk menghitung tekanan pada hidrolik maju mundur dapat menggunakan (persamaan 1)

$$\text{Berat dari rangka sliding} = 140.73 \text{ [kg]}$$

$$F_1 = 140.73 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 1380.56 \text{ [N]}$$

$$D_2 = 50 \text{ mm} / 2.5 \text{ in}$$

D1 = 35mm / 1.5 in

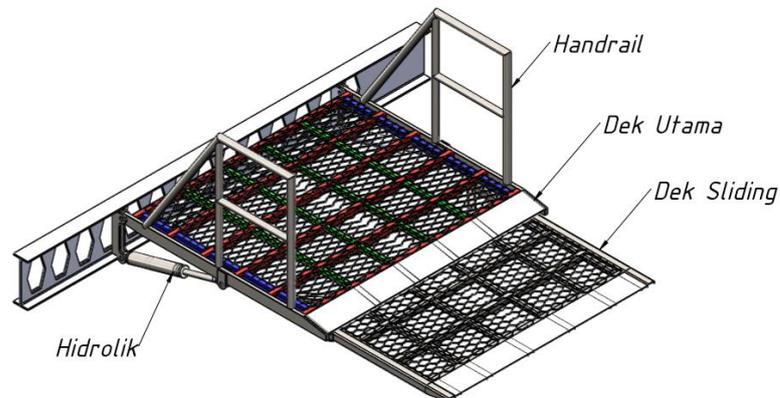
$$1380.56 = \frac{\pi}{4} (50^2 - 35^2) P_1$$

P1 = 1.3786 [N/mm²]

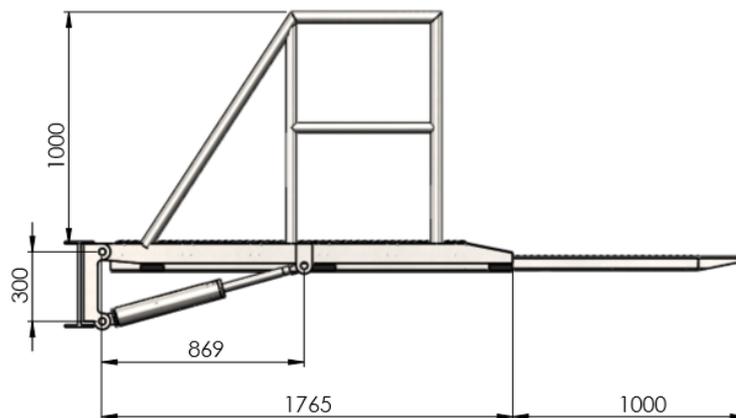
Dimensi D1 dan D2 diambil sesuai dengan permintaan kostumer, dengan ukuran standar dapat dilihat pada table silinder hidroik *Rexroth*

3.6 Gambar *Dock leveler*

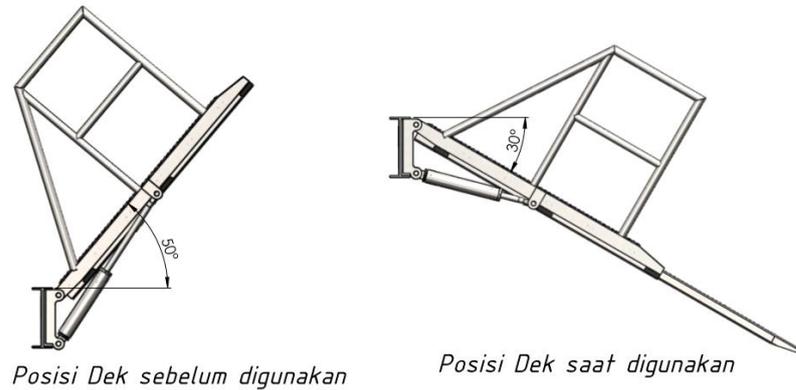
Berikut adalah gambar alat *dock leveller*



Gambar 5. Isometric *dock leveller*



Gambar 6. Tampak samping *dock leveller* (sudah di ekstensikan)



Gambar 7. Posisi dock leveller

4. Kesimpulan

1. Alat ini menggunakan sistem penggerak silinder hidrolik, sehingga alat dapat bergerak cepat
2. Alat ini dapat meningkatkan efektivitas pekerja dalam proses pemindahan sepeda motor dari gedung bangunan ke truk atau sebaliknya dengan *railing* sebagai pengaman.

5. Daftar Pustaka

- [1] Dongkrak Hidrolik. http://www.hyjacks.com/n_71100a.jpg. 2018
- [2] Khurmi R.S. dan Gupta J.K. *A Textbook Of Machine Design*. New Delhi : Eurasia Publishing House (PVT.) LTD. 2005
- [3]<https://kelleyentrematic.com/products/interior-equipment/dock-levelers/vertical-dock-levelers/vsl-vertical-storing-dock-leveler/#features>
- [4] <http://www.pentalift.com/loading-docks/prodinfoVSDL.php>

RANCANGAN MESIN CINCANG DAN PENGADUK ADONAN DAGING BAKSO DENGAN KAPASITAS 15 [kg/jam] UNTUK PERUSAHAAN X

Leonard Michael Odi Nathanael¹, Stefanus Kurniawan², Indriyani Rebet³, Yohannes Patrick³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, Jawa Barat, Indonesia

Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

michaelodi11@yahoo.com

Abstrak

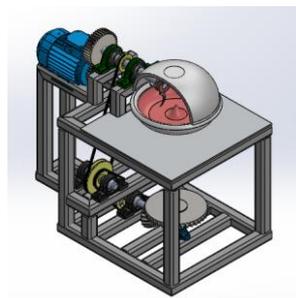
Pembuatan adonan bakso terdiri dari pencincangan daging dan pengadukan adonan bakso yang dilakukan dengan bantuan mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso. Kapasitas mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso yang ada tergolong terlalu besar bagi pengusaha bakso skala kecil yaitu 80 [kg/jam]. Hal ini menyebabkan harga jual mesin tersebut tidak terjangkau bagi pengusaha bakso skala kecil. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan melakukan proses rancang ulang terhadap mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso yang ada sehingga memiliki kapasitas dan harga yang memenuhi kebutuhan pengusaha bakso skala kecil. Hasil re-engineering ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pengusaha bakso skala kecil dalam membuat adonan bakso secara lebih cepat dan efisien. Proses perancangan ini dilakukan berdasarkan permintaan customer yaitu kapasitas produksi 15 [kg/jam]. Metode re-engineering dilakukan dengan memperkecil volume bowl menjadi 3[liter], mengurangi daya motor listrik, memperkecil torsi pemotongan dan dimensi keseluruhan mesin dari mesin yang sudah ada dengan tetap mempertimbangkan kekuatan material. Prinsip kerja mesin ini menggunakan 6 buah mata pisau pencincang dan bowl yang berputar. Hasil yang diperoleh dari perancangan ini adalah daya motor sebesar 0,25 [HP]. Kecepatan putar mata pisau cincang sebesar 725 [rpm] sedangkan putaran bowl sebesar 60 [rpm] setelah direduksi dengan mekanisme rasio roda gigi yang dirangkai dalam gearbox. Pisau pencincang dan bowl terbuat dari plat stainless steel 304 (food grade). Rangka mesin menggunakan besi hollow dan sambungan rangka dilas. Mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso ini ditargetkan mampu menghasilkan adonan bakso untuk 1000 [butir/jam] yang dapat dipasarkan dengan harga yang terjangkau bagi penjual bakso skala kecil.

Kata Kunci : Bakso, Kapasitas, Daya, Re-engineering

Abstract

Meatball dough production process consists of chopping meat and stirring meatball dough by cutter bowl machine. The capacity of the existing cutter bowl machine is too big for small-scale meatballs entrepreneurs that is 80 [kg/hour]. It causes the price of the machine is not affordable for small-scale meatballs entrepreneurs. This problem can be solved by re-engineering the existing cutter bowl machine so that it has the capacity and the price that appropriate with the customer's request. The main purpose of this re-engineering process is to help small-scale meatballs entrepreneurs to make meatball dough more quickly and efficiently. This re-engineering process is based on customer request that is production capacity is 15 [kg/hour]. The re-engineering method is performed by reducing the bowl volume up to 3 [liters], reducing the power of electric motor, reducing the cutting torque and the overall dimensions from the existing machine and still considering the strength of material. This machine consist of 6 pieces of cutter blades and a rotating bowl. The result of this re-engineering process is the power of motor is 0.25 [HP]. The rotating speed of the blades is 725 [rpm] and the bowl's is 60 [rpm], it is reduced by the gear ratio mechanism that assembled in the gearbox. Cutter blade and bowl made of stainless steel plate 304 (food grade). The frame made of a rectangular hollow pipe and it's welded. This cutter bowl machine targeted to be able to produce meatball dough for 1000 [pcs/hour] that can be marketed with affordable price for small-scale meatballs sellers.

Keywords : Meatball, Capacity, Power, Re-engineering



1. LATAR BELAKANG

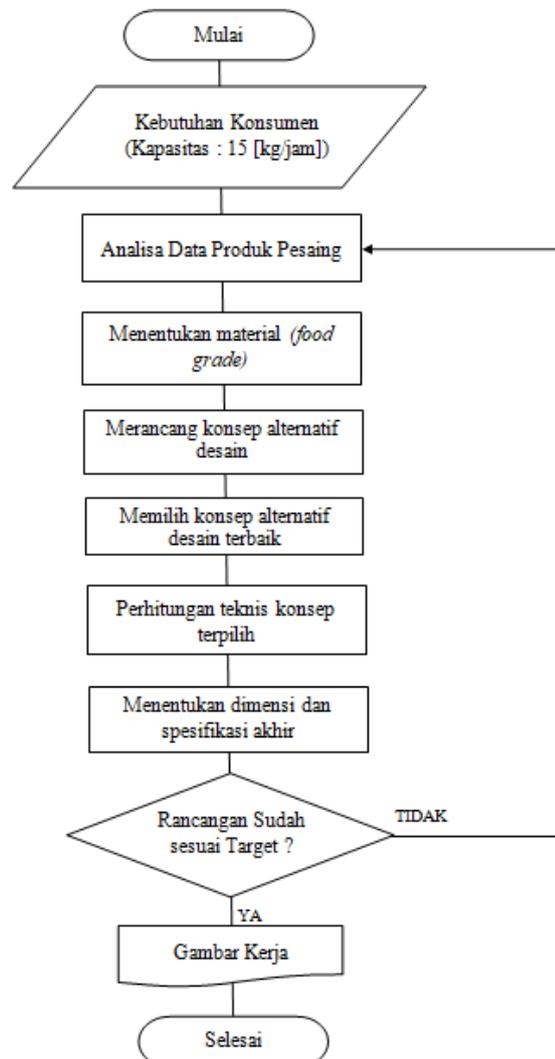
Bakso merupakan makanan hasil olahan daging (sapi/ikan/ayam) yang telah menjadi salah satu makanan favorit orang Indonesia. Hal ini berdampak pada peningkatan jumlah pengusaha bakso skala kecil. Pembuatan adonan bakso dapat dibantu dengan mesin cincang dan pengaduk adonan bakso. Permasalahan yang dialami penjual bakso skala kecil salah satunya adalah kapasitas mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso yang ada terlalu besar bagi pengusaha bakso skala kecil yaitu 80 [kg/jam] sementara kebutuhan pengusaha bakso skala kecil hanya 15 [kg/jam]. Hal ini juga berdampak pada harga jual yang terlalu tinggi bagi pengusaha bakso skala kecil yaitu berkisar Rp8.000.000,00 hingga Rp12.000.000,00. Hal ini menyebabkan permintaan mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso dengan kapasitas kecil (15[kg/jam]) meningkat.

Permasalahan pada mesin cincang daging dan pengaduk adonan daging bakso yang ada saat ini dapat diselesaikan dengan melakukan proses *re-engineering* terhadap mesin cincang daging yang sudah ada. Proses *re-engineering* mesin dilakukan untuk dapat menghasilkan rancangan mesin cincang daging dan pengaduk adonan bakso dengan kapasitas sesuai dengan permintaan *customer* yaitu 15 [kg/jam] sehingga harga jualnya lebih murah dibandingkan mesin yang sudah ada dengan tetap menggunakan material *food grade*.

2. TUJUAN

Mampu melakukan *re-engineering* terhadap mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso yang sudah ada sehingga memiliki kapasitas yang sesuai dengan permintaan *customer* yaitu 15 [kg/jam] dengan material *food grade*.

3. METODOLOGI PENELITIAN



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kajian Produk Pesaing yang Sudah Ada di Pasar

4.1.1. Bowl Cutter FOMAC MMX-TQ5A



Gambar.1 Bowl Cutter FOMAC MMX – TQ5A

4.1.1.1. Spesifikasi :

- a. Dimensi : 530 x 420 x 540 [mm]
- b. Listik : 370 [watt]
- c. Voltage : 220 [v] /50 [Hz] /1p
- d. Kapasitas Produksi : 80 [kg/jam]
- e. Volume : 5 [liter]
- f. Weight : 75 [kg]
- g. Material : Besi

4.1.1.2. Kelebihan :

- a. Dimensi mesin yang *compact* hanya 530 x 420 x 540 [mm].

4.1.1.3. Kekurangan :

- a. Kapasitas 80 [kg/jam] tergolong terlalu besar bagi pengusaha bakso skala kecil yang hanya membutuhkan 15 [kg/jam].
- b. Tingkat portabilitas rendah karena bobot mesin mencapai 75 [kg].

4.1.2. Bowl Meat Cutter MMX-TQ5S



Gambar.2 Bowl Meat Cutter MMX-TQ5S

4.1.2.1. Spesifikasi :

- a. Dimensi : 530 x 420 x 540 [mm]
- b. Listik : 370 [watt]
- c. Voltage : 220 [v] /50 [Hz] /1p
- d. Kapasitas Produksi : 80 [kg/jam]

- e. Volume : 5 [liter]
- f. Weight : 75 [kg]
- g. Material : Stainless Steel

4.1.2.2. Kelebihan :

- a. Dimensi mesin yang *compact* hanya 530 x 420 x 540 [mm].
- b. Material yang digunakan adalah *stainless steel*.

4.1.2.3. Kekurangan :

- a. Kapasitas 80 [kg/jam] tergolong terlalu besar bagi pengusaha bakso skala kecil yang hanya membutuhkan 15 [kg/jam].
- b. Bobot mesin terlalu tinggi mencapai 75 [kg].

4.1.3. Meat Bowl Cutter MS-TQ8



Gambar.3 Meat Bowl Cutter MS-TQ8

4.1.3.1. Spesifikasi :

- a. Dimensi : 460 x 230 x 370 [mm]
- b. Listik : 260 [watt]
- c. Voltage : 220 [v] /50 [Hz]/ 1p
- d. Kapasitas Produksi : 80 [kg/jam]
- e. Volume : 8 [liter]
- f. Weight : 14 [kg]
- g. Material : Besi

4.1.3.2. Kelebihan :

- a. Dimensi mesin lebih kecil daripada kedua mesin *cutter bowl* pembeding yang lain yaitu hanya 460 x 230 x 370 [mm].
- b. Daya listrik yang digunakan hanya 260 [watt].
- c. Bobot mesin tergolong ringan hanya 14 [kg].

4.1.3.3. Kekurangan :

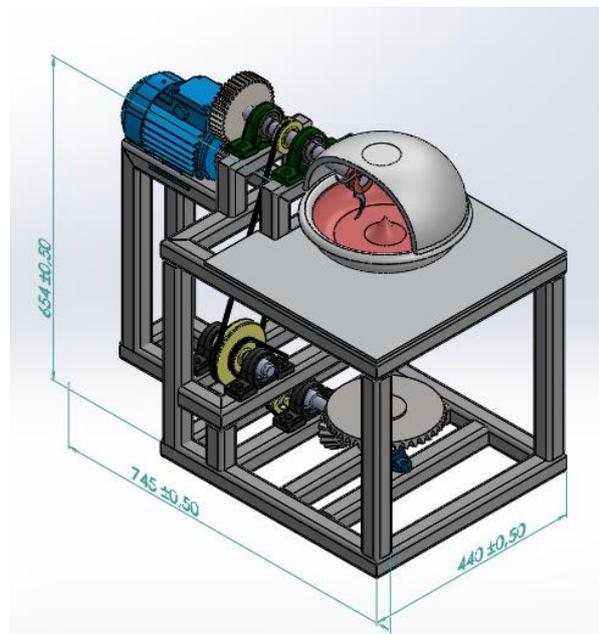
- a. Kapasitas 80 [kg/jam] tergolong terlalu besar bagi pengusaha bakso skala kecil yang hanya membutuhkan 15 [kg/jam].

4.2. Adonan Daging Bakso

Bahan yang diperlukan dalam membuat bakso terdiri atas bahan utama (daging), bahan pendukung (bahan pengisi, *Sodium Tripoliphosphate* (STPP), air es/ es batu), serta bumbu/penyedap (garam, merica). Umumnya bakso dibuat menggunakan daging ternak untuk mendapatkan produk yang kenyal dan kompak. Daging yang digunakan dapat berupa daging sapi, kerbau, kambing, domba, unggas (ayam, itik), dan kelinci. Dalam membuat bakso, disarankan menggunakan daging yang masih segar (*pregior*) agar bakso yang dihasilkan kenyal dan kompak, meskipun tanpa penambahan bahan pengenyal. Nilai kekerasan daging dapat ditunjukkan dengan tegangan geser daging yaitu 2,8 [kg/cm²] (*Sumber: Kokom Komariah, 1990, Persiapan dan pengolahan bahan pangan nabati dan hewani*).

4.3. Konsep Rancangan Mesin Cincang dan Pengaduk Adonan Daging Bakso

Mesin Cincang dan Pengaduk Adonan Daging Bakso dirancang dengan proses *re-engineering* untuk menyempurnakan mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso yang sudah ada. Kapasitas mesin disesuaikan dengan kebutuhan target pasar yaitu pengusaha bakso skala kecil. Mesin ini ditargetkan dapat dijual dengan harga murah (<Rp2.500.000,00) dengan material *food grade*.



Gambar.4 Konsep Rancangan Mesin Cincang dan Pengaduk Adonan Daging Bakso

4.3.1. Prinsip Kerja

Mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso terdiri dari *bowl* sebagai wadah daging yang akan dicincang dan pisau pencincang (*cutter blade*). *Cutter* terdiri dari 6 bilah mata pisau yang mampu berputar hingga 725 [rpm]. Mesin ini hanya menggunakan sebuah motor listrik berdaya 0,25 [HP] untuk menggerakkan pisau pencincang dan juga *bowl*. *Bowl* dirancang dapat berputar hingga 60 [rpm] dengan mereduksi kecepatan putar dari motor listrik yang sama menggunakan rasio roda gigi. Putaran *blade* dan *bowl* dapat menghaluskan daging sekaligus mengaduk adonan untuk membuat bakso. Kapasitas yang ditargetkan adalah 15 [kg/jam] atau mampu menghasilkan adonan daging untuk membuat bakso hingga 1000 [butir/jam].

4.3.2. Spesifikasi Target

- Mampu memproduksi adonan daging bakso hingga 15 [kg/jam].
- Volume maksimum *bowl* adalah 3 [liter].
- Motor listrik yang digunakan 0,25 [HP].
- Material yang digunakan adalah *stainless steel* 304 (8% Ni, 18% Cr).
- Kecepatan putar *cutter blade* (pisau pencincang) mencapai 725 [rpm].

- f. Kecepatan putar *bowl* mencapai 60 [rpm].
- g. *Cutter blade* terdiri dari 6 bilah mata pisau.

4.4. Analisa Perhitungan Teknis

Proses pencincangan dan pengadukan adonan daging bakso membutuhkan beberapa perhitungan teknis terkait elemen mesin yang digunakan dalam mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso ini. Mesin ini direncanakan menggunakan penggerak utama sebuah motor listrik. Perencanaan bagian utama dari mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso meliputi :

Tegangan tekan daging sapi ditentukan dengan persamaan :

$$\sigma_t = 2 \cdot \tau_g \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Dimana :

σ_t = Tegangan tekan daging sapi [kg/mm²]

τ_g = Tegangan geser daging sapi [kg/mm²]

Gaya untuk memotong daging dihitung dengan rumus :

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad \text{[Persamaan.2]}$$
$$F = \sigma_t \cdot A$$

Dimana :

σ_t = Tegangan tekan (daging) [kg/mm²]

F = Gaya (untuk memotong daging) [kg]

A = Luas penampang [mm²]

Gaya pemotongan *Cutter Blade* dinyatakan dalam persamaan :

$$F_s = F \times n_{\text{efektif}} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

Dimana :

F_s = Gaya pemotongan *cutter blade* [kg]

F = Gaya (pemotongan daging) [kg]

n_{efektif} = jumlah bilah mata pisau yang bekerja mencincang

Torsi dapat dihitung dengan rumus :

$$T = F \times r \quad \text{[Persamaan.4]}$$

Dimana :

T = Torsi [kgmm]

F = Gaya [kg]

r = jari-jari [mm]

Daya motor listrik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$P = \frac{2 \times \pi \times n \times T}{60} \quad \text{[Persamaan.5]}$$

Dimana :

P = Daya [watt]

n = kecepatan putar [rpm]

T = Torsi [Nm]

Perbandingan (Rasio) Roda Gigi

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{[Persamaan.6]}$$

Dimana :

- D_2 = Diameter roda gigi yang digerakkan [m]
- D_1 = Diameter roda gigi penggerak [m]
- n_1 = kecepatan putar roda gigi penggerak [rpm]
- n_2 = kecepatan putar roda gigi yang digerakkan [rpm]

Gaya Tangensial Roda Gigi dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$F_{\text{tang}} = \frac{T}{r_m} \quad \text{[Persamaan.7]}$$

Dimana :

- F_{tang} = Gaya tangensial roda gigi [kg]
- T = Torsi roda gigi [kgmm]
- r_m = jari-jari roda gigi penggerak [mm]

Gaya Radial Roda Gigi dihitung menggunakan rumus :

$$F_{\text{rad}} = F_{\text{tang}} \times \tan \alpha \quad \text{[Persamaan.8]}$$

Dimana :

- F_{rad} = Gaya radial roda gigi [kg]
- F_{tang} = Gaya tangensial roda gigi [kg]
- α = sudut tekan roda gigi [°]

Diameter Poros dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$d = \sqrt{\frac{16 M_{p_{eq}}}{\tau_{max} \cdot \pi}} \quad \text{[Persamaan.9]}$$

Dimana :

- d = Diameter poros [mm]
- $M_{p_{eq}}$ = Momen puntir ekuivalen [kgmm]
- τ_{max} = Tegangan geser maksimum [kg/mm²]

4.5. Perhitungan Teknis

a. Menghitung Kapasitas Mesin

- Diketahui :
- KC = Kapasitas *Customer*
= 1000 [butir/jam]
- KSF = Kapasitas *Safety Factor*
= 20%
- DBT = Diameter Bakso Target
= 25 [mm], (sebelum *boiling*)
- DBS = Diameter Bakso Setelah *Boiling*
= 30 [mm]
- BBS = Berat 1 Butir Bakso
= 12.5 [g/bakso]

Ditanya : Kapasitas Desain Mesin?

Jawab :

Mencari volume desain bakso sebelum *boiling*

VDB = Volume Desain Bakso (Sebelum *Boiling*)

$$= \frac{4}{3} \times \pi \times \frac{DBT^3}{2}$$

$$= \frac{4}{3} \times \pi \times \frac{25^3}{2}$$

$$= 8,181 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Maka,
KDM

$$= \text{Kapasitas Desain Mesin}$$

$$= \frac{KC \times (1+KSF)}{60}$$

$$= \frac{1000 \times 120\%}{60}$$

$$= 20 \text{ [butir/menit]}$$

KDM_(liter)

$$= \text{KDM} \times \text{VDB}$$

$$= 20 \text{ [butir/menit]} \times 0,008181 \text{ [mm}^3\text{/butir]}$$

$$= 0,16 \text{ [liter/menit]}$$

$$= 9,8175 \text{ [liter/jam]}$$

b. Menghitung Volume Minimum Bowl

Diketahui :

CTCM = *Cycle Time* proses *Crusher-Mixing*
= 6 [menit]

CTSF = *Cycle Time Safety Factor*
= 50%

BWE = *Bowl/ Wadah Efisiensi*
= 50%

Ditanya : $V_{bowl} = ?$

Jawab :

Menghitung *cycle time* proses *crusher-mixing design*

CTCMD = *Cycle Time* proses *Crusher-Mixing Design*
= CTCM x (1+CTSF)
= 6 [menit] x 150 %
= 9 [menit]

Menentukan jumlah proses *crusher-mixing* dalam 1 jam

JPCM = Jumlah Proses *Crusher – Mixing*

$$= \frac{60 \text{ [menit / jam]}}{CTMD}$$

$$= \frac{60 \text{ [menit / jam]}}{9 \text{ [menit / proses]}}$$

$$= 7 \text{ [proses/jam]}$$

Maka,

$$V_{bowl} = \frac{KDM_{(liter)}}{JPCM \times 50\%}$$

$$= \frac{9,8175 \text{ [liter / jam]}}{7 \text{ [proses / jam]} \times 50\%}$$

$$= 2,95 \text{ [liter/proses]}$$

Jadi, dapat ditentukan volume minimum *bowl* adalah 3 [liter].

c. Menentukan Besar Daya Motor

Untuk menghitung daya motor penggerak yang digunakan perlu mempertimbangkan tegangan geser daging yaitu 0,028 [kg/mm²] dan *load factor* (v) yaitu 2. Tegangan tekan daging adalah 2 kali tegangan geser daging yaitu 0,056 [kg/mm²]. Pencincangan daging dilakukan dengan

menggunakan *cutter blade* dengan 6 bilah mata pisau yang panjangnya 49 [mm] dengan mata pisau yang efektif mencincang sebanyak 3 [buah]. Berdasarkan panjang mata pisau dapat diketahui diameter *blade circle* yaitu 98 [mm]. Kecepatan putar poros penggerak *cutter blade* ditetapkan sebesar 725 [rpm]. Sehingga daya motor penggerak dapat dihitung sebagai berikut :

Mencari luas penampang mata pisau

$$\begin{aligned} A &= p_{\text{pisau}} \times t_{\text{pisau}} \\ &= 49 \text{ [mm]} \times 0,1 \text{ [mm]} \\ &= 4,9 \text{ [mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

Sehingga gaya potong 1 bilah mata pisau

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{F}{A} \\ F &= \sigma_t \cdot A \\ &= 0,056 \text{ [kg/mm}^2\text{]} \cdot 4,9 \text{ [mm}^2\text{]} \\ &= 0,2744 \text{ [kg]} \\ &= 2,6919 \text{ [N]} \end{aligned}$$

Mencari gaya potong *cutter blade*

$$\begin{aligned} F_s &= F \times n_{\text{efektif}} \times v \\ &= 0,2744 \text{ [kg]} \times 3 \text{ [buah]} \times 2 \\ &= 1,6464 \text{ [kg]} \\ &= 16,1512 \text{ [N]} \end{aligned}$$

Menghitung besar torsi *cutter blade*

$$\begin{aligned} T_p &= F_s \times r_{\text{blade circle}} \\ &= 16,1512 \text{ [N]} \times \frac{0,098 \text{ [m]}}{2} \\ &= 0,7914 \text{ [Nm]} \end{aligned}$$

Maka daya motor,

$$\begin{aligned} P &= \frac{2 \times \pi \times N_p \times T_p}{60} \\ &= \frac{2 \times \pi \times 725 \text{ [rpm]} \times 0,7914 \text{ [Nm]}}{60} \\ &= 60,0845 \text{ [watt]} \\ &= 0,08166 \text{ [HP]} \end{aligned}$$

Jadi, dapat direncanakan menggunakan motor penggerak dengan daya 0,25 [HP].

4.6. Hasil Perhitungan Teknis

Perancangan dan *re-engineering* mesin cincang dan pengaduk adonan bakso ini telah menghasilkan rancangan mesin yang mampu mencincang dan mengaduk adonan daging bakso dengan kapasitas 15 [kg/jam] atau dapat menghasilkan adonan daging untuk membuat bakso hingga 1000 [butir/jam]. Perhitungan teknis bagian utama dari mesin ini meliputi : gaya pemotongan, torsi yang terjadi pada mesin, daya motor listrik yang dibutuhkan, perbandingan roda gigi yang digunakan, gaya tangensial dan radial yang terjadi pada roda gigi, dan diameter poros dengan mempertimbangkan momen puntir ekuivalen.

Mesin ini menggunakan *cutter blade* dengan 6 bilah mata pisau pencincang. Gaya pemotongan setiap bilah mata pisau diperoleh dari persamaan.2 yaitu 2,6919 [N] sehingga dari persamaan.3 dapat diketahui gaya pemotongan *cutter blade* sebesar 16,1512 [N] dengan asumsi jumlah mata pisau yang efektif mencincang adonan daging sebanyak 3 buah. Gaya pemotongan dapat digunakan untuk menentukan torsi pisau pencincang berdasarkan persamaan.4 dengan diameter *cutter blade* 0,098 [m] diperoleh torsi sebesar 0,7914 [Nm].

Daya motor listrik dihitung berdasarkan persamaan.5 dan dapat dipilih motor berdaya 0,25 [HP] dengan kecepatan putar poros penggerak *cutter blade* 725 [rpm]. Motor 0,25 [HP] dapat digunakan karena pada mesin ini hanya membutuhkan daya 0,08166 [HP] untuk mampu mencincang dan mengaduk adonan daging bakso.

Mesin ini menggunakan sebuah motor listrik sebagai penggerak utama. Motor listrik ini dirancang dapat menstransmisikan daya untuk menggerakkan poros *cutter blade* hingga 725 [rpm] dan juga memutar *bowl* dengan kecepatan 60 [rpm]. Kecepatan putar motor penggerak direduksi untuk menggerakkan poros *cutter blade* menggunakan transmisi roda gigi dengan rasio roda gigi lurus 1 : 2. Kecepatan putar *bowl* diperoleh dengan cara mereduksi kecepatan putar motor penggerak dengan rasio 1 : 2 ; 1 : 2 ; 1 : 2 ; dan roda gigi *bevel* 1 : 3 sesuai persamaan.6.

Roda gigi yang digunakan dalam mesin ini terdiri dari roda gigi lurus (*spur gear*) dan juga roda gigi payung (*bevel gear*). Roda gigi digunakan untuk menyalurkan putaran motor listrik untuk menggerakkan *cutter blade* dan juga *bowl*. Perhitungan gaya tangensial dan gaya radial yang terjadi dalam transmisi roda gigi dapat diperoleh menggunakan persamaan.7 dan persamaan.8. Diameter poros *cutter blades* dapat ditentukan dengan persamaan.9 yaitu 12 [mm] dan poros *bevel gear* 18[mm] serta poros *bowl* sebesar 16 [mm].

5. KESIMPULAN

- a. Mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso dapat dirancang menggunakan proses *re-engineering* untuk menyesuaikan kapasitas mesin dengan permintaan *customer* yaitu 15 [kg/jam].
- b. Rancangan mesin cincang dan pengaduk adonan daging bakso aman digunakan karena menggunakan material *stainless steel* 304 dengan standar *food grade*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sularso; Suga, K., Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Cetakan ke 11, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2008.
- [2] Khurmi, R.S.; Gupta, J.K., A Text Book of Machine Design, Eurasia Publishing House, Ram Nagar, New Delhi, 1988.
- [3] Pramono, Agus Edy, Elemen Mesin I, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 2016.
- [4] Pramono, Agus Edy, Elemen Mesin II, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 2016.
- [5] Nieman, G., Elemen Mesin, Erlangga, Jakarta, 2006.
- [6] Ulrich, Karl T.; Eppinger, Steven D., Product Design and Development 2nd Edition, The McGraw-Hill Companies, 2000.
- [7] Hutahaean, Ramses Yohanes, Mekanika Kekuatan Material, Graha Ilmu, Jakarta, 2014.

REKAYASA MATERIAL

PENGARUH PARAMETER ARUS DISCHARGE DAN SERVO SENSITIVITY PADA KEKASARAN PERMUKAAN PROSES SINKER EDM MATERIAL DIES SKD 11

Fauziyah Giska Andriani¹, Ade Sumpena², Muslimin²

¹Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: fauziyah.giska@gmail.com

²Dosen Pembimbing Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Electrical Discharge Machine (EDM) adalah proses pemesinan non-konvensional yang menggunakan energi thermal elektrik berupa loncatan bunga api listrik bertemperatur tinggi sebagai media pemotongan. Proses EDM ini banyak digunakan sebagai pemesinan awal pada pembentukan dies pada material yang sangat kuat dan keras seperti tool steel dan advance material dan bentuk yang rumit. Kualitas permukaan yang dihasilkan proses EDM sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter yang digunakan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan selama 10 tahun terakhir, parameter EDM yang banyak diteliti yaitu tegangan, arus, pulse on time, pulse off time, dan perbedaan macam-macam elektroda dan cairan dielektrik. Berdasarkan penelitian, parameter arus adalah parameter yang paling berpengaruh terhadap kualitas permukaan material. Namun selain parameter arus tersebut, terdapat parameter-parameter lain yang belum diteliti sebelumnya seperti servo sensitivity dan kombinasi parameter lainnya. Penelitian ini difokuskan pada kombinasi beberapa parameter proses EDM seperti arus discharge dan servo sensitivity terhadap kualitas permukaan material yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh parameter arus discharge dan servo sensitivity terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan proses sinker EDM. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan variabel bebas yaitu arus discharge (12 A, 15 A, dan 30 A) dan servo sensitivity (1/min, 4/min, dan 9/min). Parameter tetap yang digunakan adalah material SKD 11 dengan kekuatan tarik 231 MPa, elektroda tembaga, pulse on time 60 μ s, pulse off time 8 μ s, tegangan 70 V, cairan dielektrik CPC Kerosene, jenis mesin EDM Sinker SKM EDM Politeknik Negeri Jakarta (PNJ). Pengujian yang dilakukan yaitu uji kekasaran dan perhitungan Material Removal Rate (MRR). Hasil dari uji kekasaran didapatkan kekasaran tertinggi 6,318 μ m dan terendah 3,450 μ m. Nilai MRR tertinggi 0,00388 gram/min dan terendah 0,00177 gram/min. Parameter arus discharge berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dan perhitungan MRR, sedangkan servo sensitivity tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dan perhitungan MRR.

Kata kunci: EDM, arus discharge, servo sensitivity.

Abstract

Electrical Discharge Machine (EDM) is a non-conventional machining process which is used electric thermal energy that creates high-temperature electric spark as the cutting media. This EDM process is widely used for the cutting process of dies material that are tough and hard as a tool steel or advanced material with complex shape. Surface quality of EDM process are effected by the used parameters. In the past 10 years, there are some experiments that research about effects of voltage, current, pulse on time, pulse off time, electrode type, and dielectric fluid in EDM process. Based on the past researches, the most influence parameter of the quality of the material surface is the current process. However, there are other parameters that have not been researched yet such as servo sensitivity and other combination parameters. This article is focused on the combination of EDM process parameter such as current discharge and servo sensitivity toward the result of the surface material quality. This research aims to study the effects of current discharge and servo sensitivity on the hardness and roughness of the material surface. Independent variables that are used in this research are current discharge (12 A, 15 A, and 30 A) and servo sensitivity (1/min, 4/min, and 9/min) while the control variable are the material SKD 11 with tensile strength 231 MPa, copper electrode, pulse on time 60 μ s, pulse off time 8 μ s, voltage 70 V, CPC Kerosene as the dielectric fluid, and the EDM machine is Sinker EDM type in State Polytechnic of Jakarta. This research uses some testing, such as roughness testing and Material Removal Rate (MRR) analysis. The results of the research are the highest roughness 6,318 μ m and least 3,45 μ m. Highest MRR is 0,00388 gram/min and the least 0,00177 gram/min. The current discharge parameter effect the surface roughness and MRR while the servo sensitivity does not effect the roughness surface and MRR.

Keyword : EDM, current discharge, servo sensitivity

I. PENDAHULUAN

Teknologi *dies* banyak digunakan untuk produksi secara massal komponen *die cast*, cetak plastik (*molding*), *sheet metal*, *forming* dan tempa [1]. Spesifikasi material *dies* yaitu memiliki kekuatan, kekerasan, ketahanan aus dan kestabilan termal yang tinggi. Tuntutan *dies* yaitu mampu memproduksi produk dengan bentuk geometris yang kompleks dengan kualitas permukaan yang baik, dan mampu-machine pada material yang sangat keras dan sangat sulit untuk dilakukan oleh proses pemesinan konvensional [2]. Berdasarkan kebutuhan tersebut, *Electrical Discharge Machining* (EDM) adalah proses pemesinan yang paling banyak digunakan untuk proses produksi *dies*.

Electrical Discharge Machining (EDM) adalah salah satu pemesinan non konvensional yang menjadi pemesinan awal untuk pembuatan *dies* pada material yang sangat kuat dan keras seperti *tool steel* dan *advance material* [3]. Proses EDM dilakukan oleh sejumlah loncatan bunga api listrik yang terjadi pada celah elektroda (alat potong) sebagai anoda dan benda kerja sebagai katoda. Loncatan bunga api listrik tersebut terjadi secara tidak kontinu namun periodik terhadap waktu yang terjadi diantara elektroda dan benda kerja yang terendam dalam fluida dielektrik pada tegangan listrik yang tinggi dan menyebabkan pemusatan aliran elektron yang bergerak dengan kecepatan tinggi dan menumbuk permukaan benda kerja. Akibat dari itu permukaan benda kerja mengalami kenaikan temperatur sekitar 8000 °C – 12.000 °C dengan maksimal 20.000 °C dan akan menyebabkan pelelehan lokal pada bagian penumbukkan [4].

Kualitas permukaan *dies* yang baik dapat dihasilkan melalui beberapa parameter yang digunakan pada EDM. Para peneliti terdahulu sudah melakukan penelitian mengenai parameter-parameter yang berpengaruh pada hasil dari proses EDM. Pada penelitian Harpreet Singhet et al. pernah meneliti mengenai kekasaran permukaan dan keausan elektroda dengan parameter arus *discharge* [3]. Saeed Daneshmandet et al. meneliti tegangan, arus *discharge*, *pulse on time*, dan *pulse off time* untuk membandingkan *Material Removal Rate* (MRR), keausan elektroda, dan kekasaran permukaan [5]. Teepu Sultanet et al. meneliti arus *discharge*, *pulse off time* dan *pulse on time* untuk membandingkan *Material Removal Rate* (MRR), keausan elektroda, kekasaran permukaan dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan metode ANOVA [6]. Dari beberapa penelitian didapatkan kesimpulan bahwa parameter arus *discharge* yang berpengaruh terhadap hasil dari proses EDM [3], [5], [6].

Namun, selain parameter arus yang paling berpengaruh, ada parameter yang belum dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya yaitu servo *sensitivity*. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut mengenai parameter servo *sensitivity* dan arus *discharge* perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh parameter arus *discharge* dan servo *sensitivity* terhadap kekasaran permukaan proses sinker *Electrical Discharge Machining* (EDM) pada material *dies* SKD 11. Variasi arus *discharge* dan servo *sensitivity* proses pemesinan EDM terhadap kekasaran permukaan dan *Material Removal Rate* (MRR) material *dies* SKD 11. Tujuan praktikal penelitian ini adalah mengetahui performansi mesin sinker EDM yang dikembangkan pada Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

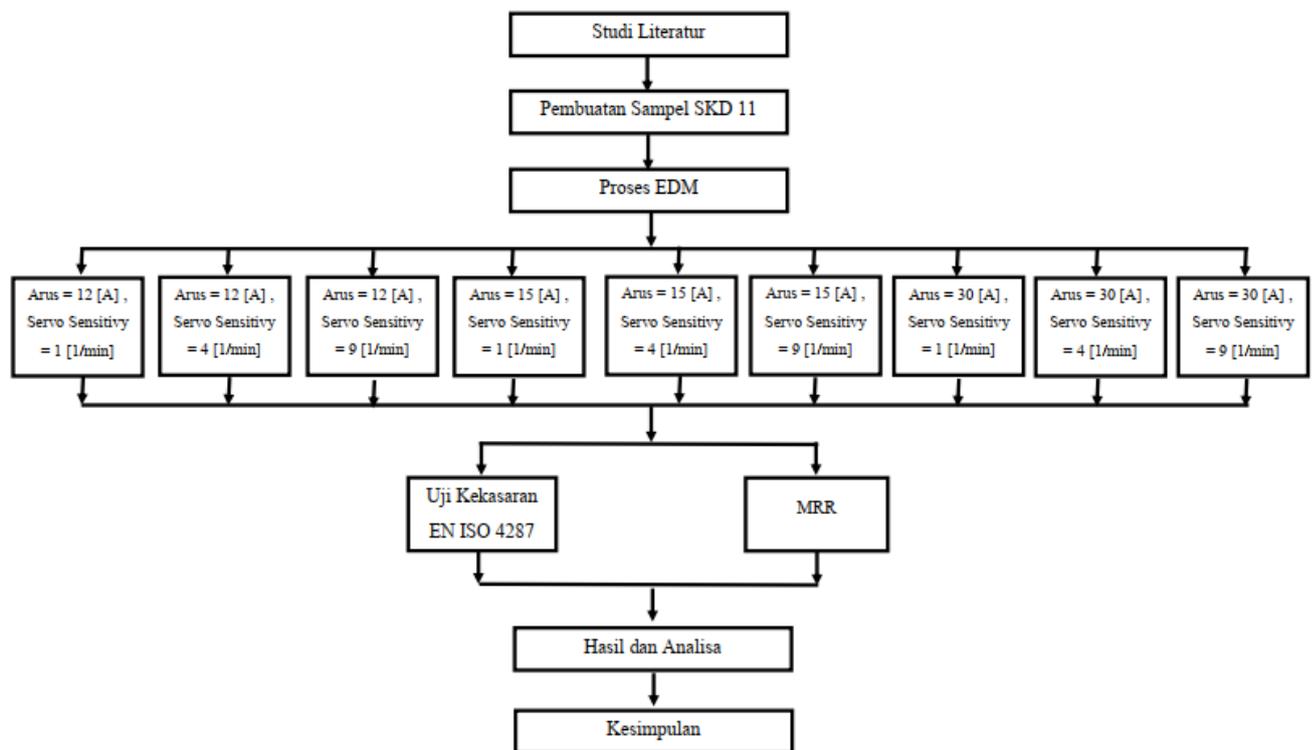
II. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

- a. Persiapan sampel dari bahan SKD 11 sebanyak 3 buah yang diratakan permukaannya untuk mempermudah pengerjaan ketika eksekusi proses sinker EDM. Proses meratakan permukaan menggunakan mesin gerinda yang terdapat pada Bengkel Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
- b. Ketiga material SKD 11 ditimbang dengan menggunakan timbangan pada Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta dengan ketelitian 0,01 gram
- c. Proses EDM dilakukan pada Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta terhadap 3 material SKD 11 dengan masing-masing material terdapat 3 buah sampel. Maka dari itu, didapatkan 9 sampel SKD 11
- d. Parameter tetap yang digunakan pada penelitian ini adalah:
 - Material SKD 11
 - Elektroda tembaga
 - *Pulse on time* : 60 μ s
 - *Pulse off time* : 8 μ s

- Tegangan : 70 V
 - Cairan dielektrik : CPC Kerosene
 - Jenis Mesin : Sinker SKM EDM
- e. Variabel bebas yang digunakan ada 2 dengan parameter-parameter uji yaitu sebagai berikut:
- Arus *discharge* : 12 A, 15 A, dan 30 A
 - Servo *sensitivity* : 1/min, 4/min, 9/min
- f. Sembilan sampel dilakukan uji kekasaran dengan standar EN ISO 4287 yang dilakukan di Laboratorium Metrologi Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) BATAN, Serpong
- g. Sembilan sampel dilakukan perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) yang dilakukan di Laboratorium Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Diagram alir penelitian yang dilakukan ditunjukkan seperti pada Gambar 1 berikut:



Gambar. 1 Metodologi Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

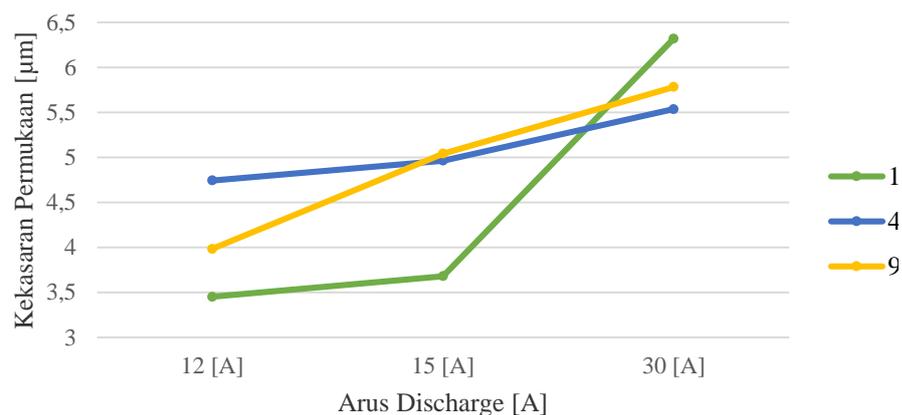
1. Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan hasil proses EDM dilakukan test pada Laboratorium Metrologi Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN, Serpong. Alat uji yang digunakan untuk melakukan pengujian kekasaran adalah Taylor Hobson Sutronic 25. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sampel pada tempat yang rata, kemudian ujung *dial indicator* diatur agar dalam posisi yang stabil dan masukkan panjang dari sampel yang akan diuji kekasarannya. Kemudian, nilai kekasaran permukaan didapatkan. Pengujian dilakukan sebanyak 9 sampel dengan varian arus *discharge* 12 A; 15 A; dan 30 A dan variasi servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min yang dilakukan pengambilan data 5x pada setiap sampel. Hasil dari pengujian kekasaran permukaan tertera pada Tabel. 1:

Tabel. 1 Hasil uji kekasaran permukaan hasil proses EDM

Sampel	Arus Discharge [A]	Servo Sensitivity [1/min]	Pengujian Kekasaran [μm]					Rata-rata Kekasaran [μm]
			I	II	III	IV	V	
1	12	1	3,48	3,42	3,43	3,43	3,49	3,450
2	15	1	3,69	3,67	3,64	3,66	3,73	3,678
3	30	1	6,31	6,31	6,31	6,33	6,34	6,318
4	12	4	4,71	4,75	4,76	4,74	4,76	4,742
5	15	4	5,00	4,95	4,95	4,90	5,00	4,962
6	30	4	5,54	5,53	5,53	5,54	5,54	5,536
7	12	9	3,95	3,98	3,95	4,02	4,01	3,982
8	15	9	5,01	5,03	5,10	5,02	5,03	5,040
9	30	9	5,74	5,80	5,62	5,91	5,84	5,782

Hubungan Kekasaran Permukaan terhadap Arus Discharge



Gambar. 2 Grafik Kekasaran Permukaan terhadap Arus Discharge

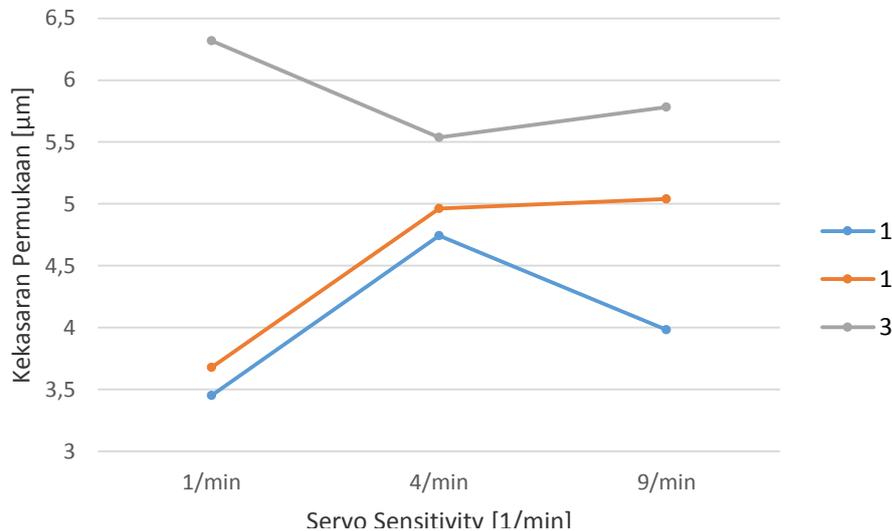
Gambar. 2 menunjukkan hasil dari kekasaran permukaan dengan variabel bebas arus discharge yaitu 12 A; 15 A; dan 30 A. Dari grafik diatas terlihat bahwa garis mengalami peningkatan.

- Pada saat servo *sensitivity* 1/min, kekasaran permukaan yang didapat pada arus discharge 12 A; 15 A; dan 30 A adalah 3,450 μm ; 3,678 μm ; dan 6,318 μm dengan persentase peningkatan sebesar 6,61% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 71,78% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A
- Pada saat servo *sensitivity* 4/min, kekasaran permukaan yang didapat pada arus discharge 12 A; 15 A; dan 30 A adalah 4,742 μm ; 4,962 μm ; dan 5,536 μm dengan persentase peningkatan sebesar 4,64 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 11,57% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A
- Pada saat servo *sensitivity* 9/min, kekasaran permukaan yang didapat pada arus discharge 12 A; 15 A; dan 30 A adalah 3,982 μm ; 5,040 μm ; dan 5,782 μm dengan persentase peningkatan sebesar 26,57% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 14,72% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A.

Berdasarkan hasil kekasaran yang didapat, maka semakin tinggi arus discharge yang digunakan, semakin tinggi pula hasil kekasaran permukaan yang didapatkan. Hal ini dikarenakan, pada saat proses discharge berlangsung dengan menggunakan arus yang tinggi, maka tumbukkan yang terjadi antara pahat

dan benda kerja menghasilkan percikan yang besar dan menyebabkan permukaan benda kerja menjadi kasar. Namun pada arus yang rendah, tumbukkan yang terjadi antara pahat dan benda kerja menghasilkan percikan yang kecil dan menyebabkan permukaan benda kerja menjadi halus. Oleh karena itu, peningkatan variabel arus *discharge* mempengaruhi hasil kekasaran permukaan.

Hubungan Kekasaran Permukaan terhadap Servo Sensitivity



Gambar. 3 Grafik Kekasaran Permukaan terhadap Servo Sensitivity

Gambar. 3 menunjukkan hasil dari kekasaran permukaan dengan variabel bebas servo *sensitivity* yaitu 1/min; 4/min; dan 9/min. Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa garis tidak stabil karena ada yang mengalami peningkatan dan penurunan.

- Pada saat arus *discharge* 12 A, kekasaran permukaan yang didapat pada saat servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min adalah 3,450 μm ; 4,742 μm ; dan 3,982 μm dengan persentase peningkatan sebesar 37,45% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase penurunan sebesar 16,03% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min
- Pada saat arus *discharge* 15 A, kekasaran permukaan yang didapat pada saat servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min adalah 3,678 μm ; 4,962 μm ; dan 5,040 μm dengan persentase peningkatan sebesar 34,91% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 1,57% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min
- Pada saat arus *discharge* 30 A, kekasaran permukaan yang didapat pada saat servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min adalah 6,318 μm ; 5,536 μm ; dan 5,782 μm dengan persentase penurunan sebesar 12,38% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 4,44% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min.

Berdasarkan hasil pengujian kekasaran, kekasaran permukaan mengalami peningkatan kemudian penurunan pada saat arus 12 A, kekasaran permukaan meningkat pada saat arus 15 A, kekasaran permukaan mengalami penurunan kemudian peningkatan pada saat arus 30 A. Kekasaran permukaan yang didapat dengan kenaikan servo *sensitivity* tidak mengalami perubahan yang tetap. Hal ini dikarenakan, servo *sensitivity* berperan sebagai eksekutor yang menggerakkan pahat menuju benda kerja dan sebaliknya. Namun, besar kecilnya servo *sensitivity* tidak mempengaruhi proses kerja EDM, karena pada penelitian ini pahat yang digunakan sama yaitu pahat tembaga, sehingga tidak mempengaruhi operasi yang lainnya. Oleh karena itu, peningkatan variabel servo *sensitivity* tidak mempengaruhi hasil kekasaran permukaan.

2. Perhitungan Material Removal Rate (MRR)

Pengujian dilakukan sebanyak 9 sampel dengan varian arus *discharge* 12 A; 15 A; 30 A dan variasi servo *sensitivity* 1/min; 4/min/ 9/min yang dilakukan pengambilan data dengan melakukan penimbangan material pada Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Alat yang digunakan adalah timbangan

dengan ketelitian 0,01 gram. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan sampel sebelum dilakukan proses EDM dan sesudah dilakukan proses EDM diatas timbangan, kemudian diperoleh data berupa berat dari sampel. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *Material Removal Rate* (MRR) dengan persamaan:

$$MRR = (m_0 - m_1)/s \text{ [gram/menit]} \quad \text{[Persamaan 1]}$$

dimana:

m_0 : berat material sebelum dilakukan proses EDM [gram]

m_1 : berat material sesudah dilakukan proses EDM [gram]

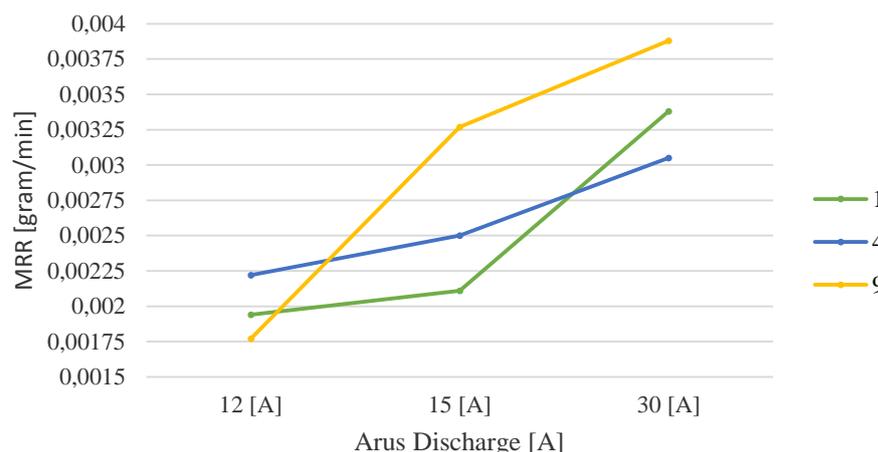
s : waktu pemesinan [menit]

Berikut adalah hasil dari perhitungan *Material Removal Rate* dengan Persamaan 1 yang ditunjukkan pada Tabel. 2:

Tabel. 2 Hasil Perhitungan *Material Removal Rate* (MRR)

Sampel	Arus Discharge [A]	Servo Sensitivity [1/min]	m_0 [gram]	m_1 [gram]	s [menit]	MRR [gram/min]
1	12	1	210,85	210,50	180	0,00194
2	15	1	210,50	210,15	180	0,00211
3	30	1	210,15	209,54	180	0,00338
4	12	4	266,24	265,84	180	0,00222
5	15	4	265,84	265,39	180	0,00250
6	30	4	265,39	264,84	180	0,00305
7	12	9	230,19	229,87	180	0,00177
8	15	9	229,87	229,28	180	0,00327
9	30	9	229,28	228,58	180	0,00388

Hubungan *Material Removal Rate* (MRR) terhadap Arus Discharge



Gambar. 4 Grafik *Material Removal Rate* terhadap Arus Discharge

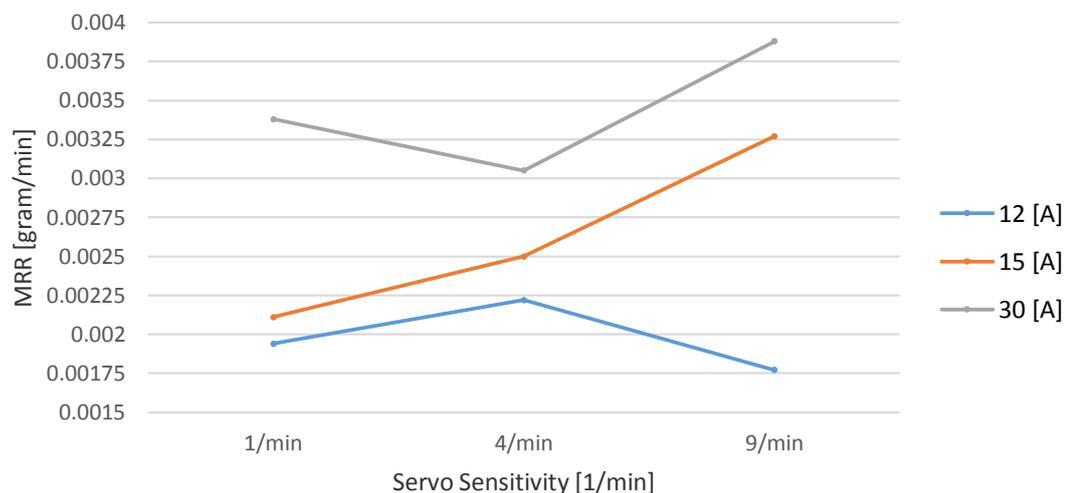
Gambar. 4 menunjukkan hasil dari *Material Removal Rate* (MRR) dengan variabel bebas arus discharge yaitu 12 A; 15 A; dan 30 A. Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa garis mengalami peningkatan seperti hasil kekasaran permukaan.

- Pada saat servo sensitivity 1/min, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada arus discharge 12 A; 15 A; dan 30 A adalah 0,00194 gram/min; 0,00211 gram/min; dan 0,00338 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 8,76% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 60,19% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A

- Pada saat servo *sensitivity* 4/min, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada arus *discharge* 12 A; 15 A; dan 30 A adalah 0,00222 gram/min; 0,00250 gram/min; dan 0,00305 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 12,61 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 22% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A
- Pada saat servo *sensitivity* 9/min, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada arus *discharge* 12 A; 15 A; dan 30 A adalah 0,00177 gram/min; 0,00327 gram/min; dan 0,00388 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 84,75% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 18,65% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A.

Berdasarkan hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat, maka semakin tinggi arus *discharge* yang digunakan, semakin tinggi pula hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) yang didapatkan. Hal ini dikarenakan, pada saat proses *discharge* berlangsung dengan menggunakan arus yang tinggi, maka tumbukkan yang terjadi antara pahat dan benda kerja menghasilkan percikan yang besar dan menyebabkan proses pemakanan benda kerja semakin banyak. Namun pada arus yang rendah, tumbukkan yang terjadi antara pahat dan benda kerja menghasilkan percikan yang kecil dan menyebabkan proses pemakanan benda kerja sedikit. Maka dari itu, peningkatan variabel arus *discharge* mempengaruhi hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR).

Hubungan *Material Removal Rate* (MRR) terhadap Servo *Sensitivity*



Gambar. 5 Grafik *Material Removal Rate* terhadap Servo *Sensitivity*

Gambar. 5 menunjukkan hasil dari *Material Removal Rate* (MRR) dengan variabel bebas servo *sensitivity* yaitu 1/min; 4/min; dan 9/min. Dari grafik diatas terlihat bahwa garis tidak stabil karena ada yang mengalami peningkatan dan penurunan seperti hasil kekasaran permukaan.

- Pada saat arus *discharge* 12 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada saat servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min adalah 0,00194 gram/min; 0,00222 gram/min; dan 0,00177 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 14,43% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase penurunan sebesar 20,27% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min
- Pada saat arus *discharge* 15 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada saat servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min adalah 0,00211 gram/min; 0,0025 gram/min; dan 0,00327 gram/min dengan persentase peningkatan sebesar 18,48% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 30,80% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min
- Pada saat arus *discharge* 30 A, *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat pada saat servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min adalah 0,00338 gram/min; 0,00305 gram/min; dan 0,00388 gram/min dengan persentase penurunan sebesar 9,76% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 27,21% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min.

Berdasarkan hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat, MRR mengalami peningkatan kemudian penurunan pada saat arus 12 A, MRR meningkat pada saat arus 15 A, MRR mengalami penurunan kemudian peningkatan pada saat arus 30 A. Perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) yang didapat dengan kenaikan servo *sensitivity* tidak mengalami perubahan yang tetap. Hal ini dikarenakan, servo *sensitivity* berperan sebagai eksekutor yang menggerakkan pahat menuju benda kerja dan sebaliknya. Namun, besar kecilnya servo *sensitivity* tidak mempengaruhi proses kerja EDM, karena pada penelitian ini pahat yang digunakan sama yaitu pahat tembaga, sehingga tidak mempengaruhi operasi yang lainnya. Maka dari itu, peningkatan variabel servo *sensitivity* tidak mempengaruhi hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR).

IV. KESIMPULAN

- a. Hasil kekasaran permukaan dengan variabel bebas arus *discharge* 12 A; 15 A; dan 30 A, yaitu:
 - Pada saat servo *sensitivity* 1/min, hasil kekasaran permukaan mengalami kenaikan dengan persentase peningkatan sebesar 6,61% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 71,78% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A
 - Pada saat servo *sensitivity* 4/min, hasil kekasaran permukaan mengalami kenaikan dengan persentase peningkatan sebesar 4,64 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 11,57% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A
 - Pada saat servo *sensitivity* 9/min, hasil kekasaran permukaan mengalami kenaikan dengan persentase peningkatan sebesar 26,57% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 14,72% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A.
- b. Hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) dengan variabel bebas arus *discharge* 12 A; 15 A; dan 30 A, yaitu:
 - Pada saat servo *sensitivity* 1/min, hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) mengalami kenaikan dengan persentase peningkatan sebesar 8,76% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 60,19% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A
 - Pada saat servo *sensitivity* 4/min, hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) mengalami kenaikan dengan persentase peningkatan sebesar 12,61 % pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 22% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A
 - Pada saat servo *sensitivity* 9/min, hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) mengalami kenaikan dengan persentase peningkatan sebesar 84,75% pada kenaikan arus dari 12 A menjadi 15 A, dan persentase peningkatan sebesar 18,65% pada kenaikan arus dari 15 A menjadi 30 A.
- c. Peningkatan arus *discharge* yang digunakan berpengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan dan perhitungan *Material Removal Rate* (MRR)
- d. Hasil kekasaran permukaan dengan variabel bebas servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min, yaitu:
 - Pada saat arus *discharge* 12 A, kekasaran permukaan mengalami peningkatan kemudian penurunan dengan persentase peningkatan sebesar 37,45% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase penurunan sebesar 16,03% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min
 - Pada saat arus *discharge* 15 A, kekasaran permukaan mengalami peningkatan dengan persentase peningkatan sebesar 34,91% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 1,57% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min
 - Pada saat arus *discharge* 30 A, kekasaran permukaan mengalami penurunan kemudian peningkatan dengan persentase penurunan sebesar 12,38% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 4,44% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min.
- e. Hasil perhitungan *Material Removal Rate* (MRR) dengan variabel bebas servo *sensitivity* 1/min; 4/min; dan 9/min, yaitu:
 - Pada saat arus *discharge* 12 A, *Material Removal Rate* (MRR) mengalami peningkatan kemudian penurunan dengan persentase peningkatan sebesar 14,43% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase penurunan sebesar 20,27% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min

- Pada saat arus *discharge* 15 A, *Material Removal Rate* (MRR) mengalami peningkatan dengan persentase peningkatan sebesar 18,48% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 30,80% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min
 - Pada saat arus *discharge* 30 A, *Material Removal Rate* (MRR) mengalami penurunan kemudian peningkatan dengan persentase penurunan sebesar 9,76% pada kenaikan servo *sensitivity* 1/min menjadi 4/min dan persentase peningkatan sebesar 27,21% pada kenaikan servo *sensitivity* 4/min menjadi 9/min.
- f. Peningkatan servo *sensitivity* yang digunakan tidak berpengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan dan perhitungan *Material Removal Rate* (MRR).

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Jhavar, C. P. Paul, and N. K. Jain, "Causes of Failure and Repairing Options for Dies and Molds: A Review," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 34, September, pp. 519–535, 2013.
- [2] R. Purohit, R. S. Rana, R. K. Dwivedi, D. Banoriya, and S. K. Singh, "Optimization of Electric Discharge Machining of M2 Tool Steel using Grey Relational Analysis," *Mater. Today Proc.*, vol. 2, no. 4–5, pp. 3378–3387, 2015.
- [3] H. Singh and A. Singh, "Examination of Surface Roughness Using Different Machining Parameter in EDM," *Int. J. Mod. Eng. Res.*, vol. 2, no. 6, pp. 4478–4479, 2012.
- [4] G. Mandaloi, S. Singh, P. Kumar, and K. Pal, "Effect on Crystalline Structure of AISI M2 Steel using Tungsten-Thorium Electrode through MRR, EWR, and Surface Finish," *Measurement*, vol. 90, pp. 74–84, 2016.
- [5] S. Daneshmand and E. Kahrizi, "Influence of Machining Parameters on Electro Discharge Machining of NiTi Shape Memory Alloys," *Int. J. Electrochem*, vol. 8, pp. 3095–3104, 2013.
- [6] T. Sultan, A. Kumar, and R. D. Gupta, "Material Removal Rate, Electrode Wear Rate, and Surface Roughness Evaluation in Die Sinking EDM with Hollow Tool through Response Surface Methodology," *Int. J. Manuf. Eng.*, vol. 2014, pp. 1–16, 2014.

MODIFIKASI PLAT PROTEKSI MATERIAL PADA KB8B-BC5

Suhendra; Azwardi; Wawan Heryawan

1. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen
2. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
3. Supervisor/Enginer Production Finish Mill and Dispatch Group B, PT. Holcim Indonesia Tbk.

Suhendra.holcim@gmail.com
azwardiir@gmail.com

Abstrak

Belt conveyor adalah alat yang banyak digunakan di dunia industri sebagai alat transportasi material. Selain modelnya yang simple, perawatannya pun mudah. Kapasitas angkutnya yang tinggi juga menjadi salah satu alasan belt conveyor banyak digunakan di dunia industri "Korea heavy industries and constructions co., ltd". Dalam operasinya sendiri, belt conveyor tidak selamanya berjalan mulus. Terkadang terjadi beberapa masalah seperti adanya tumpukan material yang menyebabkan stucknya material dan perlu dilakukan suatu modifikasi.

Dalam pembahasan makalah seminar nasional ini penulis beserta tim mencoba menyelesaikan satu masalah dengan membuat modifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan memodifikasi plat proteksi material dibawah inlet chut K8B BC5. Hal ini dilakukan karena sisa jatuhnya materialnya tidak jatuh ketengah belt conveyor. Selain menyebabkan impact roller cepat haus, juga menimbulkan beberapa efek lainnya.

Setelah plat proteksi material di modifikasi masalah dapat diatasi. Impact roller jadi lebih tahan lama. dan tidak ada lagi material yang tertumpuk di plat protek material.

Kata Kunci : *Modifikasi, Impact roller, tumpahan material.*

Abstract

Belt conveyor is a tool widely used in the industrial world as a means of material transportation. Besides the simple model, the maintenance is easy. Its high transport capacity also becomes one of the reasons belt conveyor is widely used in the industrial world "Korea heavy industries and constructions co., Ltd". In its own operation, belt conveyor does not always run smoothly. Sometimes there are some problems such as the stack of material that causes the stuck material and needs to be modified. In the discussion of this national seminar paper the authors and the team tried to solve one problem by making modifications. Modifications made is to modify the material protection plate under the inlet chut K8B BC5. This is because the rest of the material fall does not fall into the middle of the conveyor belt. In addition to causing a fast thirsty impact roller, it also raises some other effects. After the material protection plate is modified, the problem can be solved. Impact rollers become more durable. And no more material stacked on material protective plate.

Keywords : *Modification, Impact roller, material spill.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Holcim Indonesia Tbk merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur semen. Untuk menghasilkan produk semen, proses produksi mengolah bahan baku (*raw material*) utama dan pendukung sehingga didapatkan hasil produk semen.

Plat proteksi adalah plat yang berfungsi untuk melindungi belt dari jatuhnya material, sehingga belt dapat terhindar dari jatuhnya material yang dapat menghambat proses produksi.

Tumpahan material yang terjadi di plat proteksi material merupakan suatu masalah yang sering terjadi di area *belt conveyor*. Hasil pengamatan setelah satu hari dibersihkan dan sudah terjadi tumpukan kembali seperti pada gambar dibawah ini.



gamabr 1 kondisi setelah 1 hari di bersihkan

Tumpahan material membuat lingkungan *belt conveyor* terlihat kumuh dan dapat mengganggu operasional *belt conveyor*.

Tumpahan material di sekitar *belt conveyor* sering mengganggu operasional *belt conveyor*. Gangguan dapat berupa roller stuck, material tumpah ke *belt conveyor* bawah. Karena jenis material *limestone*, yaitu batuan sedimen karbonat yang terbentuk dari sedimentasi hewan dan tumbuhan karang, dan *gypsum*, yaitu batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut, dapat mem roller dan membuat *belt conveyor* miring. Selain itu tumpahan material menyebabkan belt cepat aus akibat gesekan dari tumpahan material. Tumpahan material berasal dari transfer chute yang tidak terisolasi sempurna oleh rubber skirt. *Belt conveyor* K8B BC5 bagian bawah merupakan satu contoh kasus banyaknya tumpahan material. Tumpahan material yang berasal dari jatuhnya umpan yang keluar melewati rubber skirt.

Tindakan yang dilakukan untuk meminimalisir tumpahan material berupa penggunaan plat proteksi material. Namun hasil yang didapat belum maksimal. Tumpahan material masih sering terjadi akibat rubber skirt cepat aus. Akar masalah tersebut harus dicari agar tumpahan material tidak terjatuh ke *belt conveyor*. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa faktor. Ada beberapa faktor yang bisa menyebabkan banyaknya tumpahan material di plat protek material *belt conveyor*. Faktor tersebut diantaranya : *belt conveyor* miring, kebocoran feed chute, dan arah jatuhnya material. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu dilakukan tindakan tambahan. Maka dilakukanlah *Modifikasi plat protek material* pada *K8B BC5*.

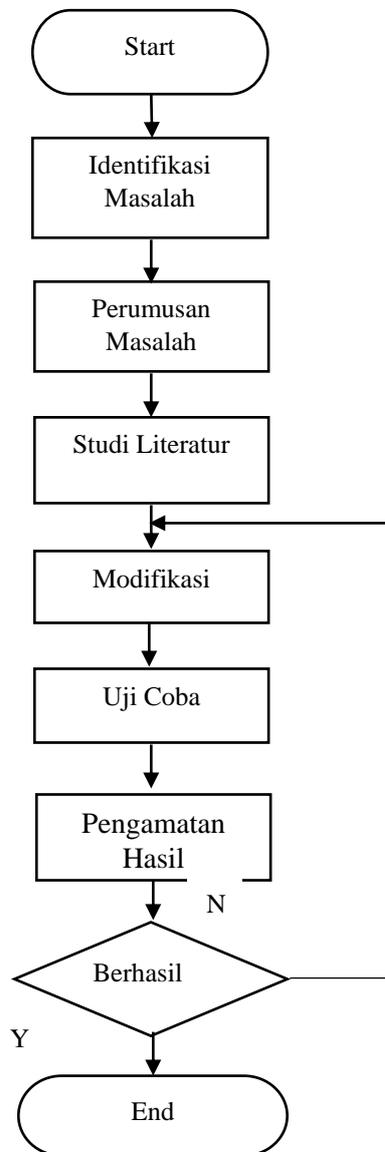
1.2 Perumusan Masalah

1. bagaimana caranya mengurangi penumpukan material yang dapat menyebabkan terjadinya tumpukan material pada plat proteksi material.

1.3 Tujuan

1. Mengurangi pekerjaan *cleanup*.
2. Menghilangkan tumpukan yang terjadi di plat proteksi material.
3. Mencegah *stucknya impact roller* akibat tumpukan material.

2. METODOLOGI
2.1 Diagram Alir



Gambar 1 Diagram alir

Tahapan tahapan untuk penulisan makalah seminar ini yaitu berdasarkan dari diagram alir (*flowchart*) diatas, yang meliputi: identifikasi masalah, perumusan masalah, studi literatur, modifikasi, uji coba, dan pengamatan hasil.

2.2 Identifikasi Masalah

Proses identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui latar awal masalah sehingga dibuat nya makalah ini. Melalui identifikasi masalah, penulis memilih masalah pada departemen Produksi Finish Mill Narogong 2 di PT. Holcim Indonesia Narogong *Plant*.

2.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah ditentukan setelah masalah teridentifikasi. Rincian masalah diperlukan untuk mengetahui pokok masalah. Tujuan makalah ini yaitu memodifikasi Plat Proteksi yang ada di Finish Mill Narogong 2. Dengan adanya modifikasi ini diharapkan produksi dapat meminimalisir adanya hambatan pada proses produksi.

2.4 Studi Literatur

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis melakukan pencarian pustaka untuk memenuhi terlaksananya seminar ini. Literatur maupun pustaka yang didapat untuk mengetahui dasar dasar modifikasi alat, dari pengetahuan tersebut penulis juga mencari literatur untuk metode yang digunakan pada perhitungan biaya modifikasi plat proteksi yang ada di Finish Mill Narogong 2. Sehingga kebutuhan akan pengetahuan yang menunjang penulisan laporan ini dapat terwujud.

2.5 Modifikasi

Melakukan modifikasi berdasarkan kebutuhan konsumen dan diskusi

serta didukung dengan studi literatur. Modifikasi yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi:

Modifikasi plat proteksi pada K8B BC5 mengacu pada durasi yang dibutuhkan transpot material untuk sampai ke Bin (penyimpanan material). Tujuan dari modifikasi ini adalah agar tidak ada lagi tumpukan material pada plat proteksi K8B BC5, dan dapat berjalan sesuai dengan lancar.

2.6 Uji Coba

Uji Coba dengan mentransferkan pengumpanan material Limestone dan Gypsum ke K8B BC5 dari K8B BC 3. Proses operasi pengumpanan Limestone dan Gypsum dapat ditinjau dari hasil laju aliran material.

2.7 Pengamatan Hasil

Melakukan pengamatan hasil terhadap alat makalah dengan mengambil data perbandingan waktu pembersihan berdasarkan perhitungan dengan sebelum modifikasi dan setelah modifikasi ini terhadap pembersihan manual menggunakan *man power*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kebutuhan Konsumen

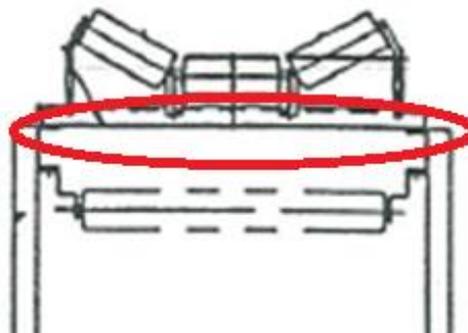
Perancangan pembuatan plat proteksi material K8B-BC5 dilatar belakangi oleh kondisi tumpukan material pada plat proteksi material K8B-BC5.



gamabr 2 kondisi penumpukan pada plat proteksi

Akibat adanya tumpahan material sehingga terjadilah tumpukan material pada plat proteksi tersebut, karena dampak dari tumpahan material yang mengakibatkan adanya tumpukan material yang berceceran bukan hanya pada plat proteksi saja melainkan sampai ke *platform*, dan bertujuan untuk dapat mengurangi biaya pekerjaan *clean up* pada area K8B-BC5. Oleh karena itu dibutuhkannya modifikasi pada plat proteksi material di K8B-BC5. Oleh karena itu proses perancangan modifikasi plat proteksi dapat disesuaikan dengan kriteria yang telah disusun berdasarkan kebutuhan konsumen.

3.2 Desain

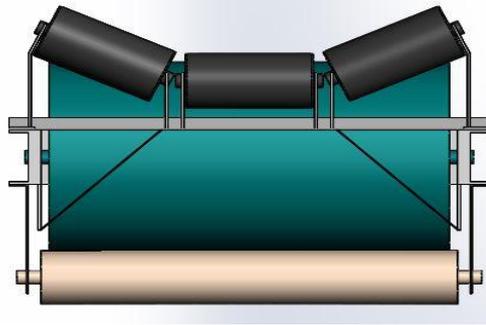


gamabr 3 desain awal

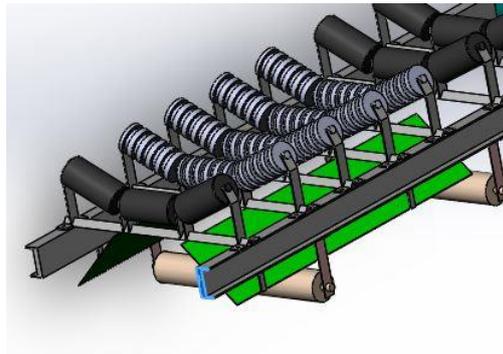
Setelah mengetahui kriteria konsep rancangan yang telah ditentukan, maka kita dapat menyusun konsep desain plat proteksi material, yaitu diantaranya :

1. Konsep Pertama

Pada konsep ini, plat proteksi material merupakan jenis plat yang setengah yang memiliki jumlah plat sebanyak 2 buah, dengan penempatan *plat joint* pada sisi belakang atau bawah plat proteksi material.



Gambar 1 Tampak depan desain 1

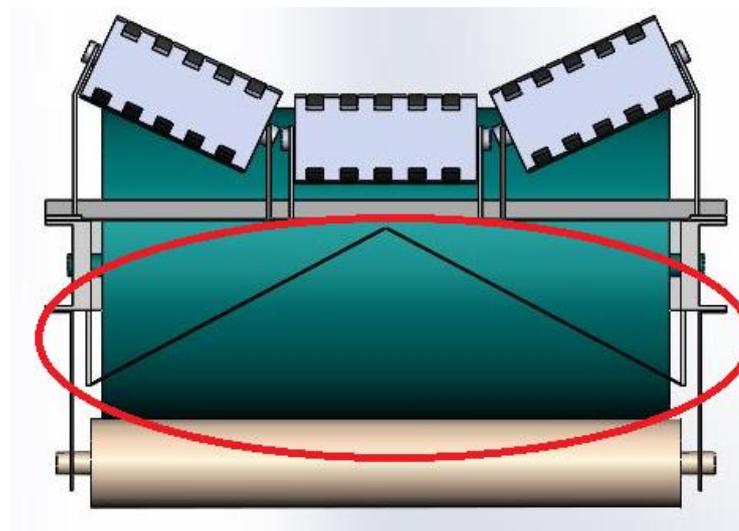


Gambar 4 tampak samping desain 1

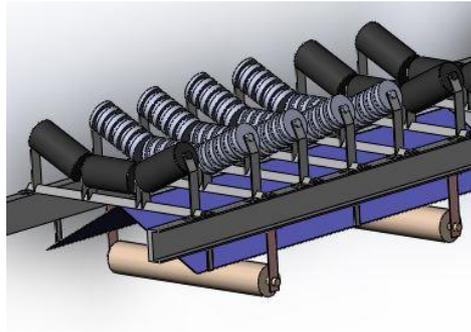
Bagian plat yang di modifikasi yaitu dengan mengganti plat dan mengubah plat dari posisi datar (vertikal) ke posisi miring sehingga ketika ada material yang jatuh ke plat akan langsung turun, sehingga tidak ada lagi tumpukan material di plat proteksi.

2. Konsep Kedua

Pada konsep ini, Plat proteksi material yang tunjukan oleh lingkaran merah merupakan jenis plat yang terhubung seperti atap rumah yang memiliki jumlah plat sebanyak 2 buah, dengan penempatan *plat joint* pada belakang atau bawah dan atas plat proteksi material.



Gambar 5 tampak depan desain 2



Gambar 6 tampak samping desain 2

3.2 Perhitungan

3.2.1 Gaya yang diterima

Gaya yang diterima

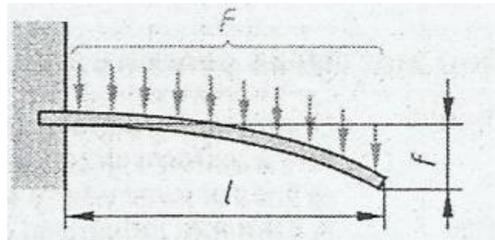
$$F = m \cdot g \cdot h \quad (2.1)$$

Keterangan:

- g = Gravitasi (m/s^2).
- m = massa (kg).
- h = Ketinggian *chute* (m).
- F = Gaya (N).

3.2.2 Plat Pengarah

Bending stress yang terjadi pada pengarah material adalah *Fix at one end* dengan beban merata.



Gambar 2.3. *Bending stress fix at one*[4].

$$Mb = \frac{F \cdot l}{2} \quad (2.2)$$

$$\sigma_{b \text{ all}} = \frac{Mb}{Wb} \quad (2.3)$$

$$Wb = \frac{l \cdot t^2}{6} \quad (2.4)$$

Keterangan:

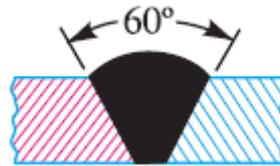
- Mb = *Bending Moment* (Ncm).
- F = *Bending Force* (N).
- l = Panjang Plat (cm).
- $\sigma_{b \text{ all}}$ = Tegangan bending yang diijinkan (N/mm^2).
- Wb = *Section modulus* (cm^3).
- t = Tebal plat (mm).

2.3.5 Sambungan Las

Sambungan antara pengarah material dengan *Chute* menggunakan sambungan las. Sambungan las yang digunakan adalah sambungan las listrik. Las listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan menggunakan nyala busur listrik. Busur listrik di arahkan ke bagian logam yang akan disambung. Bagian yang terkena busur dan elektroda akan mencair. Logam cair dari elektroda dan sebagian benda yang akan disambung tercampur. Campuran

logam cair tersebut mengisi celah antara kedua logam yang akan disambung. Kedua logam tersambung sempurna setelah lelehan logam cair membeku[5].

Beban yang di terima oleh sambungan las adalah *Shear Stress*. Terdapat dua jenis *Shear Stress* yaitu *Single Shear Stress* dan *Double Shear Stress*:



Gambar 2.4. Tipe-tipe *Shear Stress*[4].

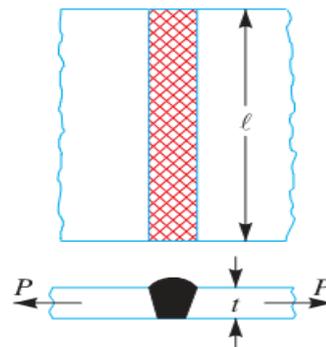
Tipe *Shear Stress* yang dialami oleh sambungan las antara pengarah material dan *Chute* adalah tipe *Single Shear Stress*.

$$\tau_s \text{ allow} = \frac{\tau_s B}{v} \quad (2.5)$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- $\tau_s \text{ allow}$ = *Shear Stress* yang diijinkan (N/mm²).
- $\tau_s B$ = *Shear strength* material (N/mm²).
- τ_s = *Shear Stress* (N/mm²).
- F = *Shear force* (N).
- S = *Cross section area* (mm²).



Gambar 2.5. *Single V-butt joint*.

Sambungan antara Pengarah material dengan *Chute* adalah *Single V-butt joint*. Dalam kasus *single V-butt joint* panjang lasan merupakan panjang plat ditambah dengan faktor *start-stop* (I_{ss}) sebesar 12.5 mm [12].

$$I_{act} = I_{eff} + I_{ss} \quad (2.7)$$

$$S = I_{act} \cdot t \quad (2.8)$$

Keterangan :

- I_{act} = Panjang lasan aktual (mm).
- I_{eff} = Panjang lasan efektif (mm).
- I_{ss} = Panjang lasan *start-stop* (mm).
- S = Luas penampang lasan (mm²).
- t = Tebal lasan (mm).

Dalam kasus *single V-butt joint* tebal lasan tidak sama dengan tebal plat tapi lebih kecil [12]. Berikut merupakan ukuran minimum lasan yang direkomendasikan.

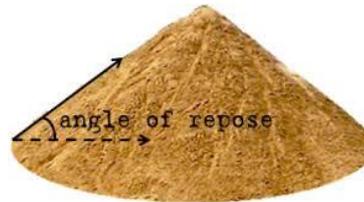
Tabel . 2.1. *Recomended size of welds*[12].

<i>Thickness of the plate (mm)</i>	3-5	6-8	10-16	18-24	26-55	Over 58
------------------------------------	-----	-----	-------	-------	-------	---------

Minimum size of weld (mm)	3	5	6	10	14	20
---------------------------------	---	---	---	----	----	----

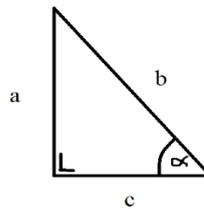
2.3.6 Sudut kemiringan

Angle of repose adalah sifat dasar dari material granulat yang bersifat non-kohefif, sudut kemiringan maksimum dimana material tersisa [Lowe, 1976]. Diatas sudut ini material akan mengalir dan dibawah sudut ini material akan tertinggal [Carrigy, 1970; Pohlman et al, 2006] [6].



Gambar 2.6. *Angle of repose*.

Material yang di angkut oleh K9B-BC5 adalah *limestone* dan *gypsum*. *Angle of repose limestone* 35° [8] dan *gypsum* adalah 36.67° [7]. Sudut kemiringan pengarah harus dibuat jauh lebih besar dari *angle of repose material* agar tidak terjadi penempelan material pada pengarah. Untuk menghitung kemiringan suatu sudut, kita dapat menggunakan rumus aturan sinus[12].



Gambar 2.7. Aturan Sinus.

$$\alpha = \cosh^{-1} \frac{c}{b} \quad (2.9)$$

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dengan adanya modifikasi ini tumpahan material dapat diatasi, sehingga frekuensi *cleanup* di area K8B BC5 jadi jarang dilakukan. Modifikasi dilakukan pada plat proteksi material K8B-BC5 konsep desain yang dipakai yaitu konsep desain yang kedua, dengan desain yang kedua tumpukan material (*limestone* dan *gypsum*) pada plat proteksi dapat berkurang, sehingga desain kedua lebih efektif dari desain pertama. Modifikasi dilakukan sebagai tindakan preventive untuk menjaga kelancaran proses produksi di Finish Mill Narogong 2

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Wawan Heryawan, Bapak Suprayitno dan Bapak Azwardi atas bimbingan selama pembuatan Tugas Akhir dan penulisan, serta kepada Bapak Kasimin dan Tim mekanik Finish Mill Narogong 2 yang telah memberikan support dalam pembuatan tugas akhir ini

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khurmi, R.S dan J.K Gupta. 2005. *A Text of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House Ltd.
- [2] Gurjar, Raghvendra singh. October 2012. *Failure Analysis Of Belt Conveyor System*. *International Journal of Engineering and Social Science*, Volume 2, Issue 10: 11-13
- [3] Fischer, Ulrich, Max Heinzler, Friedrich Naher, Heinz Paetzold, Roland Gomeringer, Roland Kilgus, Stefan Oesterle & Andreas Stephan. 2006. *Mechanical and Metal Trades Handbook 1st Edition. Germany. Page 46-47*
- [4] Design, Installation and Maintenance of Conveyor Skirting Arrangements at Transfer points. Gulf Conveyor System .
- [5] Kleinmans, M. G.; Markies, H.; de Vet, S. J.; in 't Veld, A. C.; Postema, F. N. (2011). "Static and dynamic angles of repose in loose granular materials under reduced gravity". *Journal of Geophysical Research* 116.

MACHINEABILITY OF HEMP FIBER COMPOSITE

Salem Aboajeila Salem¹, Heru Santoso²

¹Master Degree Students Graduate Program of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Jogjakarta

² Lecturer at Graduate Program of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Jogjakarta

Abstract

Natural fibers have high opportunity to be the composite reinforcer. It can minimize the use of synthetic fibers, which give negative impact to the environment. Natural fibers have a different character with most resins, such as hemp fiber. Natural fibers are hydrophilic and most resins are hydrophobic. Addition of coupling agent can be "bridge" that improve the resin - natural fiber surface interaction. This method can improve load transfer from resin to fibers, which can increase composite mechanical properties. Hybridization of fibers (natural and synthetic) is also considered to improve composite properties effectively.

The size of the sample used for test was 10 cm 5 cm 5 mm, The use of cast acrylic sheet and epoxy resin & epoxy hardener A & B 1: 1 with hemp fiber composite. Every 2 layers of hemp fiber were assembled using resin and placed on a cast acrylic sheet for reinforcement during milling. The sample was compressed by a hydraulic piston put to dry overnight. The milling process is started feed rate at 2 mm/min, spindle speed 1300rpm and depth of cut 0.80 mm on the first sample. The experiment was performed on 3 samples with the same spindle speed, cut depth and variation in feed rate. The test of Optical Microscope and Surface texture-measuring instrument (surfcom 120A) was done to determine the effect of the spindle speed, the feeding rate and the depth of the cut on the surface roughness.

The results showed that the longer the higher/lower the surface roughness. In addition, it depends on the spindle speed and feed rate. The wear is observed on the cutting edge. The surface is smoother at lower feed rate than at higher. Generally, the use of spindle speed and low feed rate favor the minimum on milling of hemp fiber composites. The Presence of the voids in the composite is an essential problem, which needs to be minimalized, because it can be a crack initiator, which generates a crack propagation, and weaken the composites.

Keywords: *hemp fiber composite , feed rate(F) , spindle speed(S) , surface roughness(Ra), Optical Microscope Surface texture-measuring instrument (surfcom 120A),*

INTRODUCTION

Over the last three decades, fiber reinforced composite materials have become the dominant emerging materials in engineering applications such as household appliances, sporting goods, automotive, marine, defense and aerospace industries due to their superior properties such as high performance to weight ratio, vibration damping etc. With technological advances and increasing demand in market, some nano-sized additives or fillers in composite materials have been used to improve mechanical properties of composite materials. These improvements have supplied to develop the new polymeric matrix materials. Many researchers have reported that the addition of small amounts of nanoparticles, such as nanometal oxides, carbon nanotubes, nanographeme and nanoclays, lead to a noticeable improvement in thermal, mechanical, morphological, electrical and optical properties of polymer composite materials without compromising on density, toughness and manufacturing process (Gupta et al., 2016).

Nowadays, natural fiber composites are used in a wide variety of industries application include building construction, furniture, automotive and packaging due to some advantages that they offer: They are non-abrasive to machines, renewable, biodegradable and an abundant source of fiber, are of low cost and have acceptable mechanical properties.

The fabrication of of synthetic fibers is not a closed loop process that means by-products cannot be processed back into the production cycle. During the production of synthetic fibers such as nylon or polyester, volatile monomers and solvents that contribute to water and air pollution are released into the atmosphere. It is imperative, therefore, that professionals in the textile industry begin to consider alternative resources for the raw material used for fiber. It is doubly crucial that while considering alternative resources; sustainable, renewable and less polluting natural fibers be considered for uses hitherto dominated by synthetic fibers (Claudio, et al., 2007).

Most previous studies have concentrated on synthetic or conventional composites. Thus, very little is known about the machinability of natural or sustainable composites. Therefore, a deep comprehensive experimental study on these hemp fiber composites, mainly on the material samples considered under the same milling parameters and condition, is urgently needed. In this paper, an analysis of the effects of milling parameters (feed rate and spindle speed) was presented.

LITERATURE REVIEW

Ismail, et al (2016) stated that the conventional homogeneous materials can no longer effectively satisfy the growing demands on product capabilities and performance, due to the advancement in products design and materials engineering. Therefore, the fiber reinforced composites (FRCs) with better properties and desirable applications emerged. These enhanced qualities of the FRCs have emphasized the need for analyzing their machinability for further improvement of performance. Hence, this paper presents a comprehensive investigation on the machinability effects of drilling parameters (feed rate, cutting speed and thrust force), drill diameters and chips formation mainly on delamination and surface roughness of hemp fibre reinforced polymer (19/HFRP) and carbon fibre reinforced polymer (MTM 44-1/CFRP) composite laminates, using high speed steel (HSS) drills under dry machining condition. The results obtained depict that an increase in feed rate and thrust force caused an increase in delamination and surface roughness of both samples, different from cutting speed. Also, increased drill diameter and types of chips formation caused an increase in both delamination and surface roughness of both samples, as the material removal rate (MRR) increased. Evidently, the minimum surface roughness and delamination factor of the two samples for an optimal drilling are associated with feed rates of 0.05–0.10 mm/rev and cutting speed of 30 m/min.

Surface roughness differs at various cutting speeds, but feed rate has a significant effect than the cutting speed. It was concluded that an increase in feed rate resulted to an increase in surface roughness of drilled holes, while an increased cutting speed caused a decrease in surface roughness of the drilled holes of the materials used. In addition, the drill diameter, MRR and types of chips formation during drilling process have significant effects on the quality and integrity of the drilled holes. Below the picture for example of effect milling on surface roughness and cut speed:

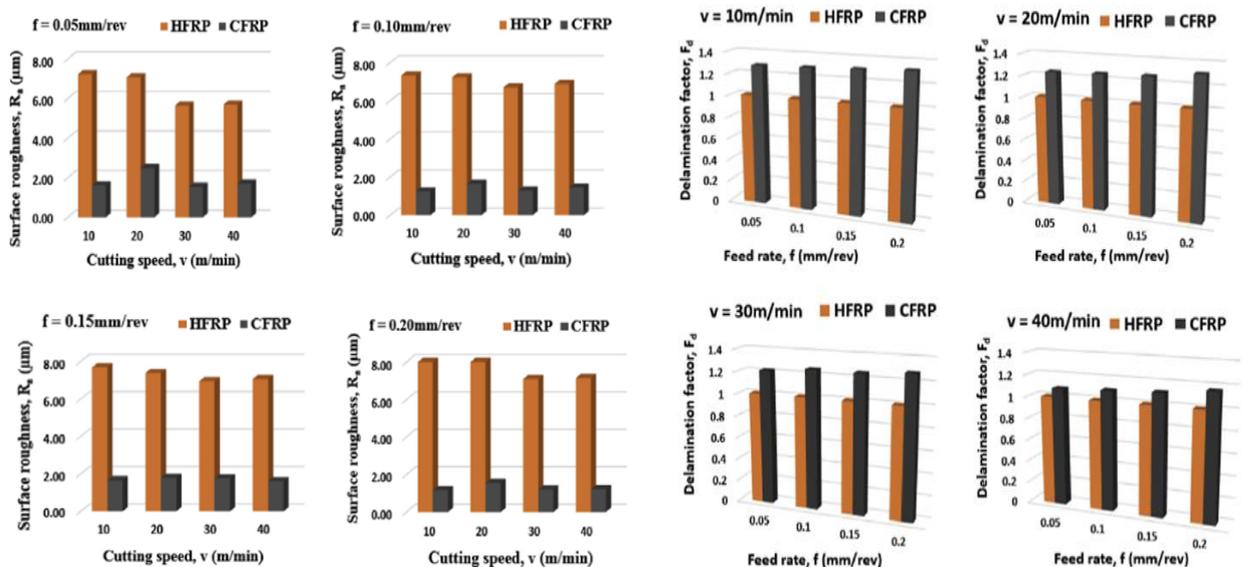


Figure 1 Effects of the cutting speed on the surface roughness (Ismail, et al, 2016)

Figure 2.2 Effects of the milling parameters on delamination (Ismail, et al, 2016)

RESEARCH METHODS

PREPARATION MATERIALS

In this research, the CNC machine with adjustable vertical milling is used for the type model of EMCO

Experiment

The table 1. Below shows the variations of milling method after selecting and processing the spindle speed, feed rate, lubrication off and depth of cutting:

Table 1. Variations of Milling Method

No	Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm\min)	lubrication	Depth of cut (mm)
1	1300	2	off	0.8
		4	off	0.8
		6	off	0.8

A milling operation was carried out on a vertical milling machine CNC type model of EMCO. The milling machine was set up and the sample was put in place. In order to measure the spindle speed, feed rate and cutting depth, the machine was run on a sample (1) at 1300 (rpm) spindle speed, feed rate 2(mm/min), cut depth 0.8(mm) and width 1(cm) along the sample. After the program was stopped, the specimen was taken and a new plate, spindle speed and new feed rate were installed. This experiment was conducted 3 times with 3 variations of cutting speeds, 3 variations of feed rates and lubrication off.

RESULTS AND DISCUSSION

Surface roughness test using surfcom 120A and The optical microscope

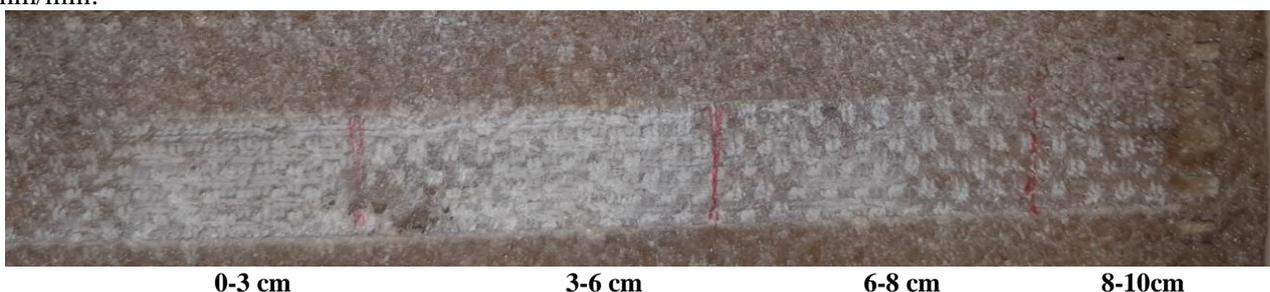
Firstly, Spindle speed 1300rpm and Feed rate 2 mm/min:

Already experimented with Effect Spindle speed 1300 rpm and Feed rate 2 mm/min the result is as in table 2:

Table 2. Spindle speed 1300rpm and Feed rate 2 mm/min

Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm\min)	Depth of cut (mm)	Cutting Distance (cm)	Surface roughness (μm)	Average surface roughness(μm)
1300	2	0.80	0-3	7.64	5.60
			3-6	4.70	
			6-8	5.09	
			8-10	4.99	

A table 2 shows that the surface roughness is not the same along as the cutting surface. The average value with a Spindle speed of 1300 rpm the feed rate of 2 mm/min, and the depth of cut 0.80 mm. The distances (cm) was divided 4 variety of distances from the start edge until the end of the specimens into, and the result can be seen in Figure 1. That shows the cutting surface of spindle speed 1300rpm and feed rate of 2 mm/min:



0-3 cm

3-6 cm

6-8 cm

8-10cm

Figure 1. Photograph of cutting surface using spindle speed of 1300rpm and feed rate of 2 mm/min. The distance is 0-3, 3-6, 6-8, and 8-10 cm from the left end off specimens

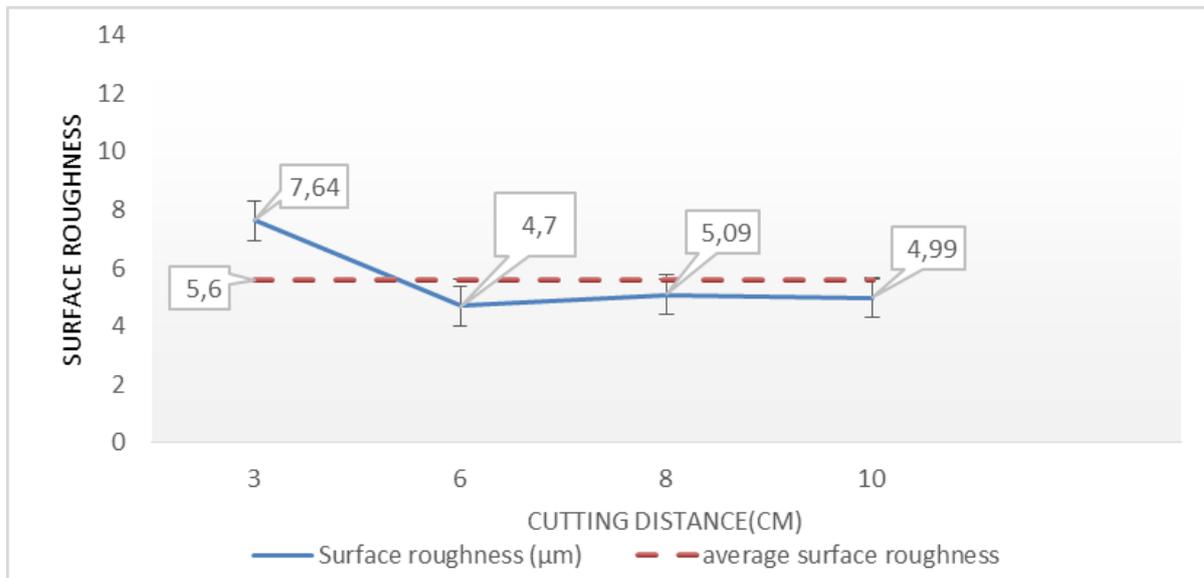


Figure 2. Effect of cutting distance on the surface finished in 1300 rpm and the feed rate 2 mm/min in the Surface roughness

Based on Figure 2, it can be seen that that in the initial condition we observe the high roughness of the surface at 0-3cm and then decrease at 3-6cm to rise slightly at 6_8 and drop again at 8-10cm. This indicates some flaws and cracks on the surface. the surface roughness reaches a rate of 5.60 (µm) at the feed rate 2mm/min

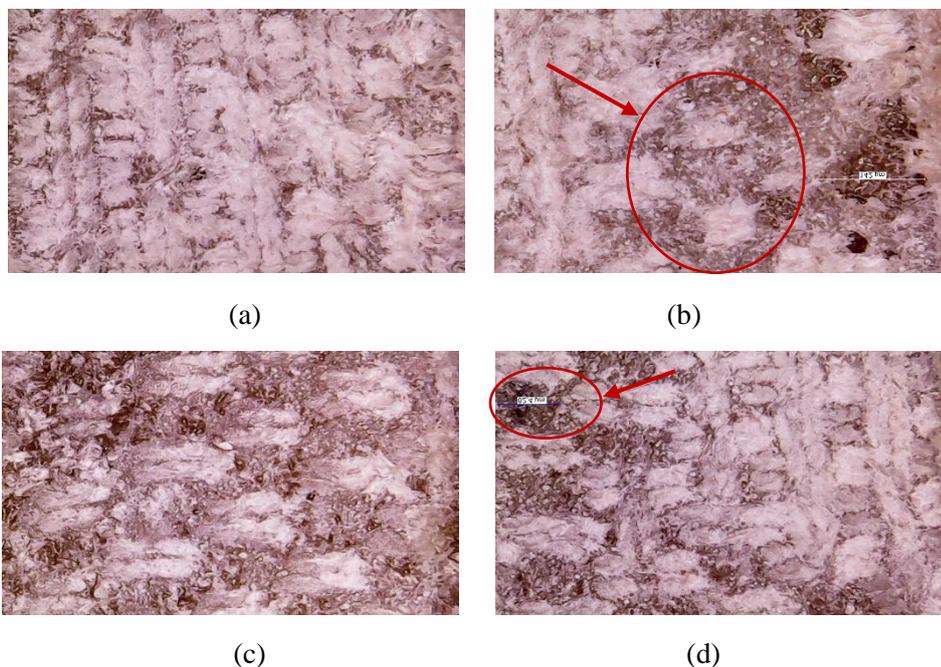


Figure 3. Spindle speed 1300rpm and feed rate 2 mm\min. (a) Initial condition, (b) of distance 3-6 cm, (c) of distance 6-8 cm, (d) of distance 8-10 cm

Based on Figure 3, it can be seen that in the initial condition, spindle speed 1300 rpm and feed rate of 2 mm/min, the sample is consistent and ramie fiber composite clarity and there are no defects but about

half the distance some defects and minor cracks(part b) and some gaps (part d)appeared between the layers of fiber.

Secondly, Spindle speed 1300rpm and Feed rate 4 mm/min:

Already experimented with Effect Spindle speed 1300 rpm and Feed rate 2 mm/min the result is as in table 3:

Table 3. Spindle speed 1300rpm and Feed rate 4 mm\min

Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm\min)	Depth of cut (mm)	Cutting Distance (cm)	Surface roughness (μm)	Average surface roughness(μm)
1300	4	0.80	0-3	5.21	7.19
			3-6	7.50	
			6-8	9.53	
			8-10	6.55	

A table 3 shows that the surface roughness is not the same along as the cutting surface. The average value with the Spindle speed of 1300 rpm , the feed rate 4 mm/min, and the depth of cut was 0.80 mm.The distances (cm) was divided 4 variety of distances from the start edge until the end of the specimens into, and the result can be seen in Figure 4 that shoes the cutting surface of spindle speed 1300 rpm and feed rate 4mm/min:

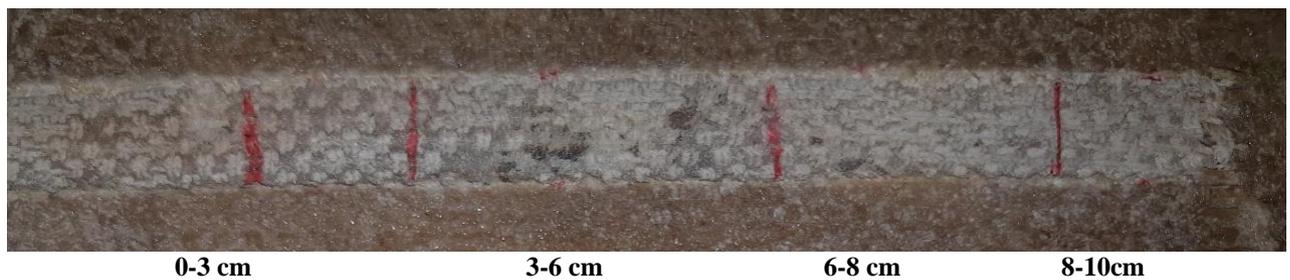


Figure 4. Photograph of cutting surface using spindle speed of 1300rpm and feed rate of 4 mm/min. The distance is 0-3, 3-6, 6-8, and 8-10 cm from the left end off specimens

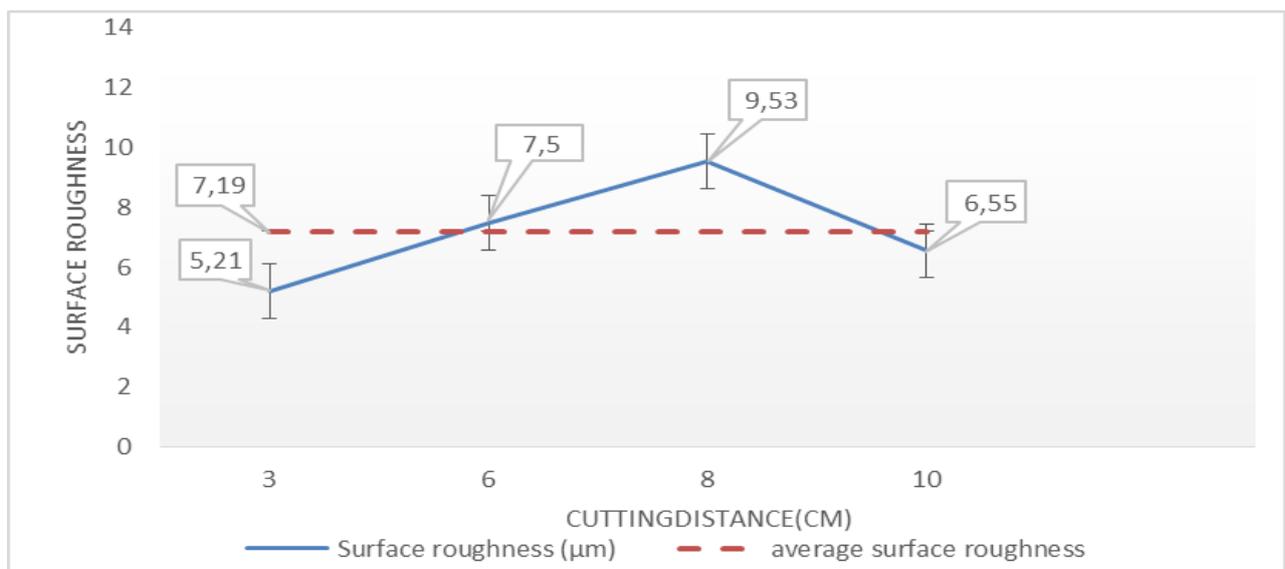


Figure 5. Effect of cutting distance on the surface finished in 1300 rpm and the feed rate 4 mm/min in the Surface roughness

Based on Figure5 , it can be seen that in the initial condition, spindle speed 1300 rpm and feed rate 4 mm/min, we notice a decrease in the roughness of the surface at 0-3cm and then rise gradually at 3-6cm to reach the highest roughness at 6-8cm and then decrease at 8-10cm. This indicates the formation of cracks and fractures on the surface roughness. . the surface roughness reaches a rate of 7.19 (μm) at the feed rate4 mm/min .

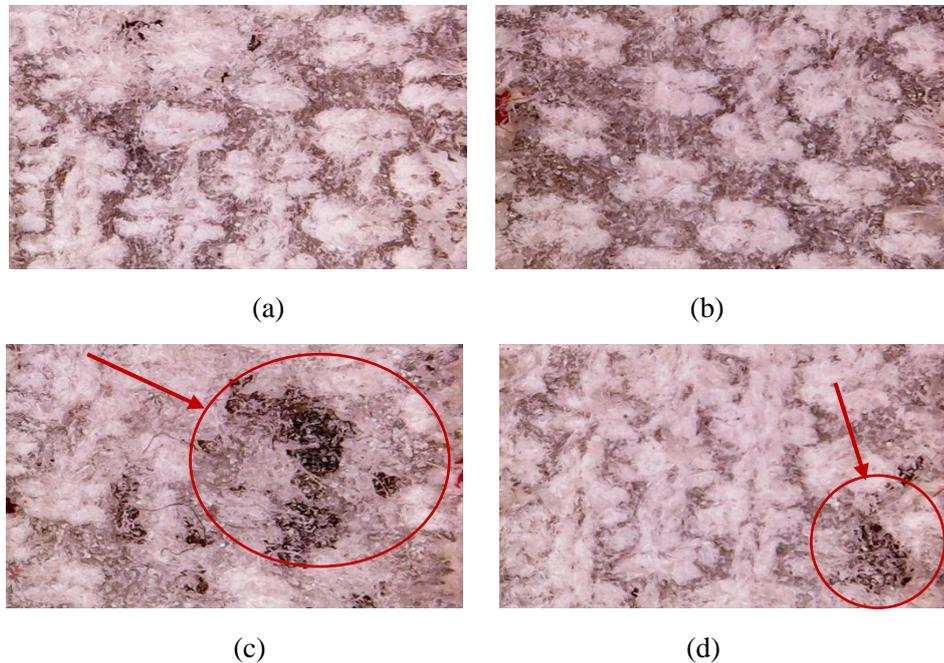


Figure 6. Spindle speed 1300rpm and feed rate 4 mm/min. (a) Initial condition, (b) of distance 3-6 cm, (c) of distance 6-8 cm, (d) of distance 8-10 cm

Based on Figure 6, it can be seen that in the initial condition, spindle speed 1300 rpm and feed rate 4 mm/min, From the figure, it can be said that in the initial case, spindle speed 1300 rpm and feed rate 4 mm/min, the appearance of small defects, cracks and the effect of cutting edges (part d) and fractures in the middle (part c) of the sample.

Thirdly, Feed rate 6 mm/min:

Already experimented with Effect Spindle speed 1300 rpm and Feed rate 2 mm/min the result is as in table 4:

Table 4. Spindle speed 1300rpm and Feed rate 6 mm\min

Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm/min)	Depth of cut (mm)	Cutting Distance (cm)	Surface roughness (μm)	Average surface roughness(μm)
1300	6	0.80	0-3	7.56	7.85
			3-6	8.05	
			6-8	8.09	
			8-10	7.72	

A table 4 shows that the surface roughness is not the same along as the cutting surface. The average value whit Spindle speed of 1300 rpm, the feed rate of 6 mm/min, and the depth of cut was 0.80 mm. The distances (cm) was divided 4 variety of distances from the start edge until the end of the specimens was, and the result can be seen in Figure 7 that shows the cutting surface of spindle speed 1300 rpm and feed rate 6mm/min:

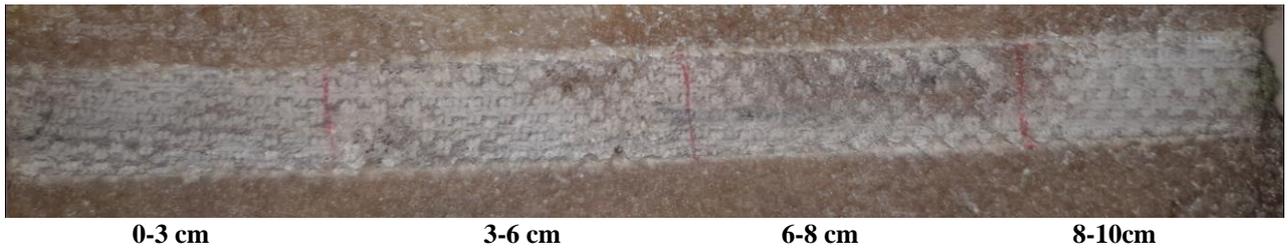


Figure 7. Photograph of cutting surface using spindle speed of 1300rpm and feed rate of 6 mm/min. The distance is 0-3, 3-6, 6-8, and 8-10 cm from the left end off specimens

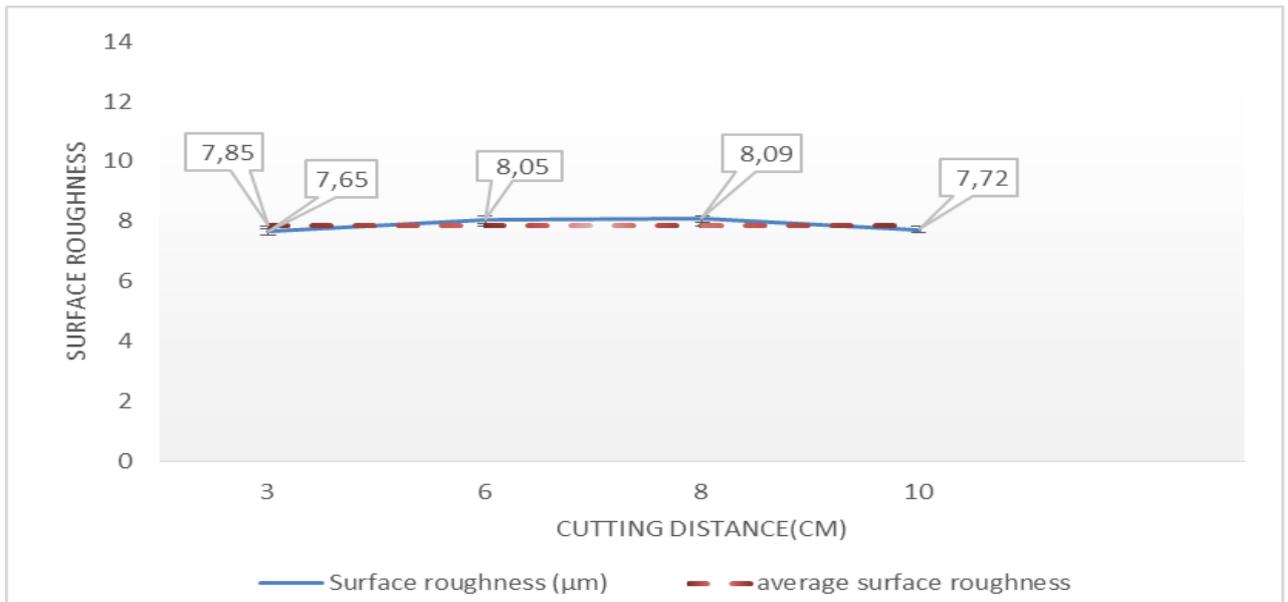
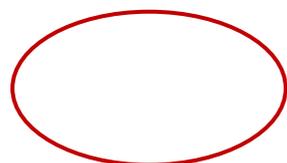
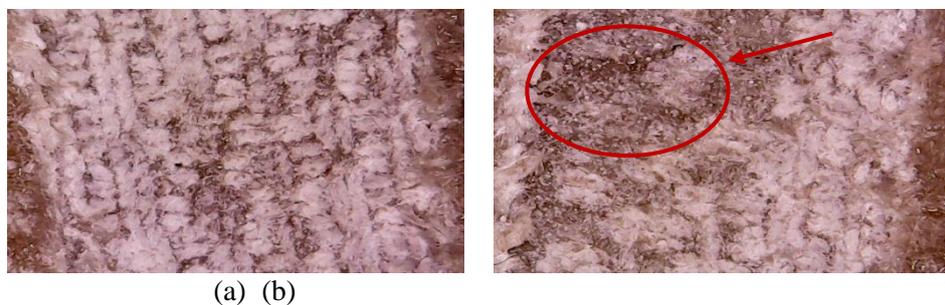


Figure 8. Effect of cutting distance on the surface finished in 1300 rpm and the feed rate 6mm/min in the Surface roughness

Based on Figure 8, it can be seen that in the initial condition, spindle speed 1300 rpm and feed rate 6 mm/min, We observe a gradual convergence in surface roughness and a stable graph compared to the previous graph and this indicates that the feed rate may be appropriate with spindle speed. the surface roughness reaches a rate of 7.85 (µm) at the feed rate 6 mm/min.



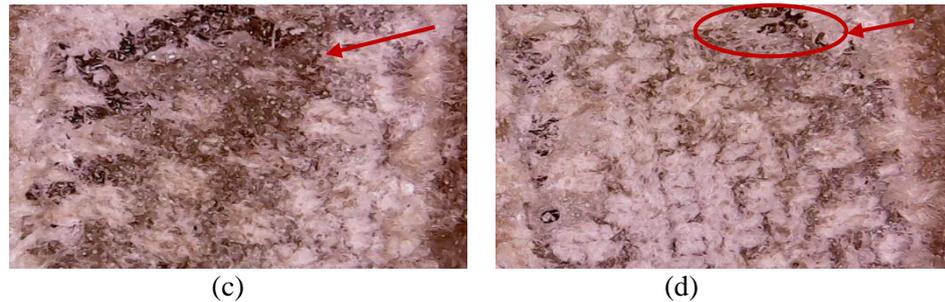


Figure 9. Spindle speed 1300rpm and feed rate 6 mm/min. a) Initial condition, (b) after 3-6 cm distances, (c) after 6-8 cm distances, (d) after 8-10 cm distances

Based on Figure 9, it can be seen that in the initial condition, spindle speed 1300 rpm and feed rate 6 mm/min, affected edges of the pieces with cracks and fractures from the middle of the sample to the end (part b, c, d).

Fourthly, Average surface roughness (μm) at Spindle speed 1300rpm and Feed rate 2-4-6 mm/min

Already experimented with Effect of Spindle speed 1300 rpm and Feed rate 2, 4, and 6 mm/min the result is as in table 5:

Table 5. Average surface roughness (μm) at Spindle speed 1300rpm and Feed rate 2-4-6 mm/min

Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm/min)	Depth of cut (mm)	Average surface roughness(μm)
1300	2	0.80	5.60
	4	0.80	7.19
	6	0.80	7.58

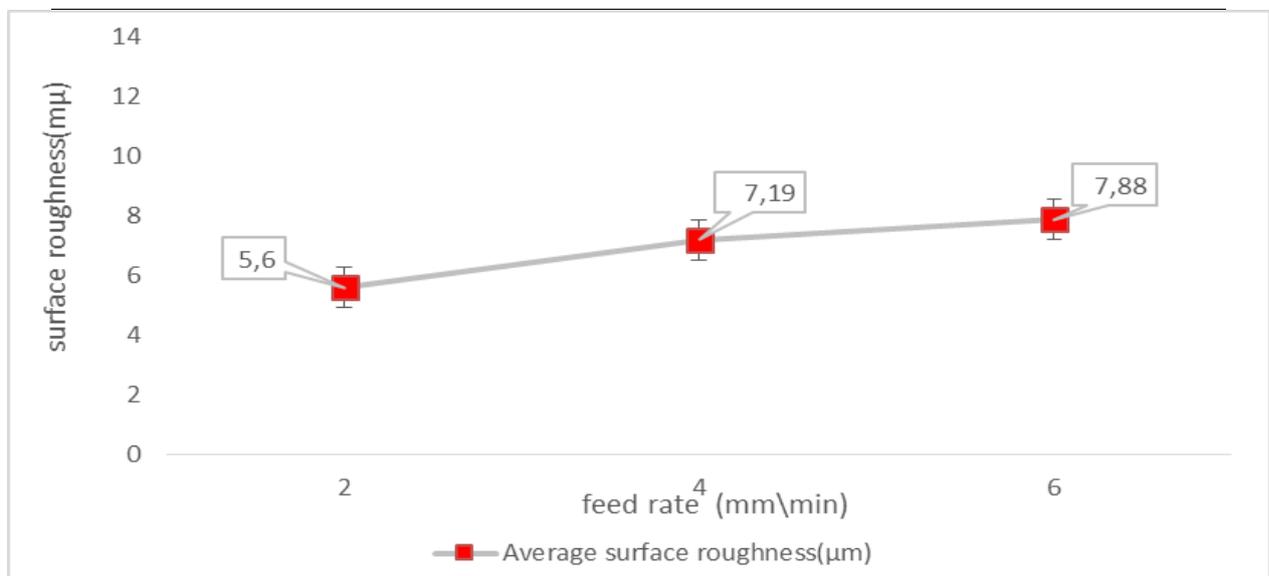


Figure 10. Effect feed rate on the surface finished in 1300 rpm and the feed rate 2,4,and 6 mm/min in the Surface roughness

Based on Figure 10, it can say that in the initial condition, spindle speed 1300 rpm and feed rate 2-4-6 mm/min, We observe at 2 mm/min, the surface roughness is lower and begins to rise gradually at 4 mm/min and increases at 6mm/min. this indicates that whenever increased the feed rate increased the roughness of the surface. the increase of feed rate limited in the increase of the surface roughness.

CONCLUSION

An Investigation of the machinability of hemp fiber composite has been done. The machinability of hemp fiber composite was obtained from milling machine and Surface roughness test using surfcom120A, the optical microscope test results showed that the higher distances affected the surface roughness. Thus, it also depends on the spindle speed and feed rate. The wear was observed to the cutting edge. The surface was smoother at lower feed rate than at the higher. Generally, the use of spindle speed and low feed rate favour minimum on milling of hemp fibre composites. Presence of the voids in the composite is an essential problem which needs to be minimalized due to its impact in generating crack propagation and weakening the composites.

acknowledgements

The first author expresses his gratitude to Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Jogjakarta for experimental facilities provided to carry out this research work. Assistance and suggestions from Supervisor Ir.HERU SANTOSO B.R, M.Eng., PhD are gratefully acknowledged.

REFERENCES

- (1) Claudio, L. (2007). Waste couture: Environmental impact of the clothing industry. *Environmental Health Perspectives*.
- (2) Gupta, G., Kumar, A., Tyagi, R., & Kumar, S. (2016). Application and Future of Composite Materials: A Review. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(5), 6907–6911.
- (3) S.O. Ismail, H.N. Dhakal, E. Dimla, J. Beaugrand, I. 2016. PopovEffects of drilling parameters and aspect ratios on delamination and surface roughness of lignocellulosic HFRP composite laminates. *J. Appl. Polym. Sci.*, 133 (7) (2016), pp. 1-8

MANUFAKTUR DAN PROSES PRODUKSI

OPTIMASI PROSES TUTUP BUKU DI DEPARTEMEN *CONTROLLING* PT. HOLCIM INDONESIA

Aini Suryani¹, Tri Widjatkama², Nur Alamsah Putra³

¹Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen

²Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

³Plant Controlling, PT. Holcim Indonesia Narogong

ainisuryani.holcim@gmail.com, widjatkama@gmail.com,

nur.alamsahputra@lafargeholcim.com

Abstrak

Tutup buku atau tutup buku merupakan salah satu tugas dan tanggung jawab rutin bagi departemen *Controlling* PT. Holcim Indonesia Tbk. yang bertujuan untuk melaporkan informasi keuangan perusahaan dalam satu periode terakhir. Laporan-laporan yang dikerjakan saat tutup buku diantaranya: BoD (Board of Director) Monthly Report, Monthly Estimate, Management Comment, CIP (Cement Industrial Performance) Report, Report Formula, dan Forecast. Pada kondisi saat ini, tutup buku menggunakan banyak data dari dokumen sumber yang berbeda. Diantaranya data-data seperti biaya aktual dan budget perusahaan dikumpulkan dalam sebuah aplikasi SAP (System Application and Product in Data Processing). Data pendukung lainnya seperti harga dan konsumsi bahan baku berasal dari departemen lain misalnya Production Planner disimpan di dalam server Holcim yang dapat diakses melalui PC (Personal Computer) ataupun laptop milik perusahaan. Permasalahan yang terjadi di departemen *Controlling* adalah terbatasnya waktu untuk menyelesaikan laporan tutup buku. Hal ini terjadi akibat perubahan struktur organisasi di perusahaan terutama pada departemen finance yang bertugas memasukkan data tutup buku ke SAP. Masalah lainnya yaitu terlalu banyak dokumen atau workbook yang digunakan oleh controller sebagai sumber data ketika mengerjakan laporan tutup buku, sehingga memperlambat proses. Untuk mengoptimalkan proses tutup buku di departemen *Controlling* diperlukan sebuah database yang menghimpun seluruh data yang diperlukan saat mengerjakan laporan tutup buku. Memanfaatkan data tools yaitu data connection untuk menghubungkan data dari database ke dalam laporan tutup buku dan data validation yang berfungsi mengurangi tingkat kesalahan input data dengan list sebagai batasan. Data yang diinput ke database menggunakan fungsi lookup dan rumus if yang tersedia pada Microsoft Excel. Pengerjaan laporan tutup buku hanya perlu membuka file database dan laporan yang ingin dikerjakan saja. Waktu untuk mengerjakan laporan tutup buku berkurang dari 11 jam 6 menit 22 detik menjadi 6 jam 9 menit 46 detik. Dengan total pengurangan waktu selama 4 jam 56 menit 32 detik.

Kata kunci: Tutup Buku, Laporan Keuangan, Optimasi Proses Tutup Buku

Abstract

Closing is one of the routine duties and responsibilities for the *Controlling* department of PT. Holcim Indonesia Tbk. which aims to report corporate financial information in the last period. Reports done during closing are: BoD (Board of Director) Monthly Report, Monthly Estimate, Management Comment, CIP (Cement Industrial Performance) Report, Report Formula, and Forecast. In the current process, closing uses many different source documents to help ease the process. Among the data such as actual costs and company budgets collected in a SAP (System Application and Product in Data Processing) with 15A format by Financial Staff, downloaded into Microsoft Excel by Controller and used as a data source to work on closing reports. Other supporting data such as price and consumption of raw materials come from other departments such as Production Planner. Data not derived from SAP is stored inside Holcim server which can be accessed through PC (Personal Compute) or laptop owned by company. Problems that occur in the *Controlling* department is the limited time to complete the closing report. This happens due to changes in organizational structure in the company, especially in the finance department in charge of entering data closing to SAP. Another problem is that too many documents or workbooks are used by the controller as a data source while working on closing reports, thus slowing down the process. To optimize the closing process in the department of *Controlling* required a database that collects all the data needed when working on the closing report. Utilizing data tools is data connection to connect data from the database into the closing and data validation report that serves to reduce the level of input data error with list as a limit. The data inputted to the database using the lookup function and if the formula is available in Microsoft Excel. The work of closing reports only needs to open the database file

and the report you want to work with. The time to work on the closing report is reduced from 11 hours 6 minutes 22 seconds become 6 hours 9 minutes 46 seconds. With the total reducing time as 4 hours 56 minutes and 32 seconds.

I. PENDAHULUAN

Controlling Department PT. Holcim Indonesia Pabrik Narogong dibawah direktorat *Financial and Controlling (FICO)* bertugas mengawasi segala jenis kegiatan yang berhubungan dengan keuangan seluruh departemen dibawah direktorat manufaktur. *Plant Controlling staff* berfokus pada analisa dan administrasi biaya. Keseluruhan biaya baik produksi maupun non-produksi dikumpulkan dalam laporan berbentuk *file Microsoft excel, word* maupun *power point* untuk di perbaharui dan dilaporkan setiap bulannya. Laporan-laporan ini dikerjakan di setiap akhir bulan dengan jangka waktu pengerjaan tertentu (biasanya satu hari kerja), untuk kemudian dilaporkan kepada direktorat manufaktur.

Waktu pengerjaan laporan keuangan yang sempit ini sering memberi kerugian pada *Plant Controlling staff*. Hal ini membuat kinerja *Plant Controlling staff* terganggu. Waktu yang sedikit dapat menyebabkan terjadinya kesalahan dalam pembuatan laporan keuangan. Jika kesalahan ini terjadi, maka laporan keuangan PT. Holcim Indonesia Plant Narogong menjadi tidak sesuai dengan keadaan aktual di lapangan.

Oleh karena itu, dibutuhkan solusi ataupun alternatif untuk membuat proses pengerjaan laporan keuangan di akhir periode (selanjutnya akan disebut dengan *Tutup buku*) pada *Department Controlling* menjadi lebih cepat, yaitu dengan melakukan analisa pada laporan yang biasa dikerjakan tiap akhir/awal bulan. Kemudian mengidentifikasi apabila terdapat dokumen yang tidak perlu dikerjakan saat *tutup buku* atau jika dibutuhkan dokumen baru yang dapat mendukung proses *tutup buku* tersebut. Dengan hasil analisa ini diharapkan proses *tutup buku Department Controlling* dapat dipercepat dengan hasil laporan yang akurat dan sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Walaupun dengan waktu pengerjaan yang sempit sekalipun. Sehingga hal ini memudahkan baik bagi *Controller* dalam melakukan tugasnya serta bagi pimpinan perusahaan dalam mengambil keputusan untuk periode selanjutnya.

II. METODE PELAKSANAAN

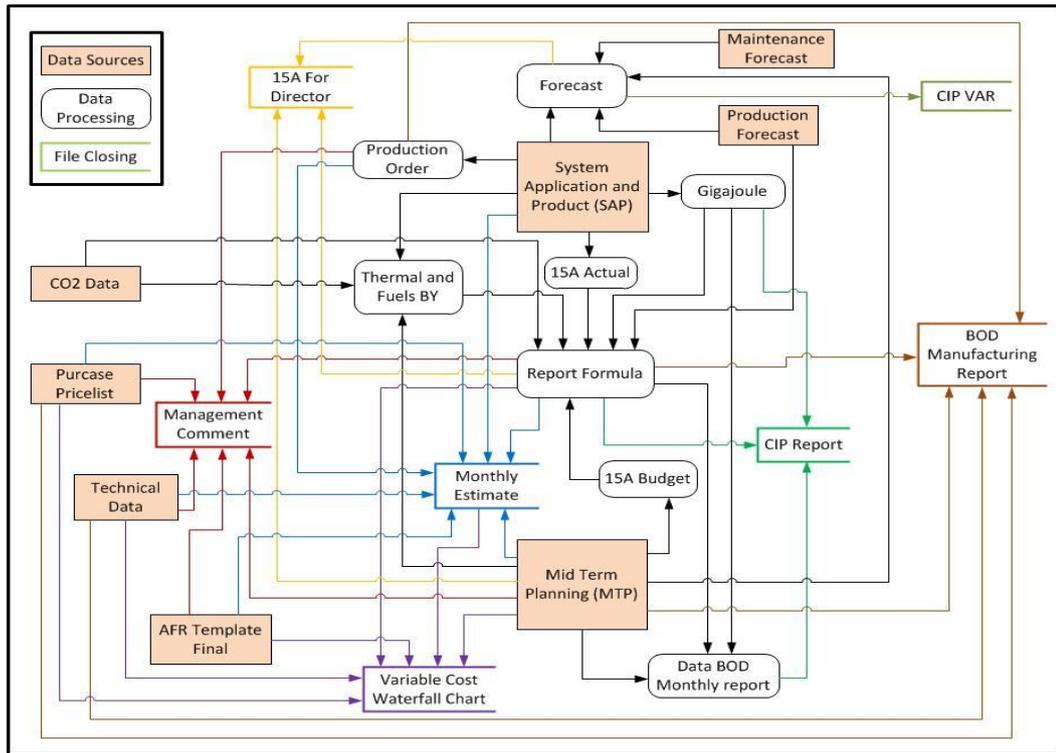
Langkah-langkah dalam melaksanakan optimalisasi proses tutup buku adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan file-file laporan tutup buku beserta sumber datanya.
Pengumpulan file-file tutup buku bertujuan untuk mengetahui data apa saja yang diperlukan dan sumber file mana yang digunakan sebagai acuan.
2. Pembuatan database yang memuat seluruh data untuk tutup buku.
Database berisi sumber data yang telah diolah, yang dapat digunakan untuk membuat laporan tutup buku.
3. Melakukan pengukuran waktu pengerjaan seluruh laporan tutup buku tanpa dan dengan menggunakan database.
4. Melakukan perbandingan terhadap waktu pengerjaan seluruh laporan tutup buku tanpa dan dengan menggunakan database. Hal ini dilakukan untuk mengukur efisiensi waktu pengerjaan laporan tutup buku.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Sebelum Dilakukan Optimasi

Jenis-jenis laporan keuangan sangat banyak dan disesuaikan dengan kebutuhan di setiap perusahaan. Gambar 1 merupakan *flow chart* laporan keuangan yang dibuat oleh *plant Controlling* PT. Holcim Indonesia Tbk. saat tutup buku beserta sumber datanya:



Gambar 1. Diagram Alur Pengerjaan Dokumen Tutup Buku

Gambar 1 menunjukkan hubungan antar file tutup buku dengan sumber-sumber dokumennya. Data sources yang terdapat pada Gambar 1 merupakan sumber data yang dapat diolah kembali untuk digunakan dalam membuat laporan tutup buku. Data tersebut disimpan di dalam SAP (*System Application and Product*) dan di dalam server Holcim dengan format *Microsoft Excel*. *Data processing* yaitu alat yang berfungsi mengolah data yang berasal dari *data sources* sehingga dapat digunakan untuk membuat laporan tutup buku. Dan yang terakhir file tutup buku yang merupakan file-file laporan keuangan perusahaan yang wajib dilaporkan disetiap akhir periode. Pada Gambar 1 juga terlihat bahwa terdapat tujuh laporan tutup buku yang harus dikerjakan di akhir bulan. Setiap laporan tutup buku menggunakan beberapa dokumen sumber. Untuk mengerjakan *Management Comment* diperlukan data yang berasal dari enam dokumen sumber, yaitu *MTP (Mid Term Planning)*, *AFR Template Final*, *Technical Data*, *Purchase Pricelist*, *Production Order* dan *Report Formula*. Lalu *Monthly Estimate* memerlukan tujuh dokumen sumber, yaitu *MTP (Mid Term Planning)*, *AFR Template Final*, *Technical Data*, *Purchase Pricelist*, *Production Order*, *Report Formula* dan *SAP*. *Variable Cost Waterfall Chart* menggunakan enam dokumen sumber, yaitu *MTP (Mid Term Planning)*, *Monthly Estimate*, *AFR Template Final*, *Technical Data*, *Purchase Pricelist* dan *Report Formula*. Kemudian *CIP Report* memerlukan tiga dokumen sumber yaitu *Report Formula*, *Data BoD Monthly Report* dan *Gigajoule*. *BoD Manufacturing Report* menggunakan lima dokumen sumber, diantaranya *MTP (Mid Term Planning)*, *Technical Data*, *Purchase Pricelist*, *Production Order* dan *Report Formula*. Lalu *15A For Director* menggunakan tiga dokumen sumber yaitu *MTP (Mid Term Planning)*, *Report Formula* dan *Forecast*. Kemudian yang terakhir *CIP VAR* yang hanya menggunakan satu sumber dokumen yaitu *Forecast* saja.

Dengan keadaan saat ini diperlukan waktu 11 jam kerja untuk menyelesaikan seluruh laporan tutup buku. Sementara tenggat waktu pengumpulan laporan biasanya hanya satu hari (8 jam kerja) setelah proses tutup buku di departemen *Controlling* dilakukan. Tabel 1 menunjukkan rincian waktu pengerjaan seluruh laporan tutup buku beserta waktu untuk mengerjakan dokumen sumbernya.

Tabel 1. Waktu Pengerjaan Tutup Buku Sebelum Menggunakan Database

Nama File	Waktu Pengerjaan Sebelum Menggunakan Database (Jam)					Waktu Rata-rata (Jam)
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	
15A Budget	00:05:46	00:07:28	00:07:16	00:06:32	00:04:57	00:05:24
15A Actual	00:24:25	00:22:46	00:27:18	00:23:33	00:22:51	00:19:36
Report Formula	00:35:17	00:38:11	00:35:51	00:37:12	00:33:31	00:29:18
Forecast	00:16:46	00:15:41	00:21:10	00:17:19	00:15:59	00:14:11
Gigajoule	00:04:47	00:07:25	00:05:12	00:09:06	00:08:16	00:05:18
Production Order	00:14:10	00:17:41	00:16:01	00:18:36	00:15:14	00:13:18
Thermal & Fuels BY	00:05:17	00:04:52	00:08:27	00:06:19	00:04:49	00:04:59
15A FG	00:04:07	00:06:15	00:07:03	00:03:55	00:05:43	00:04:16
Data BOD Monthly Report	00:05:04	00:06:47	00:04:38	00:07:26	00:05:31	00:04:47
<i>BOD Manufacturing Report</i>	01:05:04	01:03:26	01:10:51	01:09:12	01:06:56	01:07:06
Variable Cost Waterfall Chart	00:11:27	00:13:09	00:10:38	00:11:44	00:14:21	00:09:24
<i>Management Comment</i>	04:28:52	04:31:15	04:27:29	04:25:58	04:35:22	04:30:04
<i>Monthly Estimate</i>	00:48:51	00:49:23	00:53:13	00:52:47	00:50:42	00:50:59
<i>CIP Report</i>	03:04:50	03:01:54	03:10:43	03:08:34	03:05:19	03:06:16
CIP VAR	00:04:14	00:03:49	00:07:20	00:05:09	00:04:36	00:05:02
Total Waktu						11:06:22

1. Pembuatan Database

Pembuatan database dilakukan melalui tahapan-tahapan yaitu sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data Aktual

Biaya aktual yang digunakan dalam laporan tutup buku berasal dari *SAP*. Proses tutup buku di departemen Controlling dapat dilakukan ketika semua data keuangan di perusahaan baik produksi maupun non produksi telah dimasukkan ditutup di *SAP*. Sehingga data tersebut sudah berupa data valid dan tidak dapat diubah-ubah kembali. Kemudian controller akan mengunduh data tersebut sebagai data aktual pada suatu periode untuk dibuat laporan. Proses pengunduhan biaya aktual dari *SAP* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Membuka aplikasi *SAP* yang telah di *install* pada *PC (Personal Computer)* yang terhubung dengan server Holcim, kemudian memilih system utama.
2. Melakukan proses log in ke dalam *SAP* dengan memasukkan *user id* dan *password* pada halaman *log in*. *User id* yang digunakan untuk mengakses *SAP* tidak dimiliki oleh semua karyawan Holcim. Hanya karyawan tertentu yang diberi akses dengan persetujuan manager di masing-masing area sesuai dengan kebutuhan pekerjaannya.
3. Untuk memunculkan report painter pada *SAP* dapat dilakukan dengan mengetikkan *grr3* pada kolom pencarian. *Grr3* merupakan modul *SAP* yang menyajikan *financial report* untuk PT. Holcim Indonesia.
4. Tampilan biaya aktual dengan format 15A per *plant* dapat dilihat pada submenu Z51 pada *report painter* dalam menu ZP15A120. Kemudian akan muncul menu untuk memilih periode yang ingin ditampilkan. *Fiscal year* menunjukkan tahun dan *period*

menunjukkan bulan yang dipilih. Kemudian simbol *execute*  digunakan untuk mengeksekusi periode yang telah dipilih tadi, atau dengan menggunakan fungsi F8 pada keyboards laptop/PC. Maka akan muncul *worksheet* biaya aktual sesuai dengan periode yang dipilih seperti pada Gambar 2. Kemudian data dapat dipindahkan ke *worksheet Microsoft Excel* dengan menggunakan fungsi *copy* dan *paste*.

DESCRIPTION	RME COST	CPT RME	PER TON CLK	RMP COST
20010100 Aggregate				
20010200 Cement				
20010300 Fly ash for Cement				
20010301 Fly ash for RMC				
20010400 Blast Furnace Slag				
20010401 Copper slag				
20010500 Broken Rock				
20010708 Pozzolana - Wet				
20010709 Pozzolana - Dried				
20011100 Gypsum				
20011200 Iron oxide				
20011300 Sand/Silica (purchased) for Cement				753,745,946
20011301 Sand/Silica (purch) for RMC				
20012300 Admixture				

Gambar 2. Tampilan Biaya Aktual Plant Narogong pada SAP

Untuk mengambil data aktual volume dan harga material di SAP, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Langkah pertama untuk mengambil data aktual volume dan harga material di SAP dapat dilakukan dengan mengikuti langkah pada nomer 1-3 seperti saat akan mengambil data biaya aktual.
- Untuk membuka tampilan production order yang berisi volume dan harga material dapat menggunakan pilihan 601 kemudian *ZPPM0900*. Sebelum data dapat diakses, akan muncul tampilan untuk memilih periode yang ingin dilihat. *Fiscal year* diisi dengan tahun dan *period* dengan bulan yang dipilih. *From period* diisi dengan periode awal sementara *to period* diisi dengan periode akhir data yang ingin ditampilkan. Gambar 3 menunjukkan tampilan *period selection* dengan periode yang dipilih adalah *MTD (Month To Date)* Maret 2018. Jika ingin menampilkan *YTD (Year To Date)* Maret 2018 dapat dilakukan dengan mengganti *from period* pada *period selection* dengan angka 1 (Januari).

Selection values	
Fiscal Year	2018
From Period	3
To Period	3
Selection groups	
Order Group	ptsc_order
Or value(s)	

Gambar 3. Periode Selection Pada SAP

- Periode yang telah dipilih dapat dieksekusi dengan menggunakan simbol *execute* atau dengan menggunakan fungsi F8 pada keyboards laptop/PC. Kemudian akan muncul tampilan seperti pada Gambar 5.
- Data dari SAP dapat dipindahkan ke PC dengan format *worksheet Microsoft Excel* dengan menggunakan perintah *copy* dan *paste*.

Order	Actual Quantity	Actual Amount	Cost/ton	Plan Quantity
20010300 Fly ash for Cement	10,537	760,276,276	72,151.61	5,106
20010401 Copper slag	13,677	3,662,947,254	267,817.11	
20010708 Pozzolana - Wet	5,763	428,616,120	74,371.14	11,458
20011100 Gypsum	26,516	12,651,935,071	477,148.97	29,327
20011200 Iron oxide	6,313	1,256,720,976	199,059.34	16,881
20011300 Sand/silica for CM	39,067	5,747,836,308	147,126.09	31,937
20018000 Alternative Raw Mat.	26,960	51,807,028	1,921.65	
20020100 Coal	144,923	102,472,563,114	707,082.34	220,182
20020600 Heavy Fuel Oil (HFO)	843,797	6,415,136,827	7,602.71	550,789
20021000 Alternative Fuel	12,994	1,454,562,218	111,938.65	14,591
20030100 Diesel	88,287	691,620,657	7,833.82	177,332
20060200 Explosives		1,758,574,155		
20060800 Chemical matr/produ	58,755	605,617,384	10,307.50	1,178
20070111 Bag Purchased CCR	3,581,811	7,957,399,759	2,221.61	8,354,500

Gambar 4. Tampilan Production Order Pada SAP

b. Pengumpulan Data Budget

Tidak seperti data aktual, data budget disimpan di dalam server perusahaan sehingga lebih mudah diakses. Berikut cara mengakses biaya budget:

1. Untuk dapat mengakses data budget, PC yang digunakan harus terhubung dengan server Holcim. Apabila sudah terhubung, maka data budget bisa didapat pada [\\hil-narg-s004](#) > Workdir > Accounting > Public-ACC > MTP 2018-2020 > PROD_CLC_NAR > 15A > pilih file “15A NAR1 MTP2018-2020”, “15A NAR2 MTP2018-2020”, dan “15A NARP MTP2018-2020”. [\\hil-narg-s004](#) dapat diketikkan pada kolom pencarian di menu start pada PC/laptop.
2. Untuk budget volume material dapat diakses dengan cara yang sama dengan poin 1 hanya berbeda lokasi penyimpanan, yaitu di [\\hil-narg-s004](#) > Workdir > Accounting > Public-ACC > MTP 2018-2020 > PROD_CLC_NAR > Technical Data > dokumen “Technical Data 2018-2020”
3. Sementara untuk harga material dapat diakses di [\\hil-narg-s004](#) > Workdir > Accounting > Public-ACC > MTP 2018-2020 > PROD_CLC_NAR > 04. PurchasePricelit&CentralData > dokumen “Purchase Pricelist 2018-2020”

c. Database

Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan tampilan database. Gambar 6 memuat nilai konsumsi serta harga bahan baku dan bahan bakar yang digunakan dalam satu periode produksi. Ditampilkan dalam format *Month To Date (MTD)* dan *Year To Date (YTD)*. Gambar 7 menunjukkan database yang memuat nilai cost/ton klinker dan semen serta total *absolute cost*. Nilai tersebut dibandingkan dengan budget dan periode tahun lalu yang disajikan dalam format *Month To Date (MTD)* dan *Year To Date (YTD)*.

Order	Material	Unit	Consumption			Price (td/t)		
			BDG %	ACT %	PI %	BDG	ACT	PI
20010401	Copper slag	ton	1.15%	1.69%	0.94%	4,358	7,013	3,483
20011200	Iron oxide	ton	1.05%	0.48%	0.47%	3,965	3,978	1,736
20011300	Sand/silica for CM	t	2.18%	1.64%	2.50%	8,284	5,737	10,152
20018000	Alternative Raw Mat.	ton	3.16%	1.37%	2.96%	12,010	5,683	10,904
20020100	Coal	ton	20.10%	19.72%	18.72%	46,868	50,484	43,849
20020600	Heavy Fuel Oil (HFO)	liter	0.36	1.40	1.84	84,706	359,247	431,907
20021000	Alternative Fuel	ton	4.64%	4.02%	3.04%	10,826	10,283	7,128
20010300	Fly ash for Cement	ton	3.37%	7.51%	4.20%	11,656	24,293	14,602
20011100	Gypsum	ton	3.68%	3.26%	3.16%	12,743	10,540	10,964

Gambar 5. Tampilan Database Konsumsi dan Harga Material

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	Clinker and Cement Cost per Ton & Absolute Amount							NARP				
3	2018							MAY				
4				MTD			MTD					
5												
6												
7	CE Cost Element Description			idr/clk			idr/cmt			IDR		
8				PY	ACT	BDG	PY	ACT	BDG	PY	ACT	BDG
9	Production Volume			331,864	361,569	340,982	392,150	317,641	302,168	313,168	260,337	210,113
10												
30	Raw Materials			40,931	3,785	(7,190)	49,532	21,500	17,656	16,144,110,786	6,592,191,523	6,157,644,710
40	Fuels/Thermal Energy (KJn)			164,950	178,701	152,602	124,207	131,006	111,066	38,629,771,368	35,285,571,902	35,583,784,836
44	Diesel/Gasoline			7,477	11,384	9,291	6,706	10,263	7,805	2,268,498,838	2,626,953,278	2,289,469,390
46	Electrical Energy Variable			77,619	80,840	81,329	98,272	99,322	98,837	32,041,183,036	28,346,664,645	32,624,401,929
51	Wear Parts			68,930	7,851	10,473	48,420	5,842	7,885	14,935,234,850	1,576,586,545	2,524,389,555
62	Production and Distribution Material			4,040	5,421	6,584	4,157	5,984	8,424	1,403,090,159	1,602,367,409	2,611,573,060
75	Packing Material											
95	Third Party Transportation											

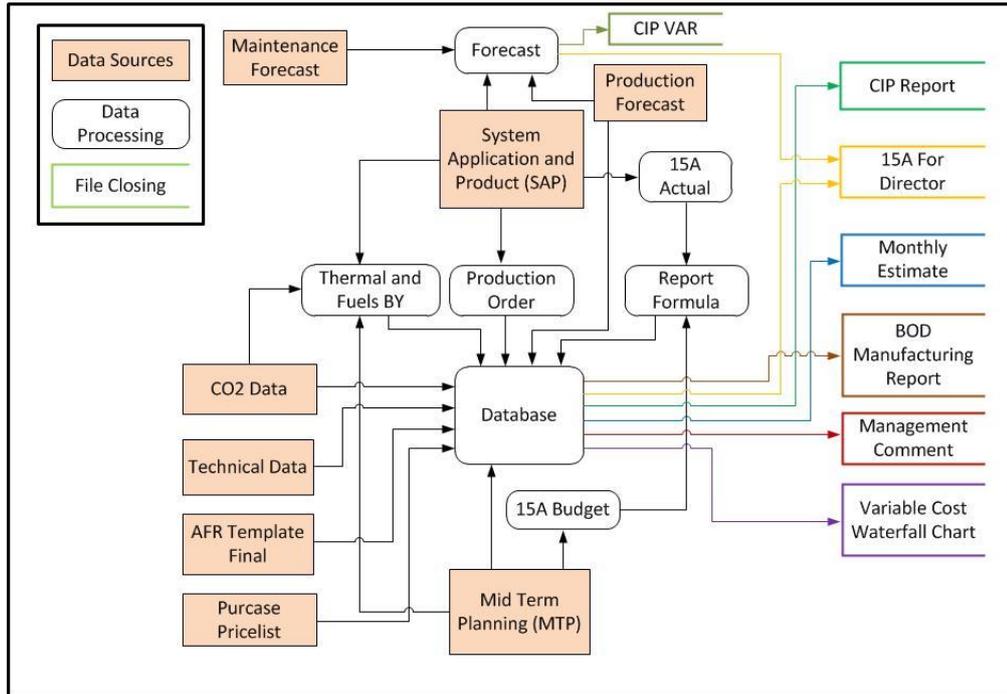
Gambar 6. Tampilan Database Cost/Ton Klinker dan Semen Serta Absolute Amount

Untuk data pada database semuanya diambil dari sumber data dengan menggunakan fungsi *link* yang tersedia dalam *Microsoft Excel*. Sehingga mempermudah pengguna dalam memperbaharui data yang diperlukan. Yaitu dengan memilih *data tools* yang tersedia dalam *Microsoft Excel*, kemudian memilih *edit links* untuk membuka kotak daftar sumber dokumen. Maka muncul daftar sumber dokumen yang digunakan oleh database. Untuk memperbaharui dokumen sumber dapat dilakukan dengan memilih dokumen yang akan diperbaharui kemudian memilih *change source*. Kemudian excel akan meminta pengguna untuk memilih dokumen mana yang akan digunakan sebagai dokumen sumber yang baru. Maka dengan otomatis database telah diperbaharui dengan data yang berasal dari dokumen sumber yang baru.

Untuk mempermudah pengguna file dalam mengakses data cost/ton, fungsi *Data Validation* yang tersedia dalam *Data Tools* pada *Microsoft Excel* digunakan. Pengguna hanya perlu memilih plant dan periode yang ingin dilihatnya dengan mengklik simbol . Tampilan cost/ton dan biaya absolute seperti Gambar 7 menggunakan fungsi data validation untuk memilih plant (NARP, NAR1 atau NAR2) dan periode (bulan) yang ingin ditampilkan.

2. Kondisi Setelah Menggunakan Database

Kondisi hubungan dan proses pengerjaan laporan tutup buku setelah menggunakan database terlihat seperti pada Gambar 8. Hampir semua file tutup buku hanya perlu menggunakan database dalam proses pengerjaannya. Hal ini menunjukkan adanya pengurangan dalam penggunaan workbook/sumber data dalam proses tutup buku. Mulanya, *Management Comment* memerlukan enam dokumen sumber, *Monthly Estimate* memerlukan tujuh dokumen sumber, *Variable Cost Waterfall Chart* menggunakan enam dokumen sumber, kemudian *CIP Report* memerlukan tiga dokumen sumber dan *BoD Manufacturing Report* menggunakan lima dokumen sumber. Setelah menggunakan database, dokumen sumber yang diperlukan maenjadi satu saja yaitu database.



Gambar 7. Diagram Alur Pengerjaan Dokumen Tutup buku Setelah Pembuatan Database

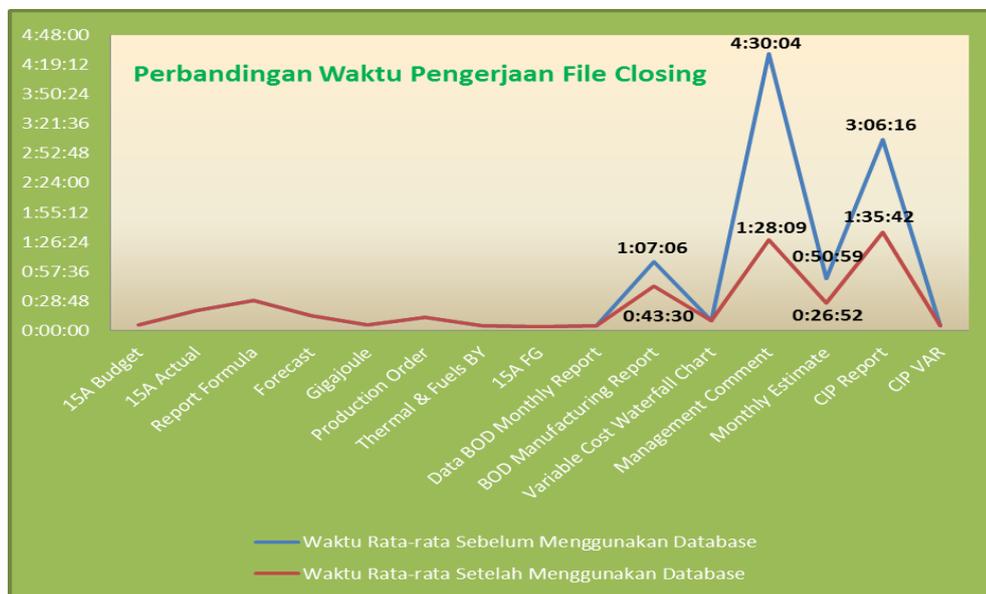
Selain pengurangan dalam penggunaan workbook, setelah database digunakan ternyata terjadi pengurangan waktu pengerjaan laporan tutup buku seperti yang terlihat pada Tabel 2. Empat dari Sembilan laporan tutup buku yang dicetak miring merupakan laporan yang memerlukan waktu paling lama dalam proses pengerjaannya. Dan waktu pengerjaan keempat laporan tersebut berhasil dikurangi dengan penggunaan Database sebagai pengganti sumber data. Empat laporan *closing* yang memiliki waktu pengerjaan paling lama yaitu *BOD Manufacturing Report*, *Management Comment*, *Monthly Estimate* dan *CIP Report*. Dengan masing-masing waktu yang berkurang 23 menit, 3 jam, 24 menit dan 1 jam 30 menit. Jika dibandingkan dengan waktu pengerjaan awal yaitu dengan total waktu 11 jam 6 menit 22 detik berbanding waktu pengerjaan setelah menggunakan database yaitu 6 jam 9 menit 46 detik, maka dengan memanfaatkan database telah berhasil mengurangi waktu tutup buku selama 4 jam 56 menit 32 detik.

Tabel 2. Waktu Pengerjaan File Tutup buku Dengan Menggunakan Database

Nama File	Waktu Pengerjaan Sebelum Menggunakan Database (Jam)					Waktu Rata-rata (Jam)
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	
15A Budget	00:05:46	00:07:28	00:07:16	00:06:32	00:04:57	00:05:24
15A Actual	00:24:25	00:22:46	00:27:18	00:23:33	00:22:51	00:19:36
Report Formula	00:35:17	00:38:11	00:35:51	00:37:12	00:33:31	00:29:18
Forecast	00:16:46	00:15:41	00:21:10	00:17:19	00:15:59	00:14:11
Gigajoule	00:04:47	00:07:25	00:05:12	00:09:06	00:08:16	00:05:18
Production Order	00:14:10	00:17:41	00:16:01	00:18:36	00:15:14	00:13:18
Thermal & Fuels BY	00:05:17	00:04:52	00:08:27	00:06:19	00:04:49	00:04:59
15A FG	00:04:07	00:06:15	00:07:03	00:03:55	00:05:43	00:04:16
Data BOD Monthly Report	00:05:04	00:06:47	00:04:38	00:07:26	00:05:31	00:04:47
<i>BOD Manufacturing Report</i>	00:40:56	00:43:13	00:51:02	00:39:52	00:42:29	00:43:30

Variable Cost Waterfall Chart	00:11:27	00:13:09	00:10:38	00:11:44	00:14:21	00:09:24
<i>Management Comment</i>	01:29:41	01:33:24	01:19:56	01:26:28	01:31:18	01:28:09
<i>Monthly Estimate</i>	00:29:16	00:21:43	00:23:59	00:31:17	00:28:03	00:26:52
<i>CIP Report</i>	01:39:53	01:22:46	01:35:49	01:42:51	01:37:11	01:35:42
CIP VAR	00:04:14	00:03:49	00:07:20	00:05:09	00:04:36	00:05:02
Total Waktu						06:09:46

Untuk mempermudah dalam mengamati perubahan waktu tersebut, perbandingan waktu rata-rata pengerjaan file closing sebelum dan sesudah penggunaan database disajikan dalam sebuah grafik seperti yang tampak pada Gambar 9. Grafik tersebut menunjukkan perubahan waktu pengerjaan dari empat laporan tutup buku yaitu *BOD Manufacturing Report*, *Management Comment*, *Monthly Estimate* dan *CIP Report*, dimana keempat laporan inilah yang memerlukan waktu pengerjaan paling lama.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Waktu Rata-rata Pengerjaan File Closing Sebelum dan Sesudah Penggunaan Database

IV. KESIMPULAN

- a. Database dapat menggantikan penggunaan workbook untuk beberapa laporan tutup buku, yaitu CIP Report, Monthly Estimate, BOD Manufacturing Report, Management Comment dan Variable Cost Waterfall Chart. Dimana kelima laporan ini adalah laporan yang paling banyak menggunakan sumber data. Setelah menggunakan database, dokumen sumber yang diperlukan menjadi satu saja yaitu database.
- b. Setelah database dibuat dan digunakan sebagai alat bantu untuk mengerjakan laporan tutup buku, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan laporan tutup buku berkurang dari 11 jam 06 menit 22 detik menjadi 6 jam 09 menit 46 detik. Total pengurangan waktu pengerjaan laporan tutup buku setelah menggunakan database yaitu selama 4 jam 56 menit 32 detik.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Carter, William K., Usry, Milton F.. 2004. *Akuntansi Biaya*. Jakarta : Salemba Empat
- [2]. Frye, Curtis D. 2013. *Microsoft Excel 2013: Step By Step*. O'Reilly Media, Inc. California
- [3]. Harahap, Sofyan Syafri. 2008. *Analisis Kritis atas Laporan Keuangan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- [4]. Mujilan, Agustius. 2012. *Sistem Informasi Akuntansi*. Madiun : WIMA Pers. Edisi 1, pp. 23.
- [5]. Mujilan, Agustius. 2012. *Sistem Informasi Akuntansi*. Madiun : WIMA Pers. Edisi 1, pp. 24-27.
- [6]. Nasution, Hakim Arman. 2003. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Edisi Pertama*. Guna Widya : Jakarta.
- [7]. Rohman, Riki Saepul. 2017. *Pengertian Tutup Buku dan Fungsi Tutup Buku*.<https://penjualanresmiaccurate.com/2017/07/15/pengertian-tutup-buku-dan-fungsi-tutup-buku/>

Pembuatan Process Safety Analysis pada Preheater 444-PH1

Eva Novia Hanifah¹; Sugeng Mulyono²; Gufronil Arifin³

¹Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta,

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³ Health and Safety Superintendent, PT. Holcim Indonesia Tbk.

Evanoviahhanifah.holcim@gmail.com

Abstrak

Dalam proses pembuatan semen, preheater merupakan salah satu critical equipment yang selalu diawasi parameter kontrolnya. Kondisi tidak normal dimana proses berlangsung diluar parameter normalnya dapat menyebabkan berhentinya produksi pembuatan clinker. Sehingga pengontrolan operasional pada proses pemanasan awal raw meal di preheater dilakukan dengan sangat intensif.

PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant sedang menyusun safety management dengan menggunakan standar OSHA yaitu Process Safety Management (PSM). Didalam PSM terdapat Process Safety Analysis (PSA) yang merupakan kegiatan identifikasi kemungkinan koondisi tidak normal dalam suatu proses untuk memastikan proses berjalan dengan aman dan baik. Untuk memenuhi data PSM perlu adanya PSA untuk setiap proses di PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant dan diketahui belum tersedianya PSA untuk Preheater 444-PH1.

Pada penelitian ini identifikasi kemungkinan terjadinya kondisi tidak normal pada proses pemanasan awal raw meal di Preheater 444-PH1 akan dilakukan dengan menggunakan metode HAZOP. HAZOP merupakan salah satu metode yang terintegrasi dalam PSA. Sehingga pembuatan HAZOP ini juga dapat melengkapi data PSA dan PSM yang sedang disusun PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant.

Dari identifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini diketahui bahwa terdapat banyak penyebab yang dapat mengakibatkan kondisi operasional tidak berjalan sesuai parameter normalnya seperti adanya akumulasi material, komposisi kimia yang tidak sesuai dan lain sebagainya seperti yang terlihat dalam table PSA pada penelitian ini. PSA ini juga dilengkapi dengan rekomendasi control tambahan untuk meminimalkan maupun mencegah proses berjalan diluar parameter control nya yang dikhawatir kan dapat menyebabkan proses berhenti beroperasi.

Dapat disimpulkan pembuatan PSA pada penelitian ini dapat mengidentifikasi kondisi tidak normal yang mungkin terjadi selama proses dan dapat melengkapi data PSM yang sedang disusun PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant.

Kata kunci: Process-Safety-Analysis, Preheater, Parameter-control.

Abstract

In the process of manufacturing cement, preheater is one of the critical equipment that is always supervised by its control parameters. Abnormal conditions in which the process takes place outside the normal parameters may cause the cessation of clinker production. So that the operational control on the preheater is done very intensively.

PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant is preparing safety management using OSHA standard that is Process Safety Management (PSM). Inside the PSM there is a Process Safety Analysis (PSA) which identifies the possibility of abnormal conditions in a process to ensure the process runs safely and well. To fulfill the PSM data, PSA is required for every process in PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant and unknown availability of PSA for Preheater 444-PH1.

In this study identification of the possibility of abnormal conditions in preheating process of raw meal in Preheater 444-PH1 will be done by using HAZOP method. HAZOP is one of the methods integrated in PSA. So that the making of HAZOP can also complement the data of PSA and PSM which is being prepared by PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant.

From the identification done in this research, it is known that there are banyak cause that can cause operational condition not run according to normal parameters such as the accumulation of material, chemical composition is not appropriate and so forth as seen in table PSA in this research. PSA is also

equipped with additional control recommendations to minimize or prevent the process running outside its control parameters which is worried it can cause the process to stop operating.

It can be concluded that the manufacture of PSA in this study can identify the abnormal condition that may occur during the process and can complement the data of PSM which is being prepared by PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant

Keywords: Process-Safety-Analysis, Preheater, Parameter-control.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Preheater 444-PH1 merupakan sebuah *critical equipment* dalam proses pembuatan semen. Dengan 10 cyclone dan 2 calciner yang digunakan untuk proses pemanasan awal dan kalsinasi raw meal sebelum di umpangkan ke *Kiln* dengan *Parameter* kontrol preheater yang mencakup temperature, tekanan, flow, kadar O₂ dan kadar CO. Berdasarkan *guideline* mengenai *clinker production process* diketahui parameter operasi *Preheater* seperti pada tabel di bawah ini (point 1,2,3,4,8).

Tabel 1. Parameter operasional Kiln Nar2 [1]

NO	PARAMETER OPERASI	UNIT	PL	PH	HH
1	Temperature gas keluar cyclone I SLC dan ILC	°C	330	430	450
2	Temperature gas keluar cyclone IV SLC	°C	840	890	900
3	Temperature gas keluar cyclone IV ILC	°C	820	870	890
4	O ₂ ILC / SLC	%	0.5	3.5	4
5	BZT	°C	800	1400	1500
6	Left beam presure cooler	mmH ₂ O	650	850	900
7	Kiln hood draft	mm H ₂ O	0	7	9
8	CO ILC	%	0.	0.3	2.5
9	Kiln Amper	Ampere	200	550	600

Parameter operasi Preheater terus dijaga agar tetap didalam *range* yang diizinkan untuk memastikan produksi clinker dapat berjalan dengan baik. Namun pada kondisi aktual terdapat potensi terjadinya kondisi tidak normal dimana kegiatan operasional berjalan diluar parameter operasinya dan mengakibatkan sistem berhenti beroperasi.

Dari data Stop Log Kiln yang didapat dari TIS (Tehcnical Information system) diketahui bahwa operasional preheater telah mengalami berhenti operasi sebanyak 13 kali dengan berbagai penyebab seperti yang dapat dilihat dalam tabel dibawah.

Tabel 2. Stop Log Preheater

Stop Date	Start Date	Duration	Major Cause	Reason	Function Loc	Explanation
25.06.201 8 00:42:00			Idle Time	External logistical constraints	NR.464-KL1	Clinker high stock
23.06.201 8 19:08:00	24.06.201 8 05:48:00	10,67	Electrical/Instrumentation	Out of operational limit	NR.464-KL1	
04.06.201 8 10:37:00	04.06.201 8 14:24:00	4,08	Electrical/Instrumentation	Out of operational limit		kiln stop due to 434-FA4 (FN7) mati ready
03.06.201 8 13:11:00	03.06.201 8 13:35:00	0,40	Electrical/Instrumentation	Out of operational limit		464-KL1 due to drive#1 fail ready (speed drop from 12 to 7 & interlock to kiln)
03.06.201 8 02:47:00	03.06.201 8 13:08:00	10,35	Electrical/Instrumentation	Out of operational limit		464-KL1 stop due to 424-FN1 fail

28.05.2018 20:43:00	29.05.2018 05:52:00	9,15				
26.05.2018 15:46:00	28.05.2018 18:38:00	50,87	Electrical/Instrumentation	Wear / Tear/ Fatigue	NR.434- PG1	434-PG1 slack and cleaned snowman fix inlet
25.05.2018 15:26:00	25.05.2018 10:09:00	4,23	Electrical/Instrumentation	Wear / Tear/ Fatigue	NR.434- PG2	434-PG1 slack
09.05.2018 11:14:00	25.05.2018 10:09:00	382,92	Mechanical	Wear / Tear/ Fatigue	NR.394- BE1	394-BE1 belt broken
29.04.2018 16:54:00	01.05.2018 23:09:00	54,25	Mechanical	Missing Part	NR.474- CC1	464-KL1 stop due to missing part of grate plate cooler
23.04.2018 12:05:00	24.04.2018 03:05:00	15,00	Production & Process	Out of operational limit		464-KL1 stop due to 292-PN1 over load
15.04.2018 17:13:00	21.04.2018 17:06:00	143,88	Mechanical	Out of operational limit		464-KL1 stop due to 474-HD1 drice#1 cooler max skewing and continue clean up matrial on fixed inlet grate
14.04.2018 14:02:00	15.04.2018 09:02:00	19,00	Production & Process	Product - raw material quality	NR.464- KL1	Kiln stop due to cyclone 3 ILC plug up
10.04.2018 00:53:00	12.04.2018 09:57:00	57,07	Mechanical	Out of operational limit		kiln stop due to 444-FN1 spike hig vibration

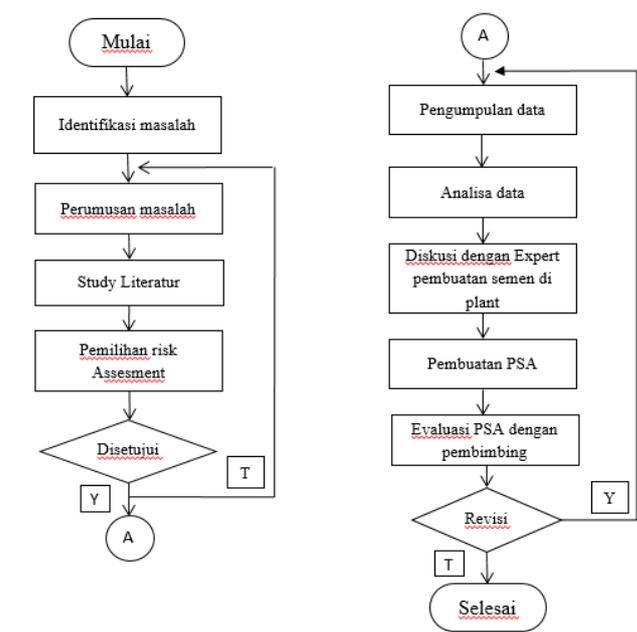
Dengan melakuakn Process Safety Analysis (PSA), potensi teradinya kondisi tidak normal dapat diidentifikasi lebih awal sehingga dapat meminimalisir potensi terjadinya hal yang tidak diinginkan (Ledakan, paparan panas maupun material keluar sistem, berhentinya produksi) pada proses yang terjadi di Preheater. Pemilihan PSA sebagai alat identifikasi juga dilatar belakangi oleh safety management system yang sedang disusun PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant. Adapun safety management system yang sedang disusun PT Holcim Indonesia Tbk adalah PSM (*Process Safety Management*), *safety management standard* yang dikeluarkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*).

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi terjadinya kondisi tidak normal yang mungkin terjadi dalam proses pemanasan awal *raw meal* di *Preheater* dengan melakukan *process safety analysis* dan melengkapi PSM yang sedang disusun PT Holcim Indonsia Tbk Narogong plant.

II. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alur



3.2. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah sebagai langkah awal dilakukannya penelitian. Identifikasi masalah dilakukan dengan studi lapangan sebagai observasi awal memperoleh gambaran umum tentang sistem yang diteliti dan memahami permasalahan yang terjadi. Identifikasi masalah berfokus pada kondisi tidak normal yang dapat terjadi dalam proses pembuatan semen. Dari dilakukannya tahap ini diketahui terdapat banyak kemungkinan terjadinya kondisi tidak normal / deviasi parameter pada proses pemanasan awal *raw meal* di *Preheater* 444-PH1.

3.3. Perumusan Masalah

Pada perumusan masalah dilakukan peninjauan lebih lanjut mengenai kondisi tidak normal yang dapat terjadi dan mengganggu dalam proses pembuatan semen di PT Holcim Indonesia Tbk. Berdasarkan hasil peninjauan, diketahui bahwa *Preheater* 444-PH1 yang merupakan *critical equipment* dalam proses pembuatan *clinker* yang memiliki banyak parameter operasi yang dapat keluar dari *range* nya selama proses operasional berlangsung. Sehingga diperlukan identifikasi untuk mengetahui deviasi parameter yang mungkin terjadi selama proses berlangsung yang sesuai dengan keadaan operasional maupun *safety management* yang sedang disusun PT Holcim Indonesia Tbk.

3.4. Studi literatur

Mengumpulkan data dan informasi yang terkait dengan penelitian ini. Informasi maupun data didapatkan dari buku, catalog, jurnal maupun internet. Pada tahap ini, studi literatur berfokus pada kegiatan identifikasi deviasi parameter yang tepat untuk digunakan pada penelitian ini dan sesuai dengan *safety management* yang sedang diterapkan di PT Holcim Indonesia Tbk Narogong *plant*.

Berdasarkan OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), kegiatan identifikasi deviasi parameter dapat menggunakan PSA (*Process Safety Analysis*). PSA merupakan salah satu kegiatan yang ada dalam PSM (*Process Safety Management*).

3.5. Pemilihan *Risk Assessment*

Adapun alat penilaian bahaya yang dipilih adalah dengan menggunakan metode *Process Safety Analysis* (PSA). Pemilihan mengacu pada kebutuhan konsumen yaitu:

1. Alat penilaian resiko yang digunakan dapat menggambarkan kondisi yang mungkin terjadi jika terjadi deviasi parameter selama operasional *Preheater* 444-PH1 berlangsung.
2. Alat penilaian resiko dapat memenuhi *process safety management* (PSM) yang sedang disusun PT Holcim Indonesia pabrik Narogong.

3.6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh semua data yang diperlukan dalam pembuatan PSA. Data didapat dari hasil diskusi, pengukuran parameter produksi, informasi alat di area *Preheater* 444-PH1.

3.7. Metode Diskusi

Mendiskusikan efek dan penyebab dari setiap deviasi parameter selama operasional *preheater* berlangsung dengan pembimbing lapangan.

3.8. Metode Perancangan

Perancangan yang dijadikan acuan penyelesaian penelitian ini adalah perancangan *process safety analysis* untuk *Preheater* 444-PH1, yang meliputi pembuatan templet standard untuk PSA yang meliputi :

- *Process Stage* : Pembagian system menjadi beberapa bagian.
- *Deviation Parameter* : Parameter yang mungkin terjadi penyimpangan selama proses operasionalnya.
- *Consequences* : Dampak yang akan terjadi pada proses operasional.
- *Potential Effect* : Dampak yang dapat terjadi akibat adanya deviasi parameter.
- *Potential Root Causes* : Penyebab utama terjadinya deviasi pada parameter.
- *Potential Probabilities* : Kemungkinan terjadinya deviasi.
- *Potential Risk Level* : Level bahaya
- *Recommended actions* : Rekomendasi penambahan action/system control untuk meminimalisir bahkan menghilangkan efek yang dapat terjadi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemilihan alat penilaian resiko berdasar kebutuhan konsumen

Dalam menjaga kondisi operasional pemanasan awal raw meal di Preheater 444-PH1 berjalan dengan aman perlu dilakukannya penilaian resiko kondisi tidak normal yang mungkin terjadi selama proses pemanasan awal *raw meal* di *Preheater* 444-PH1. Karena PT Holcim Indonesia Tbk Narogong plant sedang menyusun safety management system yang baru yaitu PSM, pada penelitian ini penilaian resiko kondisi tidak normal yang mungkin terjadi mengikuti metode yang ada dalam PSM.

PSM merupakan Standar yang dibuat OSHA yang berisikan persyaratan mengenai pengelolaan bahaya yang berkaitan dengan suatu proses yang mengandung bahan kimia berbahaya didalamnya dengan tujuan memastikan terwujudnya tempat kerja yang sehat dan aman. Standar ini menekankan pengelolaan bahaya yang terkait dengan bahan kimia yang sangat berbahaya dan membentuk program manajemen yang komprehensif yang mengintegrasikan teknologi, prosedur, dan praktik manajemen.[1]

Kegiatan identifikasi bahaya yang dilakukan dalam standar PSM yaitu menggunakan PSA. Dalam PSA pendekatan untuk mengidentifikasi bahaya yang mungkin terjadi dalam proses dilakukan secara menyeluruh, teratur dan sistematis. Terdapat beberapa metode yang bisa dipilih dalam melakukan PSA, metodologi yang dipilih harus sesuai dengan kompleksitas proses dan harus mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan bahaya yang terlibat dalam proses. [1]

Dalam Penelitian ini, pembuatan PSA menggunakan metode *Hazard and operability study* (HAZOP). HAZOPS adalah salah satu metode teknik identifikasi bahaya yang sistematis, teliti dan terstruktur untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang mengganggu jalannya proses dan risiko - risiko yang terdapat pada suatu equipment yang dapat menimbulkan risiko merugikan bagi manusia/ atau fasilitas plant pada lingkungan atau sistematis. Pemilihan HAZOP sebagai metode yang digunakan dalam pembuatan PSA dikarenakan HAZOP dapat memenuhi tujuan penelitian ini yaitu, mengidentifikasi potensi terjadinya kondisi tidak normal yang mungkin terjadi dalam proses pemanasan awal *raw meal* di *Preheater* dengan melakukan *process safety analysis* dan melengkapi PSM yang sedang disusun PT Holcim Indonesia Tbk Narogong *plant*. Pembuatan Process Safety Analysis

3.2. Pembuatan PSA dengan metode HAZOP

PSA pada penelitian ini mengikuti standar yang dikeluarkan OSHA pada 3133 -*Process Saefty Management* dan Process Safety MSR#1 yang dikeluarkan oleh Holcim grup.

3.2.1 *Proccess Satages*

Berdasarkan hasil diskusi dengan karyawan Process Engineering departement PT Holcim Indonesai Narogong *plant*. Disepakati identifiaksi dilakukan disetiap equipment yang ada di Preheter seperti cyclone, ducting, flapper valve, air blaster, id fan, fuel facilities, change over gate (COG) dan calciner.

3.2.2 Deviation Parameter

Di dalam PSA penyimpangan parameter digambarkan dengan menggunakan *guidewords*.

Deviation Parameter Matrix		Guidewords			
		More	Less	None	Reverse
Design Parameter	Flow	High flow	Low flow	No flow	Back Flow
	Feeding	High Feeding	Low Feeding	No Feeding	
	Pressure	High Pressure	Low Pressure	No Pressure	
	Temperature	High Themprature	Low Themprature	No Themprature	
	O2	High O2	Low O2	No O2	
	CO	High CO	Low CO	No CO	
	Vibration	High Vibration	Low Vibration		
	Material	High Material	Low Material		

3.2 Process Safety Analysis untuk Preheater 444-PH1

No	Node	Element	Deviation	Consequences and Comments	Causes	Probability	Risk Level	Existing Control
1	Goose neck at SLC	Flow	Low flow	less production, hot clinker dust must be dump	Material accumulation in goose neck	Almost Certain	High Risk	None
		Pressure	High Pressure	tiving valve plug , risk in handling hot dust clinker	- Dusty clinker due to ab normal moduly/ cooler aeration	Unusual but Possible	Low Risk	- Clinker moduli (SM = 2.35 +/- 0.05 & AM = 1.65 +/- 0.05) - Set cooler fan flow as fan table
					- AF impurities	Quite Possible	Low Risk	- Maintain screen and wind shifter working well
		Flow	No	no production at SLC, hot meal dust must be dump	-Kiln up set due to fail controlling fuel of calsiner	Quite Possible	Medium Risk	- Temperature calciner (880°C) - Stability of fuel supply - Flame temperature main burner. - Kiln ampere
- ID Fan SLC Trip then fully blocked by settling Material	Unusual but Possible				High Risk	- Interlock SLC ID Fan Trip with delay timer		
2	Calciner SLC	Temperature	Low Temperature	Kiln upset	- Pfister feeder blower trip	Unusual but Possible	Medium Risk	- Change to redundant blower - Readiness of solar facility
				interlock feed to SLC failure	- Unsmooth coal material flow	Quite Possible	High Risk	- Put additional aeration at fine coal bin bottom
		high temp	melting hot meal cyclone plug	kiln feed too low, over fuel setting	Unusual but Possible	High Risk	- online temperature indication	
		CO	high CO	lower temperature of calsiner, EP trip , reduction condition in kiln inlet	-too high CO (over fuel)	Quite Possible	High Risk	

					- Unsmooth coal material flow	Unusual but Possible	Medium Risk	
					- AF fine solid empty , late corection of fine coal supply	Unusual but Possible	High Risk	
		Temperature	high temp	melting hot meal cyclone plug	kiln feed too low, over fuel setting	Almost Certain	High Risk	- online temperature indication
4	ID Fan SLC	Power	None	Idfan trip , SLC stop no production,material accumulation at goose nect	- Drive fault, trip	Quite Possible	High Risk	Power trnaducer connected to DCS with alarm limit
		Vibration	High Vibration	speed reduce or trip if over limit, SLC stop	- Unbalance material at impeller	Unusual but Possible	High Risk	-online vibration indication at DCS, reduce speed at 7 mm/s -Water blaster/ sand blasting while stop
		Flow	Low	Material not lifted properly, low production or even stop SLC	- Some fan blade damper not fully open and stuck	Unusual but Possible	High Risk	- Manual open from local, manua inspection, indication opening in ccr
		Pressure	positive pressure	loss of containment hot gas or hot material	-unbalance system suction and suply due to abnormality of loop control	Remotely Possible	Medium Risk	- Pressure indication in every cyclone till down comer
		Vibration	High Vibration	speed reduce or trip if over limit, SLC stop	- Unbalance material at impeller	Almost Certain	High Risk	-online vibration indication at DCS, reduce speed at 7 mm/s -Water blaster/ sand blasting while stop
		Flow	Low	Material not lifted properly, low production or even stop SLC	- Some fan blade damper not fully open and stuck	Almost Certain	Medium Risk	- Manual open from local, manua inspection, indication opening in ccr

		Pressure	positive pressure	loss of containment hot gas or hot material	-unbalance system suction and suply due to abnormality of loop control	Quite Possible	Medium Risk	- Pressure indication in every cyclone till down comer
6	Solar facility to Calsiner SL/ILC		No	low temperature of Calsiner, lower production or even upset	-No or less suction of pump	Quite Possible	Low Risk	- Run solar pump from Nar1 and change the valve manually
		Flow	low	low temperature of Calsiner, lower production or even upset	-Pump system problem	Quite Possible	Low Risk	-Flow and presure indication
7	fine coal suply system to calsiner			low temperature of Calsiner, lower production or even upset	-extraction of fine coal problem	Remotely Possible	Medium Risk	-Flow indication, power of blower indication
		flow	Less		- high amp of pfister feeder	Remotely Possible	Medium Risk	-amp pfister indication
8	cyclone preheater				- typing valve stuck	Almost Certain	High Risk	-presure indication at Ph material out let
		Pressure	Partial Pressure	cyclone plug	-melting hot meal, too high calsiner temperature	Almost Certain	High Risk	- routine hot meal ananlisys
9	Air blaster	Pressure	Low Pressure	- Potentially blockage material - Hot spot at nozzle	- Air leakage - Air quality (too much water)	Unusual but Possible	Low Risk	- Pressure transmitter at kiln inlet, TAD and cyclone & set up alarm - Receiver tank, water trap, auto drain
		Sequence	Step too early	- Material avalanche - False air increase	- Setting timer not proper	Remotely Possible	Low Risk	- Setting timer air blaster air blaster on DCS - SOP cleaning by air blaster
10	COG	Sequence	part of step left out	-hot meal accumulation at goose neck	-motor trip/not fuction	Quite Possible	High Risk	-Position indication

11	AF solid SLC suply system to calsiner	flow	Less	low temperature of Calsiner, lower production or even upset	-extraction problem	Quite Possible	Medium Risk	rate indication
					- high amp feeder trip	Unusual but Possible	Medium Risk	power feeder indication
					- Blower trip	Quite Possible	Medium Risk	running status of blower pressure indication
12	AF rice husk suply system to calsiner	flow	Less	low temperature of Calsiner, lower production or even upset	-extraction problem	Quite Possible	Medium Risk	rate indication
					- high amp feeder trip	Quite Possible	Medium Risk	power feeder indication
			No flow	low temperature of Calsiner, lower production or even upset	- empty hopper fail suply	Unusual but Possible	High Risk	level of bin indication
					- high amp feeder trip	Unusual but Possible	Medium Risk	power feeder indication
No flow	low temperature of Calsiner, lower production or even upset	- empty hopper fail suply	Unusual but Possible	Medium Risk	level of bin indication			
14	Hot Meal Pipe 442-Z4A	Pressure	High pressure	1. Kiln Stop 2. Cyclone Plugging	fan tripped	Quite Possible	High Risk	1. Full cover hot meal sampler 2. Hot material PPE
15	Hot Meal Pipe 442-Z4B	Pressure	High pressure	1. Kiln Stop 2. Cyclone Plugging	fan tripped	Quite Possible	High Risk	1. Full cover hot meal sampler 2. Hot material PPE
16	RIsler duct 3rd - 4 th floor	Pressure	High pressure	Riser Duct Plugging	Air Blaster operation not working	Almost Certain	High Risk	1. SOP Cleaning riser duct : LOTO air blaster before cleaning
18	462-KL1 inlet kiln seal	Material	More material	Plug Up	Kiln Inlet seal mechanism not working properly	Quite Possible	High Risk	1. SOP Cleaning material kiln inlet 2. Comply PPE hot material

Gambar. 1 Table Process Saefty Analysis untuk proses pemanasan awal raw meal di Preheater 444-PH1

IV. KESIMPULAN

- a. Identifikasi kemungkinan kondisi tidak normal yang dilakukan dengan menggunakan metode HAZOP dan mengikuti standar PSA dalam PSM dapat melengkapi penyusunan *safety managemeng* yang sedang disusun PT Holcim Indonesia Narogong plant.
- b. Pembuatan PSA dengan metode HAZOP dan mengikuti standar OSHA dapat mengidentifikasi kemungkinan kondisi tidak normal dalam proses pemanasan awal *raw meal* di *Preheater* 444-PH2.
- c. Terdapat beberapa tindakan dan atau alat tambahan untuk menjaga dan menangani kondisi tidak normal selama proses pemanasan awal *raw meal* di *Preheater* 444-PH1, yang jika diterapkan dapat meminimalisir berhentinya operasi maupun terjadinya kecelakaan kerja di area tersebut.
- d. Dokumen process safety management sudah dilengkapi dengan process safety analysis untuk sistem *Preheater* 444-PH1.
- e. Pengambilan tindakan untuk segala kegiatan di area *Preheater* 444-PH1 dapat mengacu pada PSA yang dibuat.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Udiono. "Clinker Production Process (GL-2011), Version 2,7;2015.
- [2] Wenner, Robert. "Procces Technology 2", Vol. 4, Part 1, Page 36-109; 2006.
- [3] Alexis M. Herman, Secretary. "OSHA 3133 – Process Safety Management" ;2000.
- [4] Ahmad, A. "ITS Undergraduated – BAB 2" , Surabaya; 2017.
- [5] Azis, Malik A. "Perancangan metal trap pada jalur kiln feed Nar 2 untuk mencegah rotary feeder stuck" , Bogor; 2017.
- [6] Wmos. "Process safety MSR#1", Holdenbank; 2001.

RANCANG BANGUN SISTEM LOADER SEMI-OTOMATIS PADA MESIN CUTTING PIPE LOWER PT. X

Izzudin Adilah Lukita¹, Muhammad Hardiyan¹, Muhammad Rizza Fachri¹, Sidiq Ruswanto²

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

Email : adilahizzudin@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Sistem Loader pada mesin cutting pipe lower berfungsi untuk membuat proses memasukan Raw Material pada mesin cutting pipe lower yang sebelumnya manual menjadi Semi-Otomatis menggunakan konsep bidang miring untuk membuat raw-material bergerak menuju mesin cutting pipe lower, selain itu juga menggunakan pneumatik sebagai alat bantu pendorong agar raw-material dapat keluar satu persatu, Proses Memasukan Raw Material pada mesin cutting Pipe Lower sebelum digunakan sistem Semi-Otomatis ini dengan manual oleh Operator, Operator memasukan raw-material dari palate lalu meletakkan 5 pcs raw material kedalam loading table yang ada disamping mesin cutting pipe lower mengakibatkan banyaknya waste movement yang terjadi karena proses ini dilakukan secara berulang ulang menyebabkan cycle time dari proses cutting mesin pipe lower menjadi besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan Improvement sistem Loader mesin Cutting Pipe Lower Semi-Otomatis, dengan adanya sistem loader ini dapat memudahkan dan mempercepat waktu produksi serta menambah faktor keamanan operator. Metodologi yang digunakan ialah dengan analisa kebutuhan yang ada di pabrik serta dengan cara memerhatikan secara langsung proses yang dilakukan dilapangan, lalu dibuat mekanisme kerja mesin dengan memerhatikan referensi dan melihat sistem yang sudah ada di dunia saat ini untuk mendapatkan gambaran mesin yang akan dibuat sekaligus memilih material, setelah itu gambar kerja dibuat dengan perhitungan dimensi yang telah dilakukan, pembuatan dan assembly dikerjakan setelah gambar kerja selesai, dan terakhir di uji kelayakan mesin, setelah kelayakan sistem loader diuji apabila masih memiliki kekurangan dilakukan perbaikan mulai dari rancangan awal atau saat permesinan. Hasil perencanaan yang diperoleh sebagai berikut: tinggi = 1425[mm], lebar = 360 [mm], panjang = 1210 [mm]

Kata Kunci: Mesin Cutting, Sistem Loader, Waktu Produksi

Abstract

The Loader system on the lower cutting machine works to make the process of inserting the Raw Material on a lower manual pipe cutter previously manualized into Semi-Automatic using a sloping concept to make raw material move toward the cutting pipe lower, it also uses pneumatik as a tool to push the raw-material can come out one by one. Process Enter Raw Material on Pipe Lower cutting machine before Semi-Automatic system is used manually by Operator, The operator inserts raw material from the palate and puts 5 pcs raw material into the loading table beside the cutting pipe lower machine resulting in the amount of waste movement that occurs because this process is done repeatedly causing cycle time from the cutting process of the pipe lower engine becomes big. Therefore, it needs to be done Improvement system Loader Cutting Pipe Lower Semi-Automatic engine, with the existence of this loader system can facilitate and speed up production time and add to the operator's security factor. The methodology used is the analysis of needs in the factory as well as by observing directly the process done in the field, then made the mechanism of working the machine by looking at the reference and see the existing system in the world today to get a picture of the machine to be made at once select the material, after that the drawing work is made with the calculation of dimensions that have been done, the manufacture and assembly is done after the drawing work is completed, and the last test on the feasibility of the machine, after the feasibility of the loader system is tested if it still has deficiencies made improvements starting from the initial .design or when machining. The result of planning is as follows: height = 1425 [mm], width = 360 [mm], length = 1210 [mm].

Key Word : Cutting Machine, Loader system, Raw Material

BAB I PENDAHULUAN

1. Pendahuluan

Mesin feeder adalah mesin yang digunakan untuk mempermudah proses memasukan raw-material kedalam sebuah mesin untuk di proses sesuai dengan keinginan, mesin feeder menggunakan banyak konsep untuk mempermudah peletakan raw-material kedalam mesin, beberapa konsep mesin feeder yang telah ada saat ini adalah; menggunakan konveyor yang bergerak secara kontinyu sehingga proses dapat berjalan full otomatis kelebihan menggunakan konveyor adalah proses kontinyu sehingga proses feeder menjadi full otomatis, dan dapat digunakan untuk beberapa mesin sekaligus, kekurangan dari menggunakan konveyor adalah mesin mahal; selanjutnya menggunakan Hidrolik sebagai alat dorong raw-material dimana penggunaan hidrolik di desain sesuai dengan keperluan agar proses yang mulanya manual menjadi semi-otomatis atau otomatis; dan yang terakhir pneumatik berfungsi sama seperti hidrolik namun memiliki kekuatan yang lebih kecil dibanding dengan hidrolik.

PT. Roda Prima Lancar perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi komponen sepeda motor, seiring meningkatnya permintaan produk oleh konsumen, maka perusahaan perusahaan yang sedang berkembang ini melakukan banyak inovasi salah satu contohnya adalah pembuatan sistem otomatis pada mesin cutting pipe lower, permasalahan yang terjadi pada proses produksi di mesin cutting pipe lower adalah proses produksi ini masih menggunakan tenaga manusia atau manual sehingga pesanan produk tidak dapat dipenuhi, oleh sebab itu dibuat lah sistem loader semi-otomatis pada mesin cutting pipe lower ini.

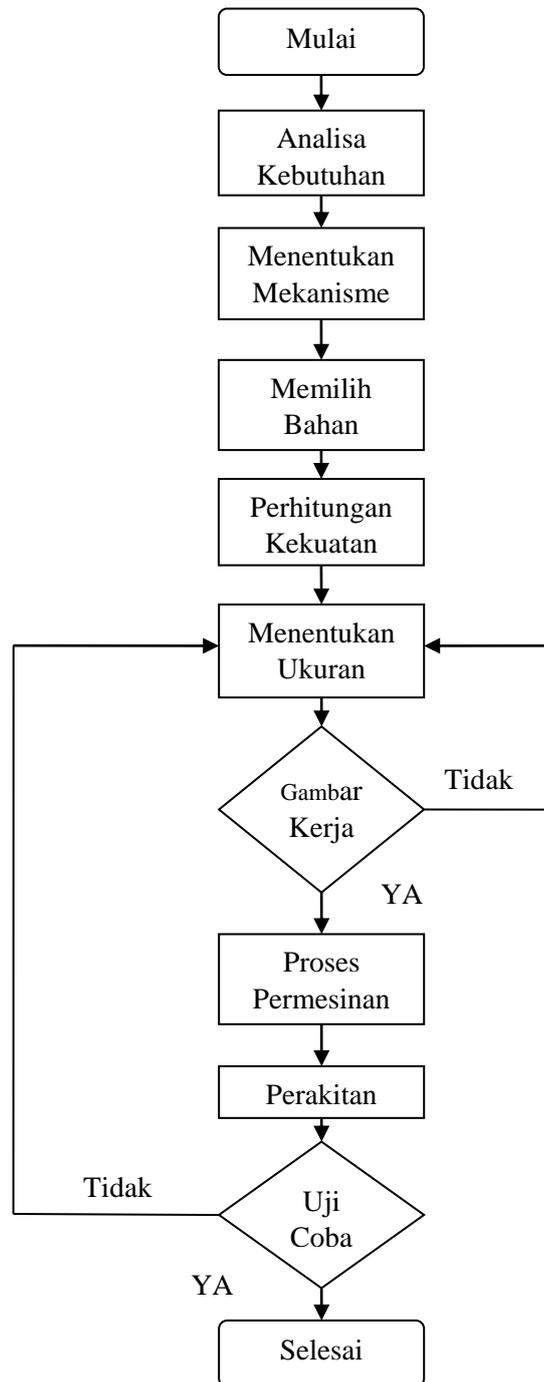
“State Of The Art” Penyusunan makalah ini mengambil beberapa referensi penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini salah satu contoh adalah penelitian oleh Gamawan Ananto dan Muhhamad Luthfi dengan judul artikel “ FEEDER ATTACHMENT UNTUK PERBAIKAN PRODUKTIFITAS PADA SALAH SATU PROSES STAMPING DI INDUSTRI KOMPONEN PRESS” yang dipublikasikan pada tahun 2016, hasil penelitian jurnal ini membahas sistem otomatis untuk pemuatan material blank pada proses drawing mesin press, menggunakan konsep pneumatik dan plc, konsep kerjanya operator memuat 25 blank material ditumpuk dalam suatu container pada awal prosesi saja, selanjutnya pneumatik mendorong satu persatu material dari bagian bawah, operator menambahkan material di sela-sela operasi ‘pre clean’ dan ‘post clean’.

Sistem loader semi-otomatis memiliki kelebihan kapasitas yang dapat memuat 50 material, menggunakan konsep pneumatik dan bidang miring agar proses pemuatan material manual diganti menjadi semi-otomatis.

2. Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka tujuan penulisan dari karya tulis ini adalah dapat rancang bangun sistem loader semi-otomatis yang dapat menampung material sebanyak 50 pcs, dapat meningkatkan faktor keselamatan operator saat melakukan proses produksi, dan dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi pada proses produksi mesin cutting pipe lower pada PT Roda Prima Lancar.

3. Diagram Alir

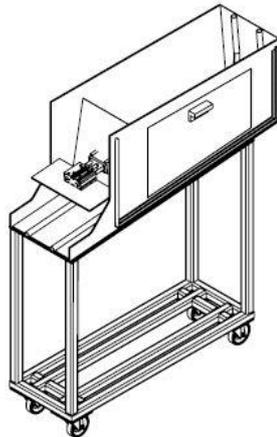


3. Kajian Pembeding Alat yang Sudah Ada



Gambar 1 Loading Table

- A. Kekurangan Alat yang sudah ada
- Hanya menampung 10 pcs raw material
 - Proses manual oleh operator
 - Sering melakukan pengisian raw material dari pallet

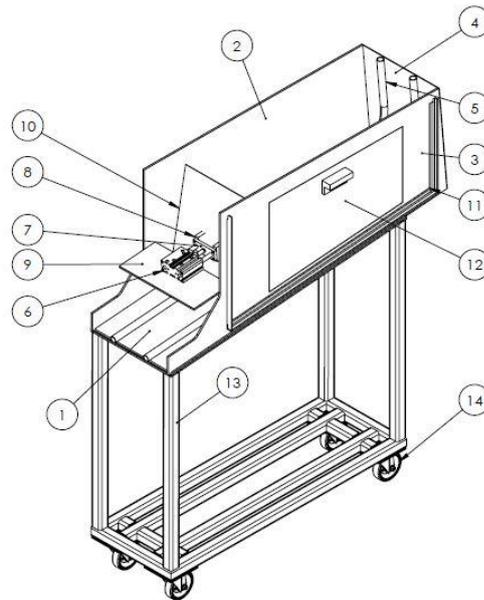


Gambar 2 Loader Baru

- B. Kelebihan Alat yang baru
- Mampu menampung 50 pcs raw material
 - Proses Semi-otomatis oleh operator
 - Mengurangi proses pengisian raw material dari pallet
 - Menambah faktor keamanan operator

4. Konsep Rancangan Alat

Berdasarkan hasil analisa kajian pembeding alat yang sudah ada. Dipilihlah pembuatan sistem Loader semi-otomatis. Penggunaan sistem Loader semi-otomatis ini bertujuan agar proses memasukan Raw Material (Loading) secara manual oleh operator menjadi semi-otomatis memanfaatkan konsep bidang miring dan alat bantu pneumatik, sehingga akan mempersingkat waktu proses Loading, menambah factor keamanan terhadap operator tersendiri karena proses manual memiliki tingkat bahaya yang tinggi, mengurangi Waste Movement karena dalam satu system Loader dapat menampung Raw Material sebanyak 50 pcs, membuat proses produksi menjadi lebih efisien.



Gambar 3 3D Design Loader

Tabel 1 Part Loader

Item Number	Nama Part	Quantity
1	Plat Alas	1
2	Plat Sisi Kiri	1
3	Plat Sisi Kanan	1
4	Plat Belakang	1
5	Pipa	2
6	Pneumatik	1
7	Pneumatik Rod	1
8	Supporting Rod	2
9	Base Pneumatik	1
10	Plat Pendorong	1
11	Frame	2
12	Plat Pintu	1
13	Rangka	1
14	Roda	4

Berdasarkan hasil Analisa, maka dibuatlah alat dengan spesifikasi ukuran sebagai berikut :

Tinggi	1425 [mm]
Lebar	360 [mm]
Panjang	1210 [mm]
Berat Loader	67.621 [kg]

5. Pembahasan

Sistem Loader semi-otomatis mesin cutting pipe lower membuat proses produksi manual menjadi semi-otomatis. Hal ini dikarenakan adanya loader yang dapat menampung 50 pcs raw material sekaligus. Dan membuat proses dapat berjalan terus menerus karena pengisian raw-material saat antara proses 'pre clean' dan 'post clean'.

1. Membuat proses manual menjadi semi-otomatis.
2. Menurunkan cycle time proses produksi cutting pipe lower.
3. Meningkatkan produktifitas.

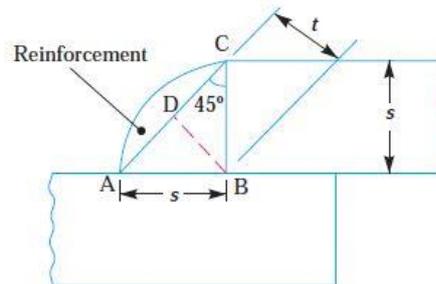
6. Perhitungan

A. Kekuatan sambungan las

Table 2 Faktor konsentrasi tegangan fatigue sambungan las

Type of Weld	Fatigue stress concentration factors, K_f
Reinforced but weld	1,2
Toe of Transverse fillet weld	1,5
End of parallel fillet weld	2,7
T-butt joint with sharp corner	2,0

- Tipe las yang digunakan dalam penyambungan plat adalah fillet weld



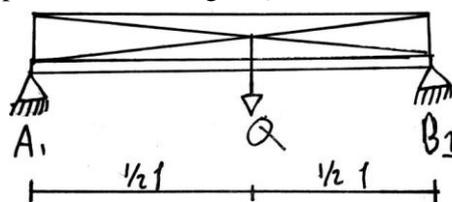
Gambar 4 Analisis Las

Keterangan : t = Throat Thickness (BD)
 $t = s \times \sin 45^\circ$
 $t = 0.707 s$
 s = Size of Weld
 l = Length of Weld

- Luas minimum las
 $A = \text{Throat Thickness} \times \text{length of weld}$ [persamaan 1]
 $A = t \times l$
 $A = 0.707 s \times l$
- Kekuatan Tarik las
 Apabila σ_t kekuatan Tarik yang diizinkan
 $P = \text{Throat Area} \times \sigma_t$ [persamaan 2]
 $P = 0.707 s \times l \times \sigma_t$

B. Beban

Asumsikan kerangka belakang loader sebagai A1 dan A2, kerangka depan loader sebagai B1 dan B2, berat total dari 50 pcs material sebagai Q.



Gambar 5 Analisis Beban Produk

- a) $\Sigma MA1 = 0$ [Persamaan 3]
 $R_{VB1} = \frac{1}{2} Q l$
- b) $\Sigma MB1 = 0$ [Persamaan 4]
 $R_{VA1} = \frac{1}{2} Q l$
- c) $\Sigma Fy = 0$ [Persamaan 5]
 $R_{VA1} + Q = R_{VB1}$

7. Kesimpulan

Secara proses dan teknis pada kedua proses produksi mempunyai kemampuan yang berbeda, namun kebutuhan pelanggan perlu diprioritaskan untuk mencapai kuantiti yang diharapkan. Seiring pembaharuan konsep, maka terjadi pembaharuan cara kerja yang berguna untuk meningkatkan produktifitaas pada proses produksi sebelumnya. Prediksi manfaat merupakan tujuan utama dalam pembaharuan. Manfaat tersebut diambil berdasarkan observasi proser kerja sebelumnya yang akan diambil masalah potensial yang ada. Sehingga manfaat yang timbul akan tepat sasaran. Adapun perubahan signifikan yang terjadi meliputi beberapa faktor, yaitu :

- Membuat proses manual menjadi semi-otomatis.
- Menurunkan cycle time proses produksi cutting pipe lower.
- Meningkatkan produktifitas.

8. Ucapan Terimakasih

Dalam proses pembuatan karya tulis ini, penulis telah mendapatkan berbagai bimbingan dan arahan, baik berupa ilmu, informasi, maupun segi administrasi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Pihak PT. Roda Prima Lancar
2. Bapak Sidiq Ruswanto S.T., M.Si. sebagai dosen pembimbing
3. Ibu Candra Damis Widiawaty, S.TP., M.T sebagai Kepala Proogram Studi Teknik Mesin
4. Dan semua pihak yang membantu menyelesaikan paper seminar nasional ini.

9. Daftar Pustaka

- [1] Agustinus Purna Irawan, "Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur)", 2007
- [2] R.S. Khurmi, J.K. Gupta, "Textbook for the Students of B.E. / B.Tech.,U.P.S.C. (Engg. Services); Section 'B' of A.M.I.E", 2005
- [3] Gamawan Ananto, Muhammad Luthfi, "Feeder Attachment Untuk Perbaikan Produktifitas Pada Salah Satu Proses Stamping di Industri Komponen Press" 2016

MENGURANGI BARI PADA PRODUK MOLD INJECTION DI PT. XYZ

Mahmudi Anshari

Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,

Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424.

Telp : +6221 7270044. Fax : (021) 7270034

Email : almahdipnj@gmail.com

Email : mahmudianshari354@gmail.com

Abstrak

PT. XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufacturing elektronik. Part-part yang dihasilkan sebelum menjadi produk ,mayoritas terbuat dari plastik yang diproduksi pada lini injection molding.Injection molding adalah metode pembentukan material plastik dimana material yang meleleh karena pemanasan diinjeksikan oleh plunger ke dalam cetakan yang didinginkan oleh air sehingga mengeras.Cetakan sangat mempengaruhi hasil produk diperlukan perawatan khusus pada cetakan.Demi menjaga kepercayaan konsumen untuk menghasilkan produk yang berkualitas, perusahaan telah menerapkan manajemen mutu yang baik dan sesuai dengan pedoman standar mutu yang berlaku. Dalam kegiatan produksinya, perusahaan selalu berupaya agar menghasilkan produk yang baik dan menekan kerusakan produk, akan tetapi, kenyataan dilapangan banyak ditemukan produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi defect pada produk Injection Molding dan mengetahui bagaimana pelaksanaan pengendalian kualitas menggunakan Parameter awal mesin.Setelah data–data yang tersedia selanjutnya akan dilakukan analisis terhadap parameter hasil produk dan cetakan.

Kata Kunci : *Injection Molding,Cetakan,Bari*

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in electronic manufacturing. The parts produced before becoming the product, the majority are made of plastics manufactured on the injection molding line. Injection molding is the method of forming the plastic material where the material melts by heating is injected by the plunger into the water-cooled mold so that it hardens. The mold greatly affects the yield the product required special care on the mold. Demi maintains the consumer's trust to produce quality products, the company has implemented a good quality management and in accordance with the applicable quality standard guidelines. In its production activities, the company always strives to produce good products and suppress product damage, however, the reality of the field found many products produced not in accordance with predetermined standards.This study aims to reduce the defect in Injection Molding products and know how the implementation of control quality using the initial Parameter mesin .Setelah available data will then be done analysis of product and printout parameters..

Keywords: *Injection Molding, Mold, Bari*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini plastik merupakan bahan atau material yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia, sebagai bahan yang sangat mudah didapat, praktis, ringan dan tentu saja modern, Untuk bisa membuat sebuah produk plastik yang sesuai dengan apa yang kita kehendaki tentunya dibutuhkan teknologi yang memadai baik itu dari sisi mesin *injection*, cetakan injeksi, material, metode dan manusia, Dari berbagai macam parameter tersebut, salah satu faktor yang dominan adalah pengaturan parameter setting pada mesin *injection molding*. Di perusahaan tempat saya bekerja misalnya, masih banyak terjadi cacat produk, terutama masalah bari (*flash*) yang mengakibatkan menurunnya jumlah produksi.

Untuk meminimalkan kerugian akibat produk yang cacat, perusahaan harus menghasilkan produk berkualitas tinggi dan memenuhi kebutuhan konsumen dalam melakukan kegiatan produksi. Untuk itu perusahaan perlu menerapkan manajemen mutu dalam produksi. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisasi produk yang cacat

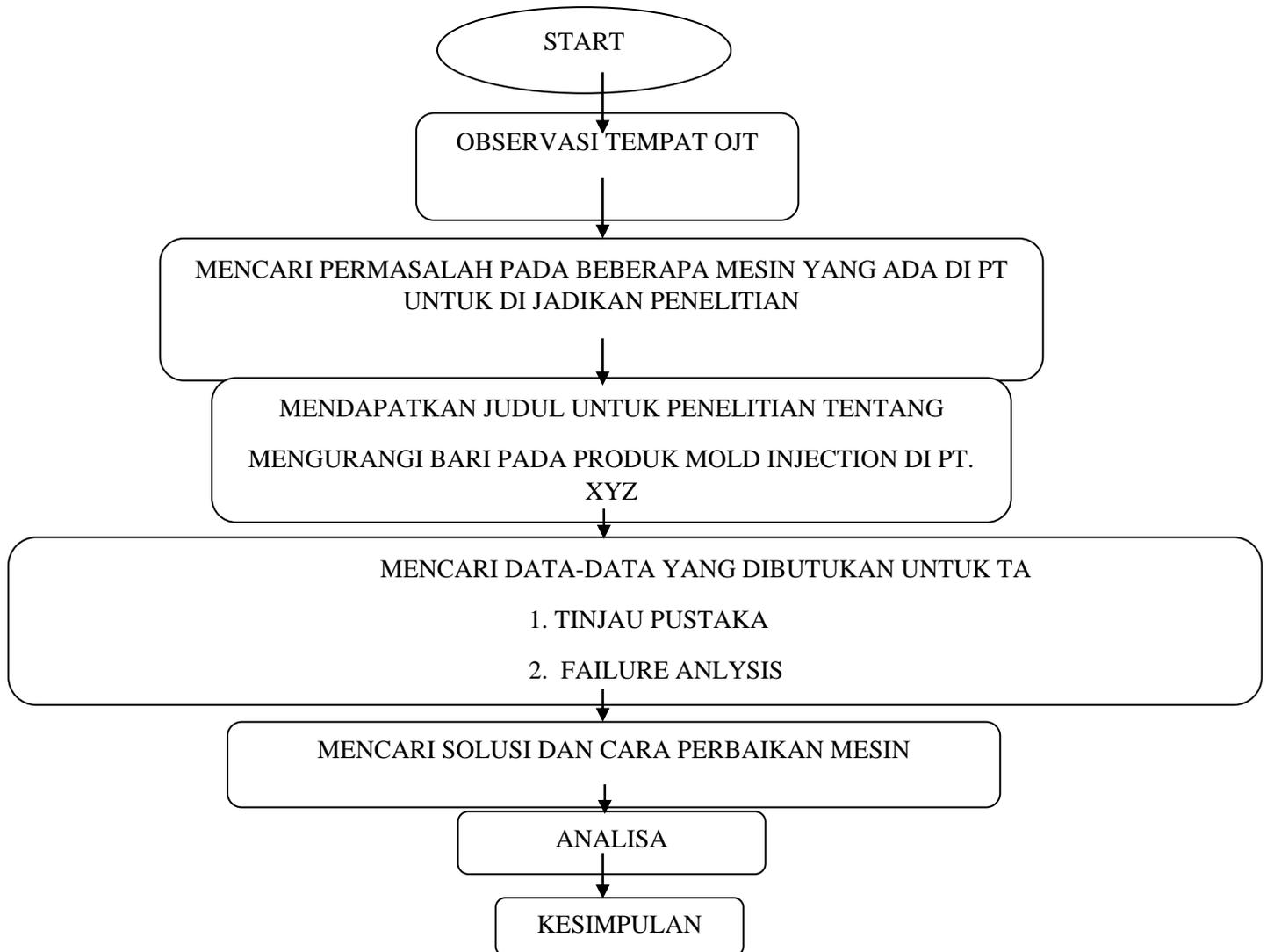
Pengurangan hasil produk molding Injection yang bari (*flash*) dibutuhkan sebab dapat mengurangi waktu pengerjaan dan memangkas biaya produksi. dengan penelitian ini diharapkan bisa memutus rantai permasalahan yang ada di perusahaan PT. XYZ.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian dalam pembuatan tugas akhir ini adalah untuk:

1. Memberikan pengetahuan baru tentang sebab terjadinya cacat Bari (*flash*) sehingga dapat diketahui cara pencegahannya
2. Mengidentifikasi pengaruh waktu tahan terhadap Bari sehingga menghasilkan produk yang lebih baik dan mengurangi benda cacat sehingga menghemat biaya produksi .

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Proses

1. Metode Observasi

Yaitu metode untuk mencari permasalahan tentang mesin-mesin yang ada di perusahaan untuk dijadikan penelitian

2. Metode Pengumpulan Data

Yaitu metode pengumpulan data-data dari literature, manual book, dan teknisi lapangan yang dibutuhkan untuk penelitian.

3. Metode Failure Analysis

Metode ini adalah untuk mencari penyebab Bari (flash) pada lini proses injection molding PT. XYZ

produk yang terjadi pada lini proses Injeksi Molding machine

4. Metode Pembahasan Untuk Mencari Solusi

Metode ini adalah untuk mencari solusi dan cara perbaikan dan perawatan mesin agar tidak mengalami kerusakan kembali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi yang dihadapi dalam proses produksi, yaitu berupa data prosentase kualitas yang dihasilkan. Prosentase Kualitas dari hasil produksi yang ditemukan selama bulan Oktober 2017 sd Februari 2018 adalah sbb ::

Tabel 1. % Jenis Cacat Hasil Produksi tahun Oktober 2017- Februari 2018

	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Rata2
% Kw 1	84.75	83.2	82	82.11	80.75	82.562
% Kw 2 (Cacat)	15.25	16.80	18.00	17.89	19.25	17.44

Dari data awal menunjukkan bahwa rata rata %Kw1 yang dihasilkan selama periode Oktober 2017 sd Februari 2018 sebesar 82.562% yang berarti masih belum mencapai target kualitas yang ditentukan sebesar 85% dan ditemukan defect pada produk Kw2 sebesar 17.44 %

b. Menentukan Prioritas Masalah Dari temuan awal mengenai pencapaian kualitas hasil produksi maka langkah selanjutnya adalah mencari jenis cacat dominan yang terjadi pada produk KW 2, berikut adalah data jenis defect yang terjadi pada produk Kw 2

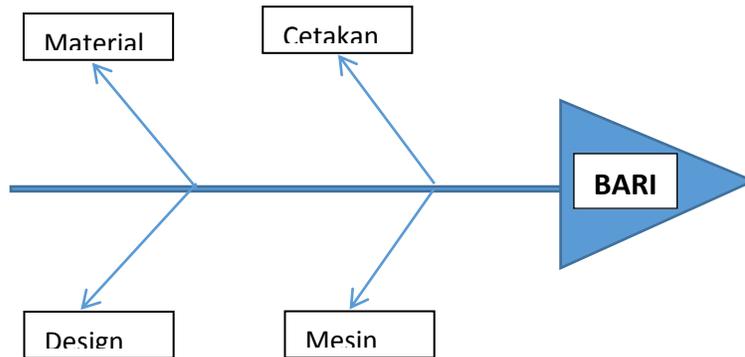
Tabel 2. Prosentase Jenis Cacat pada produk Kw2

Jenis Cacat	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Rata2
Sink mark	1.22	1.45	1.13	1.32	1.41	1.306
Crack	2.43	1.97	2.65	2.31	2.11	2.294
Bari	5.32	5.43	5.98	5.69	5.27	5.538
Bintik Hitam	0	0.2	0	1.42	1.12	0.548
Kurang isi	1.22	1.5	0.97	0.99	1.8	1.296

Dari pengumpulan data cacat menunjukkan bahwa jenis cacat “Bari” merupakan jenis cacat yang paling besar sehingga menjadi fokus utama untuk dilakukan dari pengamatan .

c. Mencari Penyebab Masalah

Setelah diketahui penyebab Bari terjadi di lini Injeksi maka selanjutnya dilakukan analisa sebab akibat dari timbulnya cacat Bari tersebut dengan menggunakan diagram “Fish bond”



1. Faktor Cetakan/Mold

Faktor dari mold/cetakan adalah faktor penyumbang terbesar terjadinya bari, Idealnya celah /clearance parting line sebaiknya 0-0,01 mm maka resin tidak bisa masuk dan udara dan gas dalam mold mudah keluar sehingga umur mold dan kualitas produk tidak Bari.

2. Faktor Material

Dari faktor material ditemukan kurangnya viskositas material yang mengakibatkan terdapat material lebih yang ikut membeku dipinggir – pinggir produk.

3. Faktor Design

Dari faktor desain produk yang kurang sesuai dengan mold, juga menyebabkan produk Bari.

4. Faktor Mesin

Dari faktor mesin, ditemukan bahwa Kurangnya pressure clamping mold pada mesinnya. sehingga terjadi cacat Bari.

2. Implementasi Perbaikan (Do)

Setelah menentukan target, selanjutnya melakukan langkah – langkah perbaikan ditinjau dari segi Cetakan/mold, Design, Mesin, Material. Implementasi tersebut dilakukan bertahap mulai bulan Maret – April 2018

d. Penyusunan Langkah Perbaikan

Setelah dilakukan analisa sebab akibat dengan menggunakan diagram *fish bond* maka selanjutnya dilakukan strategi penyusunan langkah perbaikan untuk mengatasi cacat Bari

Tabel 3. Rencana Perbaikan

	What	Why	How	When	Where	who
	Faktor dominan	Penyebab	Ide Perbaikan	Waktu	Lokasi	PIC
1	Konstruksi mold yang tidak sesuai	tekanan injeksinya kurang	Perbaikan pada mold	Maret 2018	Lini Injetion	Maintenance Dept
2	pada Parting Line ada celah & sudut terbuka	Timbul flash akibat tekanan aliran material	Celah permukaan Parting line diperkecil 0-0,01	Maret 2018	Lini Injetion	Maintenance Dept
3	desain produk yang kurang sesuai dengan mold	Hasil Cetakan tidak sesuai (bari)	design ulang/ repair mold	Maret 2018	Lini Injetion	Maintenance Dept
4	Kurangnya pressure clamping mold pada mesinnya.	gas dalam mold tidak dapat keluar	setting pada Injection molding Machine	Maret 2018	Lini Injetion	Maintenance Dept

e. Menetapkan Target

Setelah melakukan strategi untuk perbaikan, selanjutnya menentukan target penurunan defect yang disebabkan karena cacat Bari, yaitu :
menurunkan cacat Bari 50% dari periode sebelumnya.

3. Evaluasi Aktivitas Perbaikan (Check)

Aktivitas evaluasi dampak perbaikan dilakukan pada bulan Oktober 2017-Februari 2018 , dimana semua kegiatan perbaikan sudah dilakukan. Evaluasi dilakukan dengan melihat kualitas hasil produksi dan cacat yang timbul dari hasil produksi tersebut. Prosentase kualitas 1 hasil produksi periode Oktober 2017 -Februari 2018 mengalami kenaikan % Kw1 nya dari 82.562% menjadi 91.412%

4. KESIMPULAN

1. Prosentase cacat Kw1 pada periode Oktober 2017-Februari 2018 mencapai angka 82.562% dan setelah dilakukan perbaikan dengan pendekatan PDCA prosentase Kw1 mengalami peningkatan menjadi 91.412%
2. Cacat dominan pada periode Oktober 2017-Februari 2018 yang menyebabkan % Kw1 tidak tercapai adalah adanya desain produk yang kurang sesuai dengan mold

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Khurmi, R.S., Gupta, J.K. A Textbook Of Machine Design. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD. 2005.
- [2]. SEMNAS dan Teknologi 2016 1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 8 November 2016
- [3]. Vukota Boljanovic, PH. D. Sheet Metal Forming Process and Die Design. New York 10016.
- [4]. Assauri, Sofjan. Manajemen Produksidan Operasi. Jakarta : LembagaPenerbit FEUI.1998
- [1]. <http://www.scribd.com/document/95830047/Materi-press-Tool> (30/5/2018 14:40WIB)
- [2]. www.FIBRO.com FIBRO Standard Catalogue. 2011.

**Peningkatan Kapasitas Produksi Cross Member FE TD Proses 1st Area Small A
Hamdi¹, Michael Andersen Yuniur¹, Dias Ichwan Adiluhung¹**

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia
Tel: (62-21)7863530, Fax: (62-21)7863530

Abstrak

PT Gemala Kempa Daya (GKD) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang otomotif. Produk yang dihasilkan berupa frame chassis untuk kendaraan komersial dan press part baik kendaraan komersial maupun passanger car yang di suplai ke berbagai Agen Tunggal Pemegang Merk (ATPM). Kenaikan jumlah order pada bulan Januari hingga Juni 2018 menyebabkan perlu adanya perbaikan. Tulisan ini khususnya membahas langkah meningkatkan kapasitas produksi proses stamping pada mesin B8 rentang kapasitas 300[ton] di area small A. Salah satu produk yang dihasilkan mesin B8 adalah Cross Member Front FE TD proses 1st yang meningkatkan dari bulan Februari sebanyak 3732 unit hingga bulan April sebanyak 4560 unit dengan 2 stroke per unit.

Perbaikan untuk meningkatkan kapasitas produksi mesin B8 fokus kepada perkerjaan tanpa nilai tambah dengan menganalisis kerja operator, waktu yang tersedia, takt time, waktu yang dibutuhkan per siklus. Metode peningkatan kapasitas produksi dilakukan dengan observasi dan pengambilan data, mengidentifikasi kerja operator, perencanaan perbaikan, uji coba perbaikan, evaluasi, implementasi, dan standarisasi.

Hasil dari perbaikan untuk mencapai kenaikan kapasitas produksi berupa kotak scrap, roller transfer scrap, desain tata letak baru operator, perkiraan perubahan waktu yang dibutuhkan per siklus untuk 2 operator dengan rincian MP 1 dari 13.02[s] menjadi 11.969[s] dan MP 2 dari 11.8[s] menjadi 9.13[s], standarisasi kerja baru, instruksi kerja.

Kata Kunci : peningkatan kapasitas, perbaikan tanpa nilai tambah, standarisasi kerja baru

Abstract

PT Gemala Kempa Daya (GKD) is a manufacturing company engaged in the field of automotive. The product that produce is a frame chassis for commercial car and press parts either commercial cars nor passanger cars that are supplied to a variety of sole agents (ATPM). The increase in the number of orders in January until June 2018 caused improvement. This paper specifically discusses the step of capacity up at stamping process in the B8 machine which is capacity range of 300 [tons] in small A. The product produced by B8 machine is Cross Member Front FE TD process 1st which terrace from February is 3732 units until April as many as 4560 units with 2 strokes per unit.

Improvements to grow up production capacity of B8 machine focus on non-value added (NVA) work by analyzing working conditions of man power, loading time, takt time, cycle time. Methods that use to capacity up of production are observation and data collection, identify working conditions of man power, improvement planning, trials improvement, evaluation, implementation, and standardization.

The results of improvements to achieve capacity up include scrap boxes, scrap transfer rollers, new layout design man power, estimate cycle time changing for 2 man power specify MP 1 from 13,02[s] will be 11.969[s] and MP 2 from 11,8[s] will be 9.13[s] , new work standardization, work instruction

Keywords : capacity up, improvement non-value added, new work standardization..

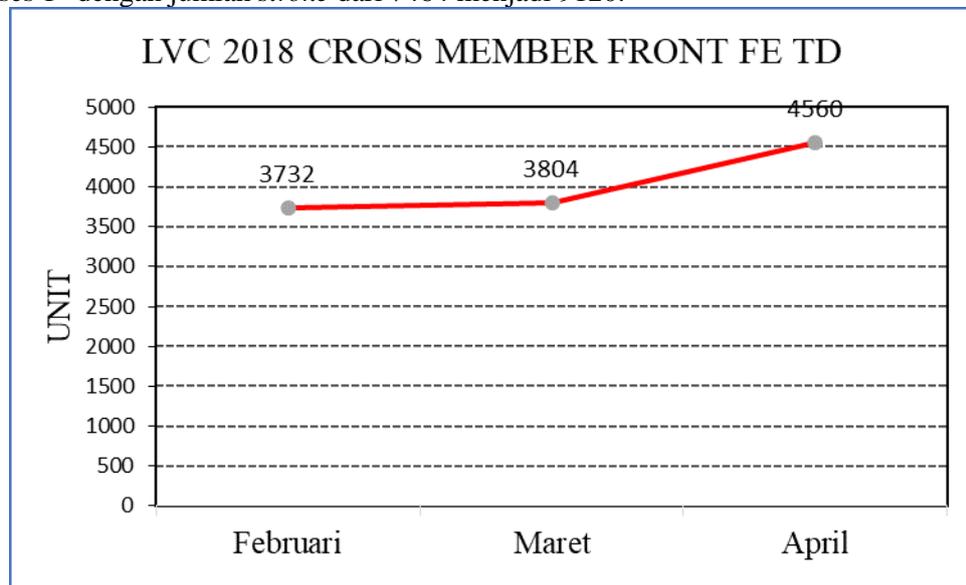
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT GEMALA KEMPA DAYA (GKD) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang otomotif. Perusahaan ini terletak di kawasan industri Pegangsaan Dua, Jakarta Utara. Produk yang dihasilkan PT GKD adalah *frame chassis* dari truk yang di *supply* ke berbagai Agen Tunggal Pemegang Merk (ATPM), diantaranya PT. Kramayudha Ratu Motor (Mitsubishi), PT. Hino Manufacturing Indonesia (HINO). Proses yang ada di PT.Gemala Kempa Daya secara umum adalah *Press, Assembling, Drilling, Painting*.

Stamping Procces terbagi menjadi 3 Line, yaitu *Big Press, Small A, Small C*. *Big Press* sendiri terbagi menjadi 2 (dua) mesin yaitu 4000 TON dan 2000 TON. *Small A* sendiri terbagi menjadi 5 (lima) mesin, yaitu 3 mesin 1000 TON (B6,B7,B1), 500 TON (B2) dan 300 TON (B8). *Small C* terdiri dari 3 (mesin) yaitu 2 mesin 400 TON (B11,B10) dan 300 TON (B9).

Berdasarkan Loading VS Capacity PT. Gemala Kempa Daya tahun 2018, terjadi peningkatan jumlah *order* pada hingga bulan April untuk *Cross Member FE TD* proses 1st yang di produksi oleh area *Small A* pada mesin B8 300 TON, dari bulan Februari sebanyak 3732 unit hingga bulan April sebanyak 4560 unit. Mesin B8 perlu diadakan peningkatan kapasitas produksi sehingga menghasilkan produk *Cross Member Front FE TD* proses 1st dengan jumlah *stroke* dari 7464 menjadi 9120.



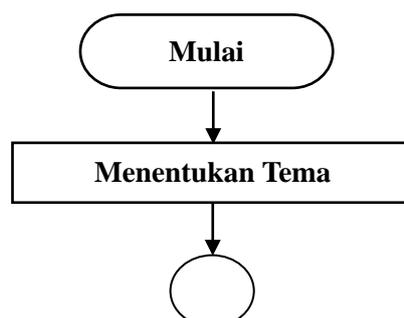
Grafik.1 Loading Versus Capacity Cross Member Front FE TD
Sumber : Departemen PPIC PT GKD

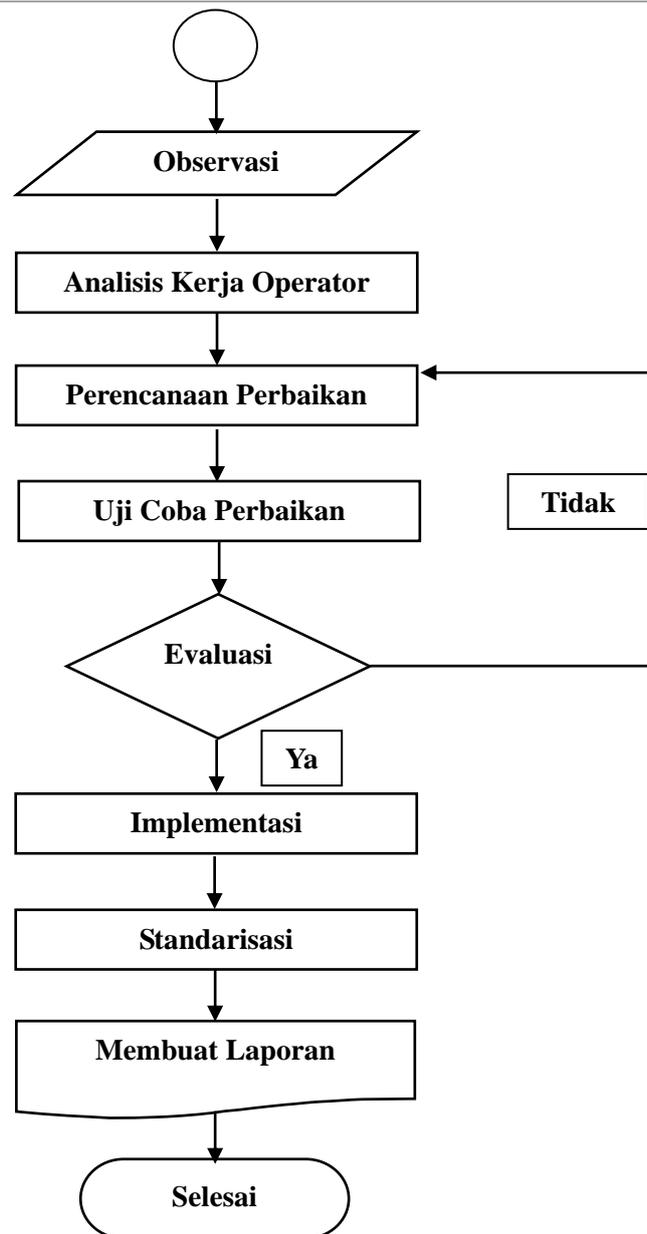
1.2 Tujuan

Tujuan dari peningkatan kapasistas mesin B8 ini adalah:

- Mengurangi CT (*cycle time*) kondisi saat pengambilan data.
- Mengubah *layout* posisi *man power* sehingga lebih efisien.
- Menambah beberapa komponen pada dies
- Membuat standarisasi kerja baru

2. METODE PENELITIAN





Uraian Metode Penelitian

1. Menentukan Tema

Tema adalah bentuk pemikiran utama dari rancangan perbaikan untuk meningkatkan kapasitas produksi yang akan dibuat, sehingga hal yang dilakukan pertama adalah menentukan tema tersebut, dalam hal ini tema yang akan dibahas adalah Peningkatan Kapasitas Produksi *Cross Member FE TD* Proses *1st* Area *Small A*.

2. Observasi

Observasi dilakukan sebelum dan sesudah perbaikan. Observasi sebelum perbaikan dilakukan sebagai *mapping* permasalahan pada seluruh aspek yang ada dalam proses *stamping* pada mesin *press* B8. Observasi setelah perbaikan digunakan untuk melihat perbaikan yang tercapai pada mesin B8. Pengambilan data dilakukan dengan beberapa cara, yaitu perekaman dengan kamera *digital*, dan pencatatan data.

- a. Perekaman proses kerja, dilakukan untuk mendapatkan dokumentasi proses kerja yang dapat dipilah berdasarkan elemen kerjanya.
- b. Pencatatan data merupakandata yang diambil adalah proses kerja yang dilakukan, *cycle time*, dan *station* kerja.

3. Analisis Kerja Operator

Menganalisis kerja operator untuk mendapatkan kategori pekerjaan yang dilakukan, terdiri dari walking, non-value added (nva), value added(va).

4. Perencanaan Perbaikan

Permasalahan yang didapat dari hasil observasi kemudian dianalisis faktor penyebab dan dampak yang mungkin ditimbulkan. Pemecahan dari permasalahan mengacu dari pekerjaan yang termudah untuk diperbaiki, mulai dari walking, nva, va.

5. Uji Coba Perbaikan

Uji coba penerapan perbaikan yang telah dirancang sebelumnya, bertujuan untuk mengetahui hasil dari perencanaan perbaikan.

6. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas dari perbaikan yang sedang di uji coba. Kekurangan yang masih ada akan dibahas lagi dan dicari pemecahannya.

7. Implementasi

Tahapan akhir dari rencana perbaikan, yaitu penerapan langsung di lapangan. Implementasi dilakukan setelah proses uji coba dilewati dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan rencana perbaikan yang telah dibuat.

8. Standarisasi

Membuat standar kerja baru disesuaikan dengan implementasi yang telah tercapai sebagai acuan operator untuk bekerja sehingga keamanan dan kualitas produk yang dihasilkan tetap terjaga. Standarisasi ini juga menjadi patokan apabila terjadi ketidaknormalan dalam bekerja

9. Membuat Laporan

Seluruh kegiatan perbaikan dibuatkan sebuah laporan, sehingga jika akan melakukan perbaikan lagi, dapat menjadi sebuah pedoman agar opsi-opsi perencanaan perbaikan yang sudah ada tidak perlu dibahas lagi.

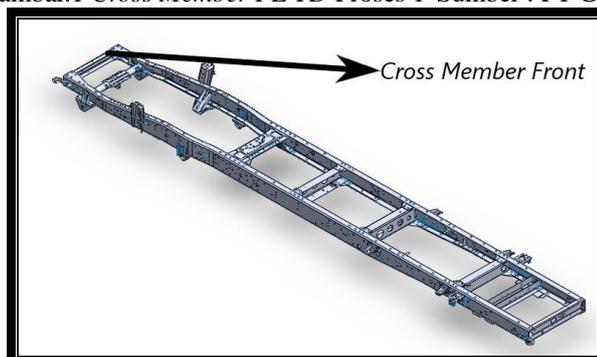
3. HASIL DAN PEBAHASAN

3.1 Pengenalan Produk

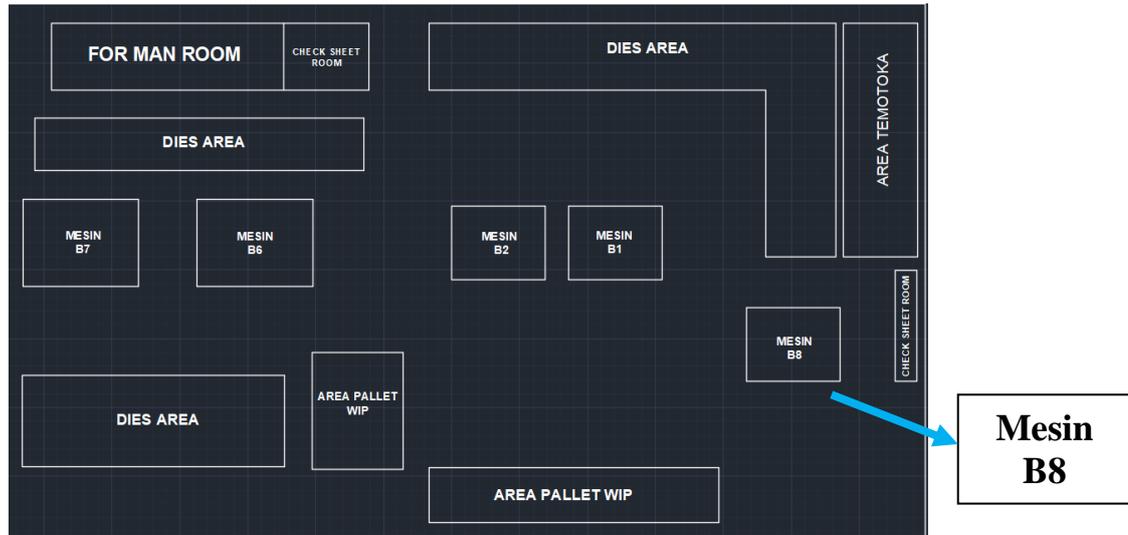
Cross Member Front FE TD merupakan salah satu *supporting part* untuk membuat *frame chassis* kategori 2 yang akan di *assembling* pada *Line Assy A* PT GKD. Proses sebelum di-*assembling* pada mesin B8 untuk *Cross Member Front* FE TD yaitu ; *blanking, piercing, bending*. Mesin B8 terletak pada Area Small A PT GKD, yang merupakan area stamping.



Gambar.1 *Cross Member FE TD* Proses 1^s Sumber : PT GKD



Gambar.2 *Frame Chassis* Sumber : Departemen Product Engineering PT GKD



Gambar.3 Layout Area Small Press A

3.2 Kapasitas Produksi

Kapasitas adalah nilai dari kemampuan produktif dari sebuah fasilitas. Kapasitas biasa dinyatakan dengan banyaknya produk yang dihasilkan per waktu tertentu dengan rumus :

$$\text{Kapasitas produksi per hari} = \frac{\text{Total waktu kerja per hari}}{\text{Cycle time}}$$

3.3 Tabel Standar Kerja Cross Member Front FE TD Proses 1st

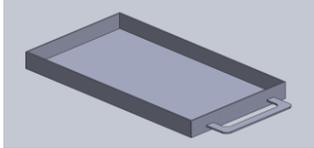
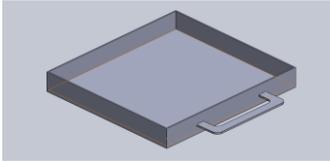
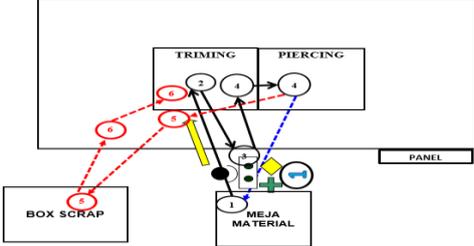
Tabel standarisasi kerja adalah instruksi kerja yang menggambarkan dengan jelas kondisi pekerjaan di tempat tersebut yang sekaligus menggambarkan masing-masing proses tersebut didalam suatu tempat kerja. Tabel ini memggambarkan gerakan orang dengan *layout* dalam satu siklus. Tabel standarisasi kerja ini dipakai juga sebagai alat untuk pengawasan kerja yang dapat langsung terlihat. Selain itu, tabel ini juga memiliki fungsi untuk menangkap poin-poin masalah yang tertangkap secara visual di tiap *line*, dapat juga digunakan sebagai alat untuk instruksi kepada *man power*.

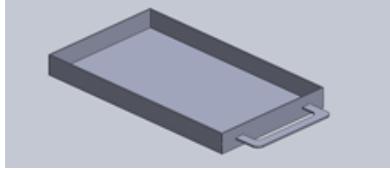
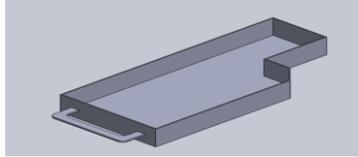
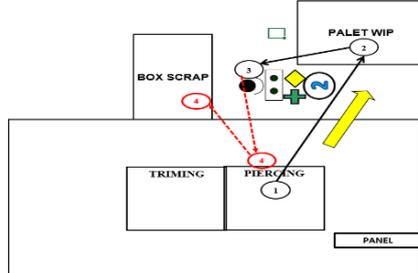
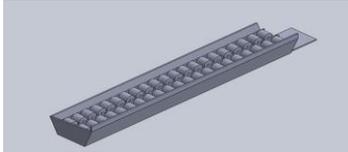
TABEL STANDARD KERJA TSK		LINE: SMALL PRESS A	STATION: MESIN B.8		
DEPT. PRODUKSI	NO. 1	TIME: CIM FRONT FE TD	PROSES: BLANK (1ST)		
CYCLE TIME : 13.02	TACK TIME :	NO. PROSES : TOLAK TOMBOL	SIKAP : 1		
		URAIAN PEKERJAAN			
		1	AMBIL PART DARI MEJA MATERIAL	2.00	
		2	LETAKAN DAN POSISIKAN MATERIAL PADA DIES	1.50	
		3	TEKAN TOMBOL	1	
		4	PROSES PIERCING		1
		5	ANGKAT DAN LETAKAN PADA DIES TRIMING	1.30	
		6	REBECLEK JOB		
7	BIANG SCRAP BASE TRIMING-PIERCING SETAP 40 STROKE	3			
8	PELEMANAN LOWER DIES DAN MATERIAL SETAP 20 STROKE	0.75			
9	SUPLY MATERIAL SETAP 200 STROKE	0.5			
ALAT PELINDUNG DIRI 		SAFETY 1. Tergores, terjept dan tertimpa saat PROSES			
LEGENDA → GERAK MANPOWER → KEMBALI KE AWAL → REGULER JOB ◆ QUALITY CHECK ◆ SAFETY ◆ REVISI ◆ STOCK IN PROCESS ◆ ALIRAN MATERIAL					
NO	TANGGAL	HILA DIFIKSI TANGGAL : 19/01/2018			
		TOTAL	11.02 2		
		DISETUIJ	DIPERIKSA		
			DIBUAT		

Gambar.4 Tabel Standar Kerja MP 1

MP 2	1	Ambil scrap lama, karena posisi scrap sulit dijangkau	NVA	1.5[s]/unit	Membuat box scrap pada dies
------	---	---	-----	-------------	-----------------------------

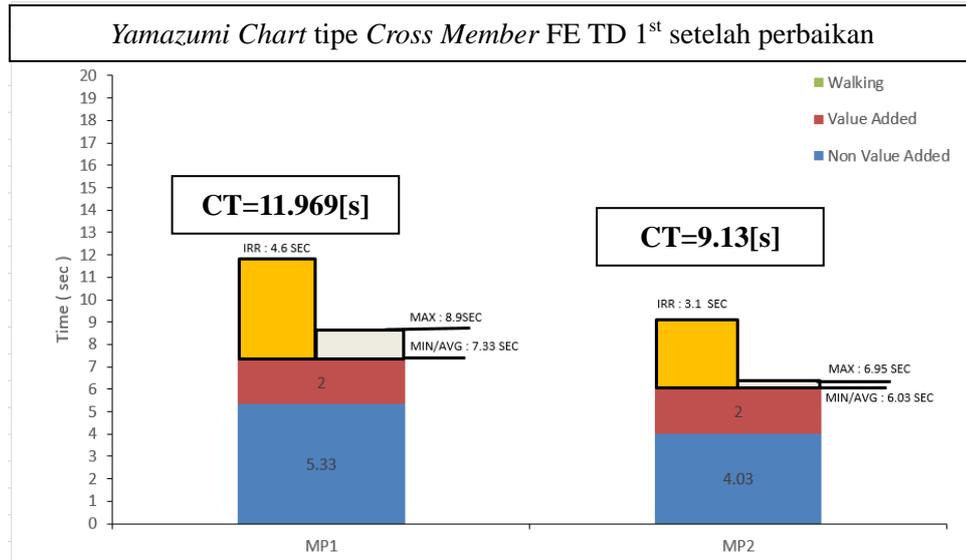
3.5 Perencanaan Perbaikan

Stasiun Kerja	Masalah	Solusi																																							
MP1	1	 Gambar.6 Kotak Scrap Proses Piercing																																							
		 Gambar.7 Kotak Scrap Proses Blanking																																							
MP1	2	<div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">URAIAN PEKERJAAN</th> <th colspan="3">WAKTU</th> </tr> <tr> <th>MAN</th> <th>AUTO</th> <th>JALAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 AMBIL PART DARI MEJA MATERIAL</td> <td>2.00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 LETAKAN DAN POSISIKAN MATERIAL PADA DIES</td> <td>1.93</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 TEKAN TOMBOL</td> <td></td> <td>2.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4 ANGGAT DAN LETAKAN PADA DIES TRIMING</td> <td>1.36</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><i>IRREGULER JOB</i></td> </tr> <tr> <td>5 BUANG SCRAP HASIL TRIMINGPIERCING SETIAP 20 STROKE</td> <td>2.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6 PELUMASAN SETIAP 20 STROKE</td> <td>1.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7 SUPPLY MATERIAL SETIAP 200 STROKE</td> <td>0.6</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Tabel.1 Tabel Standar Kerja MP 1 Setelah Perbaikan	URAIAN PEKERJAAN	WAKTU			MAN	AUTO	JALAN	1 AMBIL PART DARI MEJA MATERIAL	2.00			2 LETAKAN DAN POSISIKAN MATERIAL PADA DIES	1.93			3 TEKAN TOMBOL		2.00		4 ANGGAT DAN LETAKAN PADA DIES TRIMING	1.36			<i>IRREGULER JOB</i>				5 BUANG SCRAP HASIL TRIMINGPIERCING SETIAP 20 STROKE	2.5			6 PELUMASAN SETIAP 20 STROKE	1.5			7 SUPPLY MATERIAL SETIAP 200 STROKE	0.6		
URAIAN PEKERJAAN	WAKTU																																								
	MAN	AUTO	JALAN																																						
1 AMBIL PART DARI MEJA MATERIAL	2.00																																								
2 LETAKAN DAN POSISIKAN MATERIAL PADA DIES	1.93																																								
3 TEKAN TOMBOL		2.00																																							
4 ANGGAT DAN LETAKAN PADA DIES TRIMING	1.36																																								
<i>IRREGULER JOB</i>																																									
5 BUANG SCRAP HASIL TRIMINGPIERCING SETIAP 20 STROKE	2.5																																								
6 PELUMASAN SETIAP 20 STROKE	1.5																																								
7 SUPPLY MATERIAL SETIAP 200 STROKE	0.6																																								

MP2	3	 <p>Gambar.8 Kotak Scrap Proses Piercing</p>																													
		 <p>Gambar.9 Kotak Scrap Proses Blanking</p>																													
MP2	4																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">URAIAN PEKERJAAN</th> <th colspan="3">WAKTU</th> </tr> <tr> <th>MAN</th> <th>AUTO</th> <th>JALAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 AMBIL DAN SUSUN PART HASIL TRIMING PADA PALLET WIP</td> <td>2.13</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 AMBIL DAN POSISIKAN PART HASIL PEARCINING PADA DIES TRIMING</td> <td>1.90</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 TEKAN TOMBOL</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">IRREGULER JOB</td> </tr> <tr> <td>4 BUANG SCRAP HASIL TRIMINGPIERCING SETIAP 20 STROKE</td> <td>2.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5 SUPLY MATERIAL SETIAP 200 STROKE</td> <td>0.6</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabel.2 Tabel Standar Kerja MP 2 Setelah Perbaikan</p>	URAIAN PEKERJAAN	WAKTU			MAN	AUTO	JALAN	1 AMBIL DAN SUSUN PART HASIL TRIMING PADA PALLET WIP	2.13			2 AMBIL DAN POSISIKAN PART HASIL PEARCINING PADA DIES TRIMING	1.90			3 TEKAN TOMBOL		2		IRREGULER JOB				4 BUANG SCRAP HASIL TRIMINGPIERCING SETIAP 20 STROKE	2.5			5 SUPLY MATERIAL SETIAP 200 STROKE	0.6
URAIAN PEKERJAAN	WAKTU																														
	MAN	AUTO	JALAN																												
1 AMBIL DAN SUSUN PART HASIL TRIMING PADA PALLET WIP	2.13																														
2 AMBIL DAN POSISIKAN PART HASIL PEARCINING PADA DIES TRIMING	1.90																														
3 TEKAN TOMBOL		2																													
IRREGULER JOB																															
4 BUANG SCRAP HASIL TRIMINGPIERCING SETIAP 20 STROKE	2.5																														
5 SUPLY MATERIAL SETIAP 200 STROKE	0.6																														
MP1 dan MP2	5	 <p>Gambar.10 Roller Transfer Scrap</p>																													

3.6 Hasil Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan dari setiap masalah yang ada pada masing-masing stasiun, maka dilakukan evaluasi terhadap semua pemecahan masalah yang telah dilakukan, apakah sudah cukup berhasil dalam membantu menurunkan waktu proses produksi. Pada tahapan evaluasi ini dapat terlihat pada pencapaian aktual *Cycle Time* yang berpengaruh pada waktu proses produksi.



Gambar.11 Yamazumi Chart tipe Cross Member FE TD 1st setelah perbaikan

Dari gambar.11 bisa dilihat *cycle time* dari semua *station* mengalami penurunan pada MP1 dari 13.02[s] menjadi 11.969 [s] dan MP2 dari 11.8 [s] menjadi 9.13 [s].

Tabel.3 Kebutuhan waktu produksi setelah perbaikan

Waktu tersedia 2 shift [jam]	Waktu tersedia 2 shift [menit]	Waktu tersedia 2 shift [detik]	Cycle Time [detik]	Jumlah produksi perhari [unit]	Unit perjam
14	835	50100	11,969	4185,813	298,987
Produksi bulan April [Unit]	Jumlah hari kerja bulan April	Hari kerja untuk Cross Member FE TD	Hari kerja tersedia untuk tipe lain	Jam kerja tersedia untuk tipe lain	Jam kerja tersedia untuk tipe lain
4560	21	1,089	19,911	15,252	278,748

Setelah melakukan perbaikan, kebutuhan waktu produksi untuk *Cross Member FE TD* berkurang dari 16,591 [jam] menjadi 15,252 [jam] dan untuk tipe lainnya dari 277,409 [jam] menjadi 278,748 [jam].

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa setelah perbaikan dari setiap masalah yang ada pada setiap stasiun, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Cycle time* untuk *Cross Member FE TD* mengalami penurunan MP1 dari 13.02[s] menjadi 11.969 [s] dan MP2 dari 11.8 [s] menjadi 9.13 [s].
2. Posisi *layout man power* berawal dari satu sisi pada mesin B8 menjadi 2 sisi yang bersebrangan bertujuan agar ruang gerak *man power* lebih efisien.
3. Untuk menurunkan *cycle time* dengan menambahkan kotak *scrap, roller transfer scrap* pada *dies*.
4. Tabel Standar Kerja baru digunakan untuk mengontrol *man power* agar tetap bekerja sesuai standar.

5. DAFTAR PUTSAKA

- [1] A.W. Wiily, R. Jani, "Peningkatan Produktivitas Tenaga Kerja Area Produksi *Assy Air Cleaner* di PT Astra Otoparts Divisi Adiwira Plastik," *Jurnal Titra*, vol. 1, No. 2, pp. 81-88, Juli 2013.

- [2] F.J.S. Christianto, G.A.W. I, C.P. Herry,” Perancangan Sistem Suplai Tanpa Penambahan Tempat Di PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (PT TMMIN),” *Jurnal Titra*, Vol. 2, No. 2, pp. 29–36, Juni 2014.
- [3] Nugroho. Aditia,“Meningkatkan Kapasitas Produksi *Line Assy Frame Chassis* Dengan Menggunakan Metode Analisa *Motion Time Study* dan *Line Blancing* Di PT Gemala Kempa Daya,” Politeknik Manufaktur Astra, 2015.
- [4] Rachmatia. Novianda,”Penerapan Pelatihan GL”S Role Dan Toyota Production System Pada Unit Assembly Shop, Karawang Plant PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia,” Institut Pertanian Bogor, 2010.
- [5] E. Lander & J. K. Liker (2007): The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way, *international journal of production research* 45:16, 3681-3698

PERAWATAN DAN PEBAIKAN

**PERBAIKAN PADA PERAWATAN PENCEGAHAN PADA SECONDARY CRUSHER
AREA FINISH MILL**

Anggraeni Gadis Puspa Sari, Sugeng Mulyono

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16425

anggraenigadis@gmail.com

Abstrak

Perusahaan yang bergerak di bidang semen selalu menjaga kualitas produknya dan mengoptimalkan produktivitas. Salah satu diantara proses pembuatan semen yaitu proses penggilingan klinker, limestone filler dan gypsum yang dilakukan di dalam Ball Mill di area Finish Mill. Sebelumnya bahan baku digiling terlebih dahulu dan tercampur bersama klinker di Ball Mill. Equipment mesin yang menggiling satu diantara bahan baku tersebut adalah Secondary Crusher. Secondary Crusher berfungsi sebagai tahap penghancuran limestone filler kelanjutan dari crusher utama yang mana bahan bakunya berukuran lebih kecil. Kelancaran produksi didukung oleh perawatan mesin yang optimal. Beberapa jenis perawatan mesin antara lain perawatan terencana dan tidak terencana. Penelitian ini di latar belakang oleh belum adanya perawatan pencegahan (preventive maintenance) pada sub area Secondary Crusher. Secondary Crusher berfungsi sebagai kelanjutan dari crusher utama, sehingga bahan baku berukuran lebih kecil. Permasalahan yang terjadi adalah tidak dilakukannya perbaikan sistem Preventive Maintenance Routine pada area tersebut akan dibutuhkan tindakan perbaikan Preventive Maintenance Routine pada area tersebut agar equipment dapat dipantau dengan baik sesuai kondisi terbaru. Improvement check sheet dan schedule Preventive Maintenance Routine dibuat berdasarkan metode standar dari manual book roll crusher, belt conveyor dan apron conveyor sebagai referensi dalam menentukan critical part yang akan di check, mengetahui standard normal operational part dan membuat schedule Preventive Maintenance Routine untuk sub area Secondary Crusher. Hasil perbaikan dimuat dalam bentuk check sheet dan schedule Walk by Inspection yang dijalankan oleh team dari Condition Based Monitoring. Kelanjutan perbaikan perawatan pencegahan dimasukkan ke dalam schedule yang baru yang digunakan untuk menentukan kapan diadakan Preventive Maintenance Stop secara berkala.

Kata kunci: Semen, Secondary Crusher, Preventive Maintenance, Improvement Check Sheet, Walk By Inspection .

Abstract

Cement company always maintain the quality of its products and optimize productivity. One of the process of making cement is clinker milling process, limestone filler and gypsum which process is done in Ball Mill in Finish Mill area. Previously the raw material was milled first before entering and mixed with clinker in Ball Mill. Machine equipment that grinds one of the raw materials is Secondary Crusher. Secondary Crusher serves as a stepping-up of the limestone filler continuation of the main crusher where the raw material is smaller. Smooth production is supported by optimal engine maintenance. Some types of machine maintenance include planned and unplanned maintenance. This research was conducted in the background by the absence of preventive maintenance routine in the Secondary Crusher sub area. Sub Area Secondary Crusher is one of the areas contained in PT Holcim Indonesia Tbk and serves as a continuation of main crusher so that raw material is smaller. The problem that occurs is not done improvement Preventive Maintenance Routine maintenance system in the area. It is necessary to improve Preventive Maintenance Routine improvement in the area so that the equipment contained in the area can be monitored well according to the latest conditions in the field. Improvement check sheet and schedule Preventive Maintenance Routine is based on standard method of manual book roll crusher, conveyor belt and apron conveyor as reference in determining critical part which will be checked, knowing normal operational part standard and making schedule of Preventive Maintenance Routine for sub area Secondary Crusher. The results of the improvement are presented in the form of check sheet Walk by Inspection and Walk by Inspection schedule which will be run by a team from Condition Based Monitoring. Continuation of Preventive Maintenance Routine improvement will be incorporated into the new schedule which will be used to determine when Preventive Maintenance Stop is held periodically.

Keywords: Cement, Secondary Crusher, Preventive Maintenance, Improvement Check Sheet, Walk By Inspection.

1. PENDAHULUAN

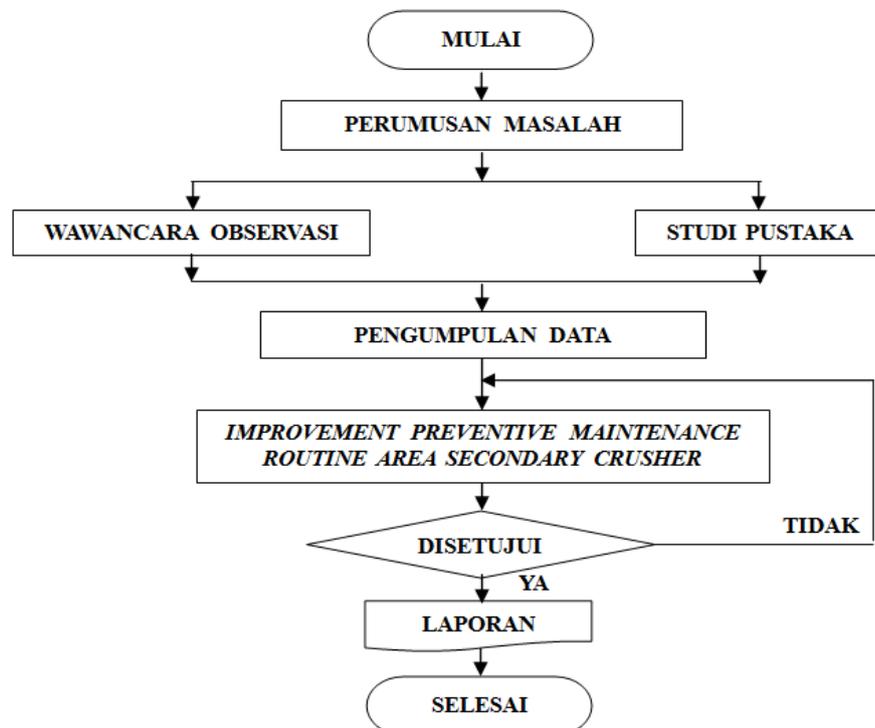
1.1 Latar Belakang

Salah satu diantara proses pembuatan semen yaitu proses penggilingan klinker, *limestone filler* dan *gypsum* yang dibuat di dalam *Ball Mill* di area *Finish Mill*. Sebelumnya *gypsum* dan *limestone filler* digiling terlebih dahulu dan dicampur bersama klinker di *Ball Mill*. Mesin yang menggiling satu diantara bahan baku tersebut adalah *Secondary Crusher*. *Secondary Crusher* berfungsi sebagai tahap penghancuran *limestone filler* kelanjutan dari *crusher* utama yang mana bahan baku berukuran lebih kecil. Area tersebut ~~ini~~ terdiri dari beberapa *equipment* yang penting seperti *apron conveyor* dan *belt conveyor*. Area-area yang terdapat di perusahaan yang bergerak di bidang semen harus masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* yang dilakukan oleh tim *CBM (Condition Based Monitoring)*, sehingga area tersebut dapat dilakukan *running inspection routine*. Bentuk dari *Preventive Maintenance Routine* harus selalu dilakukan perbaikan sesuai dengan kondisi mesin sekarang untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi. Di *Secondary Crusher* belum dilakukan perbaikan untuk *check sheet*, sehingga sampai sekarang *check sheet* yang digunakan adalah *check sheet* lama dan tidak lengkap- [2] .

Perbaikan *check sheet* yang perlu diperiksa secara rutin adalah pada area *Secondary Crusher* dan menyusunnya ke dalam *check sheet* yang dimasukkan ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine*. Tujuan perbaikan untuk memperoleh perbaikan *check sheet* yang akan digunakan pada saat *running inspection*.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian ditunjukkan sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perbaikan pada perawatan pencegahan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Penelitian

Tabel 1 berisi daftar inventaris *equipment* yang perlu diperiksa pada area *Secondary Crusher*. Semua mesin yang terdapat di dalam daftar tersebut belum diperbaiki dan masuk ke dalam jadwal *running inspection routine*.

Tabel 1. Inventaris *equipment* yang harus diperiksa

No.	HAC	NAMA EQUIPMENT	JUMLAH	LOKASI
1	NR. K3C-AC1	APRON CONVEYOR	1	SECONDARY CRUSHER
2	NR. K3C-RC1	ROLLER CRUSHER	1	SECONDARY CRUSHER
3	NR. K3C-BC1	BELT CONVEYOR	1	SECONDARY CRUSHER

Tabel 1 menjelaskan bahwa terdapat 3 *critical equipment* yang perlu diperiksa yaitu NR. K3C-AC1, NR. K3C-RC1 dan NR. K3C-BC1. Dari 3 *equipment* tersebut terdiri dari 3 unit mesin yaitu *apron conveyor*, *roller crusher* dan *belt conveyor*. Semua *equipment* belum masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine*, maka dari itu butuh dibuat perbaikan *check sheet* untuk semua *equipment* tersebut dan digunakan pada saat *running inspection routine*.

3.2 Pembuatan Jadwal Pemeliharaan

Jadwal perawatan *equipment* pada area *Secondary Crusher* dibuat dengan cara melihat *manual book* dan referensi buku yang berhubungan dengan *equipment* yang terdapat pada area tersebut untuk menentukan kegiatan apa saja yang dilakukan untuk melakukan perawatan *equipment* pada area *Secondary Crusher* dan juga frekuensi kegiatan perawatannya. [1]

Tabel 2. Deskripsi Pekerjaan *Job Description*

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
APRON CONVEYOR	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
SAFETY GUARD		
1. Pengecekan <i>cover</i> mesin kecepatan rendah dan tinggi		
2. Pengecekan <i>cover tail sprocket</i>		
3. Pengecekan <i>cover head sprocket</i>		
4. Pengecekan <i>cover</i> sepanjang <i>apron</i>		
REDUCER		
1. Pemeriksaan <i>temperature reducer</i>		
2. Pemeriksaan pada bagian <i>seal reducer</i>		
3. Pengecekan <i>level oil indicator</i> pada <i>reducer</i>		
HEAD SPROCKET DAN TAIL SPROCKET		
1. Pengecekan <i>free</i> dan <i>fix bearing</i>		
2. Pengecekan permukaan <i>head</i> dan <i>tail sprocket</i>		
PAN APRON		
1. Pengecekan permukaan pan dan baut pan		
LINKS		
1. Pengecekan kondisi <i>links</i>		
ROLLERS		
1. Pengecekan kondisi <i>rollers</i>		
INLET CHUTE DAN OUTLET CHUTE		
1. Pengecekan kondisi <i>liner</i>		
2. Pengecekan <i>based plate</i>		

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
ROLLER CRUSHER	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
SAFETY GUARD		
1. Pengecekan <i>cover</i> mesin kecepatan rendah dan tinggi		
2. Pengecekan <i>cover v-belt</i>		
3. Pengecekan <i>cover crusher</i>		
REDUCER		
1. Pemeriksaan <i>temperature reducer</i>		
2. Pemeriksaan pada bagian <i>seal reducer</i>		
3. Pengecekan <i>level oil indicator</i> pada <i>reducer</i>		
HYDRAULIC SYSTEM		
1. Pengecekan tekanan hidrolik		

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
BELT CONVEYOR	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
SAFETY GUARD		
1. Pengecekan <i>cover</i> mesin kecepatan rendah dan tinggi		
2. Pengecekan <i>cover pulley</i>		
3. Pengecekan <i>cover belt</i>		
MAIN REDUCER		
1. Pemeriksaan <i>temperature reducer</i>		
2. Pemeriksaan pada bagian <i>seal reducer</i>		
3. Pengecekan <i>level oil indicator</i> pada <i>reducer</i>		
4. Pemeriksaan <i>temperature bearing</i>		
5. Pengecekan kopling		
HEAD PULLEY		
1. Pengecekan kondisi poros		
2. Pengecekan kondisi <i>scraper</i>		
3. Pengecekan <i>fix</i> dan <i>free bearing</i>		
SNUB PULLEY		
1. Pengecekan kondisi poros		
2. Pengecekan <i>fix</i> dan <i>free bearing</i>		
TAIL PULLEY		
1. Pengecekan kondisi poros		
2. Pengecekan <i>fix</i> dan <i>free bearing</i>		
ROLLERS		
1. Pengecekan kondisi <i>rollers</i>		
BELT CONVEYOR		
1. Pemeriksaan <i>Alignment</i>		
2. Pengecekan kondisi <i>belt</i>		
INLET CHUTE DAN OUTLET CHUTE		
1. Pengecekan kondisi <i>liner</i>		
2. Pengecekan <i>based plate</i>		

3.3 Spesifikasi Pekerjaan

Spesifikasi pekerjaan merupakan penjabaran pekerjaan perawatan pencegahan yang dilakukan oleh teknisi maupun operator. Spesifikasi pekerjaan tersebut dibuat berdasarkan kesamaan frekuensi pekerjaan agar teknisi ataupun operator dapat dengan mudah melakukannya.- Spesifikasi pekerjaan untuk *equipment* pada area *Secondary Crusher* sebagaimana Tabel 1. [1].

Tabel 3. Tugas *Running Inspection*

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
NR. K3C-AC1	APRON CONVEYOR	
TUGAS	<i>STANDARD</i>	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
<i>SAFETY GUARD</i>		
1. Pengecekan <i>cover</i> mesin kecepatan rendah dan tinggi	Cover tertutup aman	3
2. Pengecekan <i>cover tail sprocket</i>	Cover tertutup aman	2
3. Pengecekan <i>cover head sprocket</i>	Cover tertutup aman	2
4. Pengecekan <i>cover</i> sepanjang <i>apron</i>	Cover tertutup aman	3
<i>REDUCER</i>		
1. Pengecekan <i>temperature reducer</i>	<i>Temperature</i> maksimal pada <i>reducer</i> 65°C	5
2. Pemeriksaan pada bagian <i>seal reducer</i>	Kondisi <i>seal</i> baik dan tidak terdapat kebocoran	2
3. Pengecekan <i>level oil indicator</i> pada <i>reducer</i>	Oli tidak berada di bawah <i>level</i> minimum	3
<i>HEAD SPROCKET DAN TAIL SPROCKET</i>		
1. Pengecekan <i>free</i> dan <i>fix bearing</i>	Tidak ada keausan, kebocoran, vibrasi normal, <i>max temperature</i> 60°C	10
2. Pengecekan permukaan <i>head</i> dan <i>tail sprocket</i>	Tidak ada keausan	3
<i>PAN APRON</i>		
1. Pengecekan permukaan pan dan baut pan	Tidak ada keausan dan kekencangan baut	3
<i>LINKS</i>		
1. Pengecekan kondisi <i>links</i>	Tidak ada retak	4
<i>ROLLERS</i>		
1. Pengecekan kondisi <i>rollers</i>	Tidak ada keausan	4
<i>INLET CHUTE DAN OUTLET CHUTE</i>		
1. Pengecekan kondisi liner	Tidak ada keausan	4
2. Pengecekan <i>based plate</i>	Tidak ada keausan	4

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
NR. K3C-RC1	APRON CONVEYOR	
TUGAS	<i>STANDARD</i>	ESTIMASI WAKTU

		(MENIT)
SAFETY GUARD		
1. Pengecekan cover mesin kecepatan rendah dan tinggi	Cover tertutup aman	4
2. Pengecekan <i>cover v-belt</i>	Cover tertutup aman	3
3. Pengecekan <i>cover crusher</i>	Cover tertutup aman	3
REDUCER		
1. Pemeriksaan <i>temperature reducer</i>	<i>Temperature</i> maksimal pada <i>reducer</i> 65°C	5
2. Pemeriksaan pada bagian <i>seal reducer</i>	Kondisi <i>seal</i> baik dan tidak terdapat kebocoran	2
3. Pengecekan <i>level oil indicator</i> pada <i>reducer</i>	Oli tidak berada di bawah <i>level</i> minimum	3
HYDRAULIC SYSTEM		
1. Pengecekan tekanan hidrolis	Tekanan hidrolis sesuai <i>standard</i>	5

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
NR. K3C-RC1	APRON CONVEYOR	
TUGAS	<i>STANDARD</i>	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
SAFETY GUARD		
1. Pengecekan <i>cover</i> mesin kecepatan rendah dan tinggi	Cover tertutup aman	4
2. Pengecekan <i>cover pulley</i>	Cover tertutup aman	3
3. Pengecekan <i>cover belt</i>	Cover tertutup aman	3
MAIN REDUCER		
1. Pemeriksaan <i>temperature reducer</i>	<i>Temperature</i> maksimal pada <i>reducer</i> 65°C	4
2. Pemeriksaan pada bagian <i>seal reducer</i>	Kondisi <i>seal</i> baik dan tidak terdapat kebocoran	4
3. Pengecekan <i>level oil indicator</i> pada <i>reducer</i>	Oli tidak berada di bawah <i>level</i> minimum	4
4. Pemeriksaan <i>temperature bearing</i>	<i>Max</i> 60°C	4
5. Pengecekan kopling	Tidak terjadi keausan dan longgar	6
HEAD PULLEY		
1. Pengecekan kondisi poros	<i>Alignment</i>	7
2. Pengecekan kondisi <i>scrapper</i>	Tidak terjadi keausan	4
3. Pengecekan <i>bearing fix</i> dan <i>free</i>	Tidak ada keausan, kebocoran, vibrasi normal, <i>max temperature</i> 60°C	10
SNUB PULLEY		
1. Pengecekan kondisi poros	<i>Alignment</i>	7
2. Pengecekan <i>bearing fix</i> dan <i>free</i>	Tidak ada keausan, kebocoran, vibrasi normal, <i>max temperature</i> 60°C	10

TAIL PULLEY		
1. Pengecekan kondisi poros	Alignment	7
2. Pengecekan <i>bearing fix</i> dan <i>free</i>	Tidak ada keausan, kebocoran, vibrasi normal, <i>max temperature</i> 60°C	10
ROLLERS		
1. Pengecekan kondisi <i>rollers</i>	<i>Free movement</i>	7
BELT CONVEYOR		
1. Pemeriksaan <i>Alignment</i>	Lurus	6
2. Pengecekan kondisi <i>belt</i>	Permukaan <i>belt</i> bagus	6
INLET CHUTE DAN OUTLET CHUTE		
1. Pengecekan kondisi <i>liner</i>	Tidak ada keausan	4
2. Pengecekan <i>based plate</i>	Tidak ada keausan	4

3.4 *Check Sheet* dan *Preventive Maintenance Schedule* setelah *di-improve* area *Secondary Crusher*
Setelah membuat jadwal perawatan, spesifikasi pekerjaan dan tugas operator beserta estimasi waktunya, maka dibuat *check sheet* untuk memudahkan petugas pemeriksaan pada saat melakukan *running inspection*.

Tabel 4. *Running Inspection Check Sheet* [1]

No	HAC	Task	Standard	Date / Month / 2015				Remark
				Actual Value				
1	NR.K3C-A1	Safety Guard						
2		Check High Speed Cover	Secured					
3		Check Low Speed Cover	Secured					
4		Check Tail Sprocket Cover	Secured					
5		Check Head Sprocket Cover	Secured					
6		Check Cover along Apron	Secured					
7		Reducer						
8		Check Oil Level	Above Min Level					
9		Check Air Breather	Clean, No Clogging					
10		Check Oil Seal	No Leaking					
11		Check Bolt Foundation	No loose/ deform/ fixed					
12		Check Noise	No strange noise					
13		Check Temperature	max 60 °C					
14		Head Sprocket						
15		Check Worn at pitch's Surface	No Wear					
16		Check Fix Bearing temperature	max 60 °C					
17		Check Fix Bearing noise	No Strange Noise					
18		Check Fix Bearing seal	No Leaking/ greased					
19		Check Free Bearing temp.	max 60 °C					
20		Check Free Bearing noise	No Strange Noise					
21		Check Free Bearing seal	No Leaking/ greased					
22		Tail Sprocket						
23		Check Worn at pitch's Surface	No Wear					
24		Check Fix Bearing temperature	max 60 °C					
25		Check Fix Bearing noise	No Strange Noise					
26		Check Fix Bearing seal	No Leaking/ greased					
27		Check Free Bearing temp.	max 60 °C					
28		Check Free Bearing noise	No Strange Noise					
29		Check Free Bearing seal	No Leaking/ greased					
30		Check Adjuster Bolt	Tight					
31		Pan Apron						
32		Check Pan's Surface	Not Wear/Bend					
33		Check Bolt's Pan	Tight					
34		Links						
35		Check Link	No Crack/deform					
36		Check Pin Link	Pin Attached, no deform					
37		Check Rail	No crack					
38		Rollers						
39		Check Roller Condition	Free movement, not worn					
40		Inlet Chute						
41		Check Liner Condition	Not Wear/ leakage					
42		Check Base Plate Condition	Not Wear/bend					
43		Check Skirting Condition	Not Wear/Leak					
44		Outlet Chute						
45		Check Liner Condition	Not Wear/ leakage					
46		Check Base Plate Condition	Not Wear/bend					

1		Safety Guard							
2		Check High Speed Cover	Secured,Tight						
3		Check Low Speed Cover	Secured,Tight						
4		Check Cover V-Belt	Secured,Tight						
5		Check Cover Crusher	Secured,Tight						
6		Reducer							
7		Check Oil Level	Above Min Level						
8		Check Air Breather	Clean, No Clogging						
9		Check Oil Seal	No Leaking						
10		Check Bolt Foundation	No loose/ deform/ fixed						
11		Check Noise	No strange noise						
12		Check Temperature	max 60 °C						
13		Hyd. System							
14		Operating Pressure	> 97 kg/cm2						
15		Hyd. Spring Pressure	92 - 97 kg/cm2						
1		Safety Guard							
2		Check High Speed Cover	Secured,Tight						
3		Check Low Speed Cover	Secured,Tight						
4			Secured,Tight						
5		Check Tail Pully guard	Secured,Tight						
6		Check Head Pully Cover	Secured,Tight						
7		Check Cover As Long As Belt	Secured,Tight						
8		Main Reducer							
9		Check Oil Level	Above Min Level						
10		Check Air Breather	Clean, No Clogging						
11		Check shaft seal	No Leakage						
12		Check foundation bolts	No strange noise						
13		Check hi speed bearing temp.	max 60 °C						
14		Check Fix Bearing Vibration	-4.5 mm/s						
15		Check low speed bearing Temp.	max 60 °C						
16		Check hi speed Coupling	smooth/ no wobble/ clean						
17		Check low speed Coupling	smooth/ no wobble/ clean						
18		Check Hold Back Condition	No loose/ smooth						
19		Head Pulley							
20		Check Legging Condition	no wearing / clean						
21		Check Shaft Condition	Not Wear/ bend						
22		Check Scrapper Condition	No spillage, no wear						
23		Head pulley bearings							
24		Check Fix Bearing temperature	max 60 °C						
25		Check Fix Bearing noise	No Strange Noise						
26		Check Fix Bearing seal	No Leaking/ greased						
27		Check Free Bearing temp.	max 60 °C						
28		Check Free Bearing noise	No Strange Noise						
29		Check Free Bearing seal	No Leaking/ greased						
30		Snub Pulley							
31		Check Legging Condition	no wearing / clean						
32		Check Shaft Condition	Not Wear/ bend						
33		Snub pulley bearings							
34		Check Fix Bearing temperature	max 60 °C						
35		Check Fix Bearing noise	No Strange Noise						
36		Check Fix Bearing seal	No Leaking/ greased						
37		Check Free Bearing temp.	max 60 °C						
38		Check Free Bearing noise	No Strange Noise						
39		Check Free Bearing seal	No Leaking/ greased						

PENJADWALAN WALK BY INSPECTION PADA AREA ALTERNATIVE RAW MATERIAL FEEDING FACILITY DI PERUSAHAAN SEMEN

Rasendriya Fiyandini¹, R. Sugeng Mulyono²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

Rasendriya26fs@gmail.com

²Dosen Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Mesin

Abstrak

Perusahaan yang bergerak di bidang semen menjaga mutu produknya dan mengoptimalkan produktivitas. Keandalan dan kegagalan kerja mesin menentukan proses produksi. Kelancaran produksi didukung oleh perawatan mesin yang optimal. Beberapa jenis perawatan mesin antara lain perawatan terencana dan tidak terencana. Penelitian ini di latar belakang oleh belum adanya preventive maintenance routine pada area AR feeding facility. Area AR feeding facility merupakan salah satu area yang terdapat di perusahaan semen dan berfungsi untuk memfasilitasi alternative raw material yang membantu untuk proses pembakaran semen pada area kiln. Permasalahan yang terjadi adalah tidak terdianya sistem Preventive Maintenance Routine pada area tersebut karena area tersebut baru selesai hand over, maka dibutuhkan tindakan Preventive Maintenance Routine pada area tersebut agar equipment yang terdapat pada area tersebut dapat dipantau dengan baik. Penelitian mencakup evaluasi terhadap jadwal pemeliharaan yang belum tersedia dengan menggunakan metode preventive maintenance. Penentuan jadwal perawatan berdasarkan metode pengumpulan data yang ada di perusahaan semen. Penelitian dilakukan dengan menginventarisir seluruh equipment yang terdapat pada area tersebut dan menentukan equipment apa saja yang perlu dimasukkan ke dalam jadwal perawatan rutin. Kemudian dilakukan penentuan komponen kritis pada equipment tersebut dan tindakan pengecekan yang dibutuhkan. Pada hasil akhir dibuat check sheet yang akan digunakan pada saat running inspection di bagian Conditioning base monitoring sehingga equipment yang ada dapat dipantau kondisinya secara rutin dan dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi.

Kata kunci: AR Feeding Facility, Preventive Maintenance, Check Sheet, Walk By Inspection, Failure Mode and Effect Analysis, jadwal pemeliharaan.

Abstract

company engaged in the field of cement maintains its product quality and anv productivity. Reliability and failure of the machine to determine the production process. Smooth production is supported by optimal engine maintenance. Some types of machine maintenance include planned and unplanned maintenance. This research is in the background by the absence of preventive maintenance routine in AR feeding facility area. AR feeding facility area is one of the areas contained and serves to facilitate alternative raw material that helps to burn cement in kiln area. Problems that occur is the unavailability of Preventive Maintenance Routine maintenance system in the area. Because the area is just finished hand over So it takes Preventive Maintenance Routine action in the area so that equipment contained in the area can be monitored well.. this study evaluates maintenance schedules that are not yet available by using preventive maintenance method. Determination of maintenance schedule based on existing data collection method in The research was conducted by meniventaris all equipmet contained in the area and determine what equipment need to be included into regular maintenance schedule. It then determines the critical components of the equipment and the required checking action. In the final result, a check sheet that will be used during running inspection in the Conditioning base monitoring section. So with the check sheet of the existing equipment can be monitored condition regularly and can minimize the problem that occur on the equipment

Kata kunci: AR Feeding Facility, Preventive Maintenance, Check Sheet, Walk By Inspection, Failure Mode and Effect Analysis, Maintenance schedule.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

AR (alternative raw material) merupakan satu diantara alternatif bahan baku pembuatan semen yang memanfaatkan limbah B3 Bahan Berbahaya dan Beracun untuk alternatif bahan baku semen. Co-

Processing adalah pemanfaatan atau pemusnahan limbah industri untuk menggantikan bahan baku mineral alam (*material recycling*) melalui pembakaran terkendali yang bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah limbah dalam bentuk *recovery* energi dan bahan sebagai bahan baku proses produksi. Komponen mineral limbah B3 tersebut hampir sama dengan komponen mineral batu kapur dan tanah liat yang digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan semen. Semua limbah B3 tersebut rata-rata memiliki kandungan SiO_2 , Al_2O_3 dan CaCO_3 diatas 50 %.

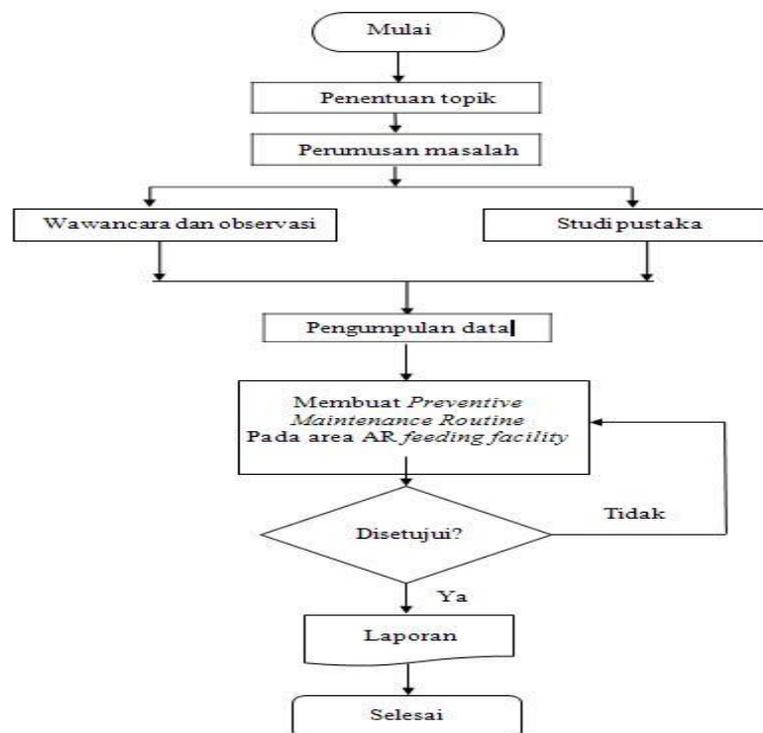
AR feeding facility merupakan salah satu area yang ada di perusahaan semen dan berfungsi untuk memfasilitasi *alternative raw material* yang membantu untuk pembakaran proses semen pada area kiln. pada area *AR feeding facility* juga memiliki *equipment* yang penting dan yang perlu dibuatkan *preventive maintenance routine* seperti *apron feeder*, *fan*, *bag filter*, *belt conveyer*, *weight feeder*, *apron conveyer* dan *rotary feeder*.

Semua area yang terdapat di PT. Holcim Indonesia harus masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* yang dilakukan oleh tim *Condition base monitoring* sehingga area tersebut dapat dilakukan *running inspection* rutin. Tetapi area *AR feeding facility* baru mengalami hand over dan belum masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* dan belum memiliki *check sheet* sehingga sampai sekarang belum dilakukan *running inspection* secara rutin pada area tersebut. Oleh karena hal tersebut dibuat *list equipment* yang perlu diperiksa secara rutin dan disusun ke dalam *check sheet* yang nantinya akan dimasukkan ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* di perusahaan semen

Inventarisir *equipment* perlu diperiksa secara rutin pada area *AR feeding facility* dan disusunnya ke dalam *check sheet* yang akan dimasukkan ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine*. Tujuan penelitian untuk memperoleh *check sheet* yang akan digunakan pada saat *running inspection*.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian ditunjukkan sebagaimana Gambar 1.



Gambar.1 Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Penelitian

Tabel. 1 Daftar inventaris *equipment* yang perlu di periksa [3]

No.	HAC	NAMA MESIN	JUMLAH	LOKASI
1	W94-AF1	<i>APRON FEEDER</i>	1	AR FEEDING FACILITY
2	W94-EW1	<i>EXTRATION WILL</i>	1	AR FEEDING FACILITY
3	W94-FN1	<i>FAN</i>	1	AR FEEDING FACILITY
4	W94-FN2	<i>FAN</i>	1	AR FEEDING FACILITY
5	W94-BF1	<i>BAG FILTER</i>	1	AR FEEDING FACILITY
6	W94-BC1	<i>BELT CONVEYER</i>	1	AR FEEDING FACILITY
7	W94-BC2	<i>BELT CONVEYER</i>	1	AR FEEDING FACILITY
8	W94-WF1	<i>WEIGHT FEEDER</i>	1	AR FEEDING FACILITY
9	W94-SX1	<i>SCVANGER CONVEYER</i>	1	AR FEEDING FACILITY
10	W94-AC1	<i>APRON CONVEYER</i>	1	AR FEEDING FACILITY
11	W94-RF1	<i>ROTARY FEEDER</i>	1	AR FEEDING FACILITY

Tabel 1 berisi daftar inventaris *equipment* yang perlu diperiksa pada area AR *feeding facility*. Semua mesin yang terdapat di dalam daftar tersebut belum masuk ke dalam jadwal *running inspection* rutin.

Berdasarkan Tabel 1 terdapat 11 *equipment* yang perlu diperiksa yaitu, W94-AF1, W94-EW1, W94-FN1, W94-FN2, W94-BF1, W94-BC1, W94-BC2, W94-WF1, W94-SX1, W94-AC1, dan W94-RF1. Dari 11 *equipment* tersebut teridri dari 9 buah mesin yaitu, *Fan*, *Rotary Feeder*, *Apron Conveyer*, *Bag Filter*, *Belt Conveyer*, *Weight Feeder*, *Scavanger Conveyer*, *Apron Conveyer* dan *Extration Will*. Semua *equipment* tersebut belum masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine*, maka dari itu butuh dibuat *check sheet* untuk semua *equipment* tersebut dan digunakan pada saat *running inspection*- [3].

3.2 Pembuatan Jadwal Perawatan

Jadwal perawatan *equipment* pada area AR *feeding facility* dibuat dengan cara melihat *manual book* dan referensi buku yang berhubungan dengan *equipment* yang terdapat pada area tersebut untuk menentukan kegiatan apa saja yang dilakukan untuk melakukan perawatan *equipment* pada AR *feeding facility* dan juga frekuensi kegiatan pemeliharannya [1]

Tabel. 2 Tabel Jadwal Perawatan

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
<i>APRON FEEDER</i>	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
MOTOR LISTRIK		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengecekan <i>temperature</i> motor listrik 2. Pengecekan <i>bearing free side temperature</i> 3. Pengecekan <i>bearing fix side temperature</i> 		
REDUCER APRON FEEDER		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengecekan <i>temperature pinion</i> 2. Pengecekan <i>temperature low speed</i> 3. Pengecekan <i>oil seal</i> 		
COUPLING		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengecekan pada bagian <i>coupling</i> 2. Pemeriksaan pada suara <i>coupling</i> 3. Pengecekan <i>coupling high speed</i> 		
REDUCER SCRAPER		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengecekan <i>temperature pinion</i> 2. Pengecekan <i>temperature low speed</i> 3. Pengecekan <i>oil seal</i> 		

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
<i>EXTRATION WILL</i>	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
REDUCER SCRAPER		
1. Pengecekan getaran pada <i>reducer</i> 2. Pengecekan <i>temperature reducer</i> 3. Pengecekan <i>oli seal</i> 4. Pengecekan suara/bising pada <i>reducer</i>		
UMUM		
1. Pengecekan <i>visual</i> mesin <i>extraction will</i> 2. Pengecekan baut pondasi		

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
<i>BAG FILTER</i>	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
PIPE LINE		
1. Pengecekan tekanan udara 2. Pengecekan apakah ada kebocoran pada pipa		
HOUSING		
1. Pengecekan <i>cover bag filter</i> 2. Pengecekan <i>visual</i> mesin <i>bag filter</i>		

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
<i>BELT CONVEYER</i>	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan <i>temperature bearing fix side</i> 2. Pengecekan <i>temperature bearing free side</i> 3. Pengecekan pondasi baut motor listrik		
BELT		
1. Pengecekan permukaan <i>belt</i> 2. Pengecekan posisi <i>belt</i> 3. Pengecekan <i>belt cleaner</i>		
ROLLER		
1. Pengecekan <i>roller carry</i> 2. Pengecekan <i>roller impact</i> 3. Pengecekan <i>roller return</i>		
REDUCER GEAR		
1. Pengecekan <i>temperature</i> pada <i>reducer</i> 2. Pengecekan <i>oli seal</i> pada <i>reducer</i>		

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
<i>SCAVANGER CONVEYER</i>	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
HEAD SPROCKET		
1. Pengecekan <i>fix bearing temperature</i> 2. Pengecekan <i>fix bearing noise</i>		

3. Pengecekan <i>fix bearing seal</i> 4. Pengecekan <i>free bearing temperature</i> 5. Pengecekan <i>free bearing noise</i> 6. Pengecekan <i>free bearing seal</i>
LINK
1. Pengecekan rantai 2. Pengecekan <i>pin</i> rantai 3. Pengecekan <i>rail</i> pada <i>link</i>
TAIL SPROCKET
1. Pengecekan <i>fix bearing temperature</i> 2. Pengecekan <i>fix bearing noise</i> 3. Pengecekan <i>fix bearing seal</i> 4. Pengecekan <i>free bearing temperature</i> 5. Pengecekan <i>free bearing noise</i> 6. Pengecekan <i>free bearing</i>

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
<i>WEIGHT FEEDER</i>	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
REDUCER		
1. Pengecekan getaran pada <i>reducer</i> 2. Pengecekan <i>temperature reducer</i> 3. Pengecekan <i>oli seal</i> 4. Pengecekan suara/bising pada <i>reducer</i>		
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan <i>bearing fix side temperature</i> 2. Pengecekan <i>bearing free side temperature</i>		
HEAD PULLEY		
1. Pengecekan <i>bearing fix side temperature</i> 2. Pengecekan <i>bearing free side temperature</i>		
BELT		
1. Pengecekan permukaan pada <i>belt</i> 2. Pengecekan posisi <i>belt</i>		
ROLLER		
1. Pengecekan <i>roller carry</i> 2. Pengecekan <i>roller impact</i> 3. Pengecekan <i>roller return</i>		

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
<i>APRON CONVEYER</i>	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan <i>bearing fix side temperature</i> 2. Pengecekan <i>bearing free side temperature</i>		
HEAD PULLEY		
1. Pengecekan <i>chain sprocket</i> 2. Pengecekan <i>bearing fix side temperature</i> 3. Pengecekan <i>bearing free side temperature</i>		
LINK		
1. Pengecekan <i>chain sprocket</i> pada <i>link</i>		

2. Pengecekan <i>pan</i> pada <i>link</i> 3. Pengecekan <i>roller</i> 4. Pengecekan <i>oil seal</i> 5. Pengecekan <i>chain drive</i> 6. Pengecekan <i>scrapper</i>
COUPLING
1. Pengecekan <i>low speed coupling</i>

NAMA MESIN	FREKUENSI PEMERIKSAAN	TANGGAL PENYUSUNAN
ROTARY FEEDER	2 MINGGU	
DESKRIPSI PEKERJAAN		
REDUCER		
1. Pengecekan getaran pada <i>reducer</i> 2. Pengecekan <i>temperature reducer</i> 3. Pengecekan <i>oli seal</i> 4. Pengecekan suara/bising pada <i>reducer</i>		
CASING		
1. Pengecekan permukaan <i>casing</i> 2. Pengecekan suara dan kebisingan pada <i>casing</i>		
COUPLING		
1. Pengecekan <i>low speed coupling</i>		
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan bearing <i>fix side temperature</i> 2. Pengecekan bearing <i>free side temperature</i>		
BEARING		
1. Pengecekan <i>bearing fix side temperature</i> 2. Pengecekan <i>bearing free side temperature</i>		

3.3 Spesifikasi Pekerjaan

Spesifikasi pekerjaan merupakan penjabaran pekerjaan perawatan pencegahan yang dilakukan oleh teknisi maupun operator. Spesifikasi pekerjaan dibuat berdasarkan kesamaan frekuensi pekerjaan agar teknisi ataupun operator dapat dengan mudah melakukannya. Spesifikasi pekerjaan untuk *equipment* pada area *AR feeding facility* sebagaimana Tabel 3.

Tabel. 3 Spesifikasi Pekerjaan *equipment* area *AR feeding facility*

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
W94-AF1	APRON FEEDER	
TUGAS	STANDAR	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan <i>temperature bearing fix side</i> 2. Pengecekan <i>temperatur bearing free side</i>	Maksimal suhu temperatur 65°C	2
REDUCER APRON FEEDER		
1. Pengecekan <i>temperature pinion</i> 2. Pengecekan <i>temperature low speed</i> 3. Pengecekan <i>oil seal</i>	Maksimal suhu temperatur 65°C	4
	Tidak terjadi kebocoran oli	3
COUPLING		

1. Pengecekan pada bagian <i>coupling</i> 2. Pemeriksaan pada suara <i>coupling</i> 3. Pengecekan <i>coupling high speed</i>	Normal	3
REDUCER SCRAPER		
1. Pengecekan <i>temperature pinion</i> 2. Pengecekan <i>temperature low speed</i> 3. Pengecekan <i>oil seal</i>	Maksimal suhu temperatur 65°C Tidak terjadi kebocoran oli	4 2

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
W94-EW1	<i>EXTRATION WILL</i>	
TUGAS	STANDAR	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
REDUCER SCRAPER		
1. Pengecekan getaran pada <i>reducer</i>	-Getaran <i>max</i> 7 mm/s	2
2. Pengecekan <i>temperature reducer</i>	-Suhu <i>max</i> 65°C	3
3. Pengecekan <i>oli seal</i>	-Tidak terjadi kebocoran	2
4. Pengecekan suara/bising pada <i>reducer</i>	-Normal	4

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
W94-FN1	FAN	
TUGAS	STANDAR	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
UMUM		
1. Pengecekan suara di dalam fan	Tidak terdengar suara yang keras	2
2. Pengecekan bagian kondisi pelindung fan	Dalam kondisi yang baik dan terdapat pada tempat yang benar	3
3. Mengecek kondisi chasing	Tidak ada kebocoran pada chasing	5

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
W94-RF1	ROTARY FEEDER	
TUGAS	STANDAR	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
COUPLING		
1. Pengecekan pada bagian <i>coupling</i>	Tidak ada bagian yang kendor dan tidak terdengar suara yang keras	4
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan temperatur motor listrik	Temperatur motor listrik 60-70°C	5
REDUCER		
1. Pengecekan temperatur reducer	Temperature maksimal	5

	pada reducer 65°C	
2. Pengecekan pada seal reducer	Kondisi seal baik dan tidak terdapat kebocoran	5
3. Pengecekan level oil indicator pada reducer	Oli tidak berada di bawah level minimum	4

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
W94-BF	<i>BAG FILTER</i>	
TUGAS	STANDAR	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
<i>PIPE LINE</i>		
1. Pengecekan tekanan udara	-Tekanan udara harus baik	4
2. Pengecekan apakah ada kebocoran pada pipa	-Tidak ada kebocoran setelah di cek	3
<i>HOUSING</i>		
1. Pengecekan <i>cover bag filter</i>	-normal dan baik	3
2. Pengecekan <i>visual mesin bag filter</i>	-normal dan baik	3

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
W94-BC1	<i>BELT CONVEYER</i>	
TUGAS	STANDAR	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
<i>BELT</i>		
1. Pengecekan permukaan <i>belt</i>	-Tidak ada kerusakan/baik	4
2. Pengecekan posisi <i>belt</i>	-dalam kondisi baik	4
3. Pengecekan <i>belt cleaner</i>	-tidak terjadi kerusakan	3
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan temperatur motor listrik	Temperatur motor listrik 60-70°C	5
<i>REDUCER</i>		
1. Pengecekan temperatur reducer	Temperature maksimal pada reducer 65°C	5
2. Pengecekan pada seal reducer	Kondisi seal baik dan tidak terdapat kebocoran	5
3. Pengecekan level oil indicator pada reducer	Oli tidak berada dibawah level minimum	4
<i>ROLLER</i>		
1. Pengecekan <i>roller carry</i>	-no broken	3
2. Pengecekan <i>roller impact</i>	-no broken	4
3. Pengecekan <i>roller return</i>	-no broken	3

HAC	NAMA MESIN	TANGGAL PEMERIKSAAN
W94-AC1	<i>APRON CONVEYER</i>	
TUGAS	STANDAR	ESTIMASI WAKTU (MENIT)
<i>HEAD PULLEY</i>		
1. Pengecekan <i>chain sprocket</i>	-Normal dan kondisi baik	2
2. Pengecekan <i>bearing fix side</i>	-Maksimal suhu	3

<i>temperature</i>	temperatur 65°C	
3. Pengecekan <i>bearing free side temperature</i>		
MOTOR LISTRIK		
1. Pengecekan temperatur motor listrik	Temperatur motor listrik 60-70°C	5
LINK		
1. Pengecekan <i>chain sprocket</i> pada <i>link</i>	-Normal dan kondisi baik	3
2. Pengecekan <i>pan</i> pada <i>link</i>	Normal dan kondisi baik	3
3. Pengecekan <i>roller</i>	Normal dan kondisi baik	4
4. Pengecekan <i>oil seal</i>	-tidak terjadi kebocoran	3
5. Pengecekan <i>chain drive</i>	-Normal dan kondisi baik	3
6. Pengecekan <i>scrapper</i>	-Normal dan kondisi baik	4
COUPLING		
1. Pengecekan <i>low speed coupling</i>	-Normal dan kondisi baik	4

3.4 Penyusunan *Check Sheet* area *AR feeding facility*

Setelah membuat jadwal perawatan dan spesifikisasi pekerjaan, maka dibuat *check sheet* untuk memudahkan petugas pemeriksaan pada saat melakukan *running inspection* sebagaimana Tabel 4.

Tabel 4. *Check sheet* area *AR feeding facility*

Area: AR Facility					tanggal/bulan tahun				REMARK	
NO	HAC	CHECK POINT	ITEM CHECK	STANDART						
1	W94-AF1	motor	brg fix side temp	max 65 °C						
			brg free side temp	max 65 °C						
		Sprocket Head	brg fix side temp	max 65 °C						
			brg free side temp	max 65 °C						
		Sprocket Tail	brg fix side temp	max 65 °C						
			brg free side temp	max 65 °C						
		Reducer AF	Temp pinion	max 65 °C						
			Temp Low Speed	max 65 °C						
			Oil seal	no leakage						
		Belt	belt surface	no leakage						
		coupling	coupling High Speed	normal						
		Reducer Scrapper	Temp pinion	max 65 °C						
			Temp Low Speed	max 65 °C						
			Oil seal	no leakage						
Scrapper	brg fix side temp	max 65 °C								
	brg free side temp	max 65 °C								
2	W94-FN1	motor	vibrasi	max 7 mm/s						
			temperatur	max 65 °C						
3	W94-FN2	motor	noise	normal						
			vibrasi	max 7 mm/s						
4	W94-BF1	pipa ducting	pressure tekanan angin	normal						
			pressure tekanan udara	good						
		housing	check visual	no crack						
			check cover	normal						
5	W94-EW1	reducer	temperatur	max 65 °C						
			Oil seal	no leakage						
			check gear	normal						
6	W94-BC1	motor	brg fix side temp	max 65 °C						
			brg free side temp	max 65 °C						
		head pulley	brg fix side temp	max 65 °C						
			brg free side temp	max 65 °C						
		tail pulley	brg fix side temp	max 65 °C						
			brg free side temp	max 65 °C						
		Reducer Gear	Temp pinion	max 65 °C						
			Temp Low Speed	max 65 °C						
			Oil seal	no leakage						
		Belt	belt surface	no leakage						
			Belt Position	centre						
		Sprocket	Drive	No wear						
			Driven	No wear						
			Chain link	no broken						
		Roller	Roller Carry	no broken						
			Roller Impact	no broken						
			Roller Return	no broken						
	Belt Cleaner	Head Primary Cleaner	no broken							
7	W94-SX1	Head sprocket	check worm at pitch's surface	no wear						
			check fix bearing temp	max 65 °C						
			check fix bearing noise	no strange noise						
			check fix bearing seal	no leakage/ greased						
			check free bearing temp	max 65 °C						
			check free bearing noise	no strange noise						
			check free bearing seal	no leakage/ greased						
		tail sprocket	check worm at pitch's surface	no wear						
			check fx bearing temp	max 65 °C						
			check fx bearing noise	no strange noise						
			check fx bearing seal	no leakage/ greased						
			check free bearing temp	max 65 °C						
			check free bearing noise	no strange noise						
			check free bearing seal	no leakage/ greased						
			check adjuster bolt	tight						
		link	check link	no crack						
			check pin link	no deform						
check rail	no crack									

PERENCANAAN PERAWATAN PENCEGAHAN RUTIN PADA AREA FLY ASH RECEIVING AND CONVEYING

Muslim Azmi Iskandar¹, Sugeng Mulyono²

¹Mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16425

muslimiskandar2415@gmail.com

²Dosen Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Mesin

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh belum adanya perawatan pencegahan rutin pada area Fly Ash Receiving and Conveying. Area Fly Ash Receiving and Conveying merupakan area memiliki fungsi untuk mengelola fly ash (abu terbang) sisa pembakaran batu bara sebelum digunakan sebagai bahan campuran aditif pada proses pembuatan semen. Permasalahan yang terjadi adalah tidak tersedianya sistem Preventive Maintenance Routine (PMR) pada area tersebut, maka dari itu dibutuhkan tindakan Preventive Maintenance Routine (PMR) pada area tersebut agar equipment yang terdapat pada area tersebut dapat di pantau dengan baik. Penentuan jadwal perawatan rutin ditentukan dengan menggunakan metode pengumpulan data yang didapatkan dari studi literature, data kondisi lapangan data hasil wawancara. Penelitian dilakukan dengan inventarisasi terhadap seluruh equipment yang terdapat pada area tersebut lalu menentukan equipment apa saja yang perlu dimasukkan ke dalam jadwal perawatan rutin dan ditentukan komponen kritis pada equipment tersebut dan tindakan pengecekan yang dibutuhkan. Hasil perencanaan diperoleh check sheet yang akan digunakan pada saat running inspection, sehingga t equipment yang ada dapat dipantau kondisinya secara rutin dan diketahui kondisinya lebih awal dan resiko rusaknya mesin secara tiba-tiba yang dapat di hindari.

Kata kunci: Preventive Maintenance Routine, Jadwal Pemeliharaan Rutin, Check Sheet, Fly ash Receiving and Conveying, Fly ash

Abstract

This research is motivated by the absence of routine preventive maintenance in Fly Ash Receiving and Conveying area. The Fly Ash Receiving and Conveying Area is an area that has the function of managing fly ash (burning ash) of coal burning before it is used as an additive mixture in the cement making process. The problem is the unavailability of the Preventive Maintenance Routine (PMR) system in the area, therefore Preventive Maintenance Routine (PMR) is required in the area so that equipment in the area can be monitored properly. Determination of routine maintenance schedule is determined by using data collection method obtained from literature study, data field condition data interview result. The study was conducted by inventorying all equipment in the area and then determining what equipment should be included in the routine maintenance schedule and determined the critical components of the equipment and the required checking action. The result of the planning is check sheet which will be used during the running inspection, so that the existing equipment can be monitored condition regularly and known condition earlier and the risk of machine damage suddenly that can be avoided.

Keywords: Preventive Maintenance Routine, Routine Maintenance Schedule, Check Sheet, Fly ash Receiving and Conveying, Fly ash

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

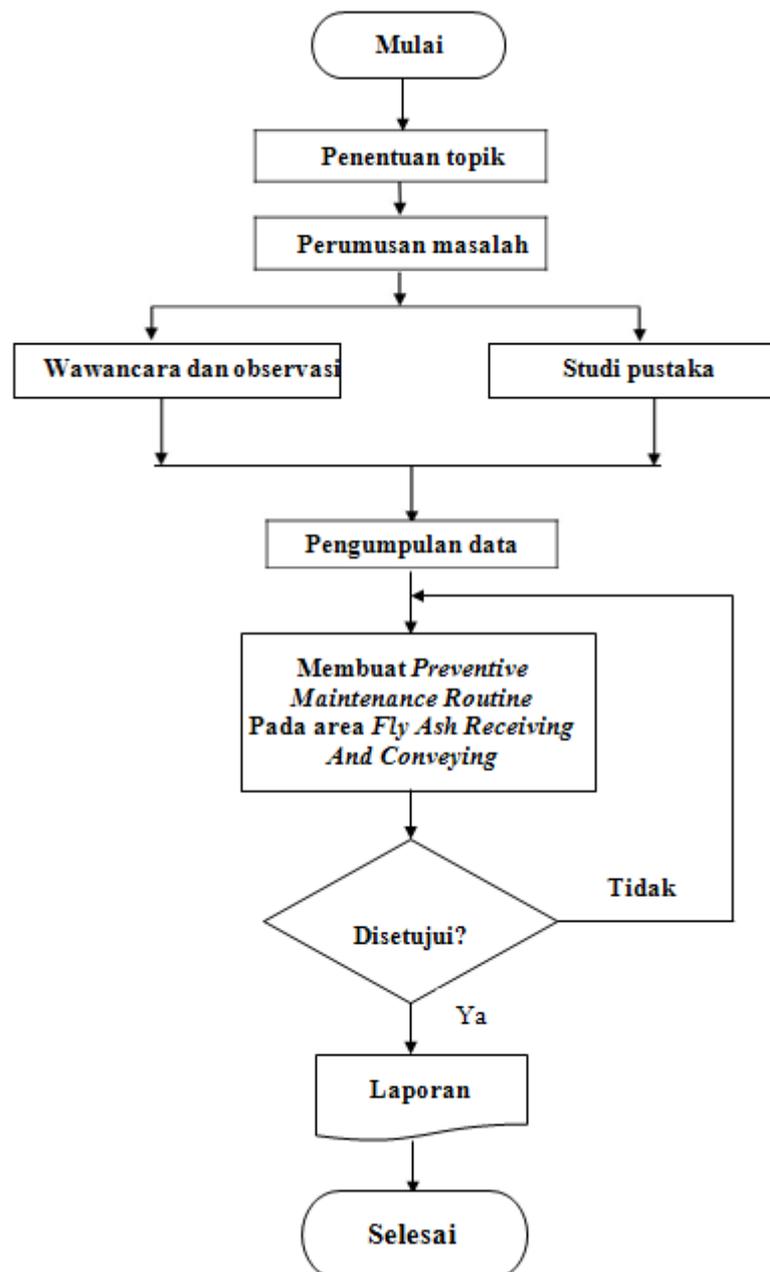
Fly ash (abu terbang) adalah satu diantara bahan yang dapat yang digunakan sebagai bahan campuran pada proses pembuatan semen. Fly ash diperoleh dari hasil sisa pembakaran batu bara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan termasuk ke dalam limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Fly ash receiving and conveying merupakan satu diantara area yang terdapat di PT. XXX dan berfungsi untuk menampung fly ash sebelum digunakan sebagai bahan campuran pada proses pembuatan semen. Area tersebut terdiri dari beberapa equipment yang penting seperti fan, blower, rotary feeder, bin, slide gate, air slide dan lain-lain.

Semua area yang terdapat di PT. XXX harus masuk ke dalam jadwal Perawatan Pencegahan Rutin yang dilakukan oleh tim *condition base monitoring*, sehingga area tersebut dapat dilakukan *running inspection* rutin, tetapi area *fly ash receiving and conveying* belum masuk ke dalam jadwal Perawatan Pencegahan Rutin dan belum memiliki *check sheet*, sehingga sampai sekarang belum dilakukan *running inspection* secara rutin. Oleh karenanya dibuat *equipment list* yang perlu diperiksa secara rutin dan disusunnya ke dalam *check sheet* yang dimasukkan ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* di PT. XXX dengan inventarisasi *equipment* yang perlu diperiksa secara rutin pada area *fly ash Receiving and Conveying*.

2. METODE PENELITIAN

Metoda perencanaan mengikuti diagram alir sebagaimana Gambar 1.



Gambar. 1 Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Penelitian

Tabel. 1 Daftar inventaris *equipment* yang perlu di periksa

No.	No. Mesin	Nama Mesin	Jumlah	Lokasi
1	T94-FN1	FAN	1	<i>Fly Ash Receiving and Conveying</i>
2	T94-RF1	ROTARY FEEDER	1	
3	T94-FA1	FAN	1	
4	T94-FA2	FAN	1	
5	T94-BL1	BLOWER	1	
6	T94-BL2	BLOWER	1	
7	T94-PP1	PNEUMATIC PUMP	1	

Tabel 1 berisi daftar *equipment* yang perlu diperiksa pada area *Fly Ash Receiving and Conveying*

Berdasarkan tabel tersebut terdapat 7 *equipment* yang perlu diperiksa yaitu, T94-FN1, T94-RF1, T94-FA1, T94-FA2, T94-BL1, T94-BL2 dan T94-PP1. Dari 7 *equipment* tersebut terdiri dari 4 buah mesin yaitu, *Fan*, *Rotary Feeder*, *Blower* dan *Pneumatic Pump*.

3.2 Pembuatan Jadwal Perawatan

Jadwal perawatan *equipment* pada area *Fly Ash Receiving and Conveying* dibuat mengacu *manual book* dan referensi buku yang berhubungan dengan *equipment* yang terdapat pada area tersebut untuk menentukan kegiatan apa saja yang dilakukan untuk melakukan perawatan *equipment* pada area *Fly Ash Receiving and Conveying* dan juga frekuensi kegiatan perawatannya. [1] sebagaimana Tabel 2.

Tabel. 2 Tabel Jadwal Perawatan Blower

JADWAL PEMELIHARAAN		
NAMA EQUIPMENT: <i>BLOWER</i>		TANGGAL PEMBUATAN
No. mesin : T94-BL1, T94-BL2		16 JUNI 2018
DESKRIPSI KEGIATAN PEMELIHARAAN	FREKWENSI	JENIS PEMERIKSAAN
MOTOR LISTRIK		
Periksa temperatur motor listrik	M/M	PO
Periksa kondisi baut pondasi pada motor listrik	M/M	PO
Periksa kebersihan lingkungan motor dari debu, benda abrasive, hal yang mudah terbakar dan mudah meledak	M/M	PO
V-BELT		
Periksa tension v-belt	M/B	PO
Periksa keausan v-belt	M/B	PB
PULLEY		
Pengecekan keausan pulley	M/B	PB
Periksa <i>alligment</i> dari shaft	M/B	PB

UMUM		
Cek kondisi pelindung v-belt	M/M	PO
Periksa kondisi baut pondasi	M/M	PO
Periksa suara blower ketika beroperasi	M/M	PO

Tabel. 3 Jadwal Perawatan *Rotary Feeder*

JADWAL PEMELIHARAAN		
NAMA EQUIPMNET : <i>ROTARY FEEDER</i>	TANGGAL PEMBUATAN	
No mesin : T94-RF1	16 JUNI 2018	
DESKRIPSI KEGIATAN PEMELIHARAAN	FREKWENSI	JENIS PEMERIKSAAN
MOTOR LISTRIK		
Periksa temperatur motor listrik	M/M	PO
Periksa kebersihan lingkungan motor dari debu, benda abrasive, hal yang mudah terbakar dan mudah meledak	M/M	PO
GEAR		
Periksa temperatur gear	M/M	PO
Cek suara pada gear	M/M	PO
Periksa level oil	M/M	PO
Periksa kondisi oil seal	M/M	PO
BEARING		
Cek kondisi housing bearing	M/M	PO
Cek suara pada bearing	M/M	PO
ROTOR		
Periksa keausan pada bagian tepi blade	M/6B	PB
Periksa keausan pada rotor cup	M/6B	PB
UMUM		
Cek kondisi pada setiap baut sambungan	M/M	PO
Periksa kondisi housing rotary feeder	M/M	PO

Tabel. 4 Tabel Jadwal Perawatan Fan

JADWAL PEMELIHARAAN		
NAMA EQUIPMENT: <i>FAN</i>	TANGGAL PEMBUATAN	
No. mesin : T94-FN1, T94-FN2, T94-FA1	16 JUNI 2018	
DESKRIPSI KEGIATAN PEMELIHARAAN	FREKWENSI	JENIS PEMERIKSAAN
MOTOR LISTRIK		
Periksa temperatur motor listrik	M/M	PO
Periksa kondisi baut pondasi pada motor listrik	M/M	PO
Periksa kebersihan lingkungan motor dari debu, benda abrasive, hal yang mudah terbakar dan mudah meledak	M/M	PO
CASING		
Periksa kondisi casing	M/M	PO
Periksa kebocoran pada casing	M/M	PO
BLADE		
Periksa keasuan pada blade	M/T	PB
Periksa kebersihan balde dari material yang menempel	M/T	PB
UMUM		
Periksa kebersihan area fan	M/M	PO
Periksa suara fan ketika beroperasi	M/M	PO
Periksa kondisi pada baut pondasi	M/M	PO

Tabel. 5 Tabel Jadwal Perawatan *Pneumatic pump*

JADWAL PEMELIHARAAN		
NAMA EQUIPMENT : <i>PNEUMATIC PUMP</i>	TANGGAL PEMBUATAN	
No Mesin : T94-PP1	16 JUNI 2018	
DESKRIPSI KEGIATAN PEMELIHARAAN	FREKWENSI	JENIS PEMERIKSAAN
MOTOR LISTRIK		
Periksa Temperatur motor listrik	M/M	PO
Periksa kondisi baut pondasi pada motor listrik	M/M	PO
Periksa kebersihan lingkungan motor dari debu, benda abrasive, hal yang mudah terbakar dan mudah meledak	M/M	PO
Periksa vibrasi motor listrik	M/M	PO
STUFFING BOX		
Pengecekan kondisi stuffing box secara visual	M/M	PO
BEARING		
Pengecekan level oil pada pada bearing	M/M	PO
WEAR BUSHING		
Pengecekan keausan pada wear bushing	M/3B	PO
END FLIGHT		
Pengecekan keausan pada end flight	M/3B	PB
SCREW		
Pengecekan keausan pada screw	M/3B	PO
UMUM		
Pengecekan kondisi baut pondasi pada pneumatic pump	M/M	PO

3.4 Pembuatan Check Sheet area *Fly Ash Receiving and Conveying*

Check sheet atau lembar periksa adalah suatu formulir yang mana item-item yang diperiksa telah dicetak dalam formulir tersebut, dengan maksud agar data dapat dikumpulkan secara mudah dan ringkas. Dengan demikian, lembar periksa adalah catatan yang sederhana dan teratur dalam pengumpulan dan pencatatan data, sehingga memudahkan dalam mengontrol proses dan pengambilan putusan. *Check sheet* untuk area *Fly Ash Receiving and Conveying* sebagaimana Tabel 6 [2].

Tabel 6. *Check sheet* untuk area *Fly Ash Receiving and Conveying* [2]

		Preventive Maintenance Routine (PMR)				Release date:		
						Type: Running inspection Main Work Center:		
Deparment :		MINERAL COMPONENT PREPARATION				Frequency: weekly/ 7 days		
HAC / Route:		FLY ASH RECEIVING & CONVEYING				Duration:		
1. Safety								
Hazard: moving part								
Isolation: No required								
2. Tools & Spares								
1) Thermometer 3)								
2) Brush & rags								
No	No Mesin	Task	Standard	Date / Month / 2018				Remark
				Actual Value				
1	T94-FN1	Motor						
2		- Temperature	< 100 deg C					
3		- Check foundation bolts	No loose/ deform/ fixed					
4		- Check cleaning motor	Clean from dust and abrasive material					
5		Casing						
6		- Check condition casing	Condition Good					
7		- Check leak in casing	No Leak					
8		General						
9		- Keep clean area	Condition Good					
10		- Check sound inside fan	No strange noise					
11		- Check foundation bolt	No loose/ deform/ fixed					
1	T94-RF1	Motor						
2		- Check Temperature	Maximum 90 deg C					
3		- Check cleaning motor	Clean from dust and abrasive material					
4		Bearing						
5		- Check sound in bearing	Smooth					
6		- Check condition visual bearing	Condition good					
7		Gear						
8		- Temperature	Maximum 80 deg C					
9		- Check oil seal	Good Condition					
10		- Check level indicator	Above minimal level					
11		- Check sound in gear	No strange noise					
12		General						
13		Check condition screw connection	No loose/ deform/ fixed					
14		Check visual condition housing	No leak/No tom					
1	T94-FA1	Motor						
2		- Temperature	< 100 deg C					
3		- Check foundation bolts	No loose/ deform/ fixed					
4		- Check cleaning motor	Clean from dust and abrasive material					
5		Casing						
6		- Check condition casing	Condition Good					
7		- Check leak in casing	No Leak					
8		General						
9		- Keep clean area	Condition Good					
10		- Check sound inside fan	No strange noise					
11		- Check foundation bolt	No loose/ deform/ fixed					

1	T94-FA2	Motor							
2		- Temperature	< 100 deg C						
3		- Check foundation bolts	No loose/ deform/ fixed						
4		- Check cleaning motor	Clean from dust and abrasive material						
5		Casing							
6		- Check condition casing	Condition Good						
1		- Check leak in casing	No Leak						
2		General							
3		- Keep clean area	Condition Good						
4		- Check sound inside fan	No strange noise						
5	- Check foundation bolt	No loose/ deform/ fixed							
1	T94-BL1	Motor							
2		- Temperature	< 100 deg C						
3		- Check foundation bolts	No loose/ deform/ fixed						
4		- Check cleaning motor	Clean from dust and abrasive material						
5		V-Belt							
6		- Check chasing V-belt	No Leak/No Torn						
7		General							
8		- Keep clean area	Condition Good						
9		- Check sound from blower	No strange noise						
10		- Check fondation bolts	No loose/ deform/ fixed						
1	T94-BL2	Motor							
2		- Temperature	< 100 deg C						
3		- Check foundation bolts	No loose/ deform/ fixed						
4		- Check cleaning motor	Clean from dust and abrasive material						
5		V-Belt							
6		- Check chasing V-belt	Condition Good						
7		General							
8		- Keep clean area	Condition Good						
9		- Check sound from blower	No strange noise						
10		- Check fondation bolts	No loose/ deform/ fixed						
1	T94-PP1.M1	Motor							
2		- Check Temperature	< 100 deg C						
3		- Check foundation bolts	No loose/ deform/ fixed						
4		- Check cleaning motor	Clean from dust and abrasive material						
5		Stufing Box							
6		- Check visual condition stuffing box	Good Condition						
7		Bearing							
8		- Check level oil	In range						
9		General							
10		- Check foundation bolt	No loose/ deform/ fixed						
	V : Good								
	\ : Fair/Monitor								
	X : Bad								
		Tanggal							
		Petugas							

IV. KESIMPULAN

Dengan adanya *check sheet* pada area *Fly Ash Receiving and Conveying* yang akan digunakan pada saat *running inspection*, maka *equipment* yang terdapat pada area tersebut dapat dipantau kondisinya dan resiko terjadi kerusakan secara tiba-tiba dapat dihindari.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Corder Antony, Kusnul Hadi, "Teknik Manajemen Pemeliharaan", *Erlangga*, 1992.
- [2] Gaspersz Vincent, "Total Quality Management", *Gramedia Pustaka Utama*, 2005.

PERAWATAN PENCEGAHAN PADA *BRIDGE CRANE NIPPON HOIST* DI PT. X

Asep Juhana¹, Muhammad Zakinura²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425 Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034

Email: asepjuhana42@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

PT. X bergerak dalam bidang industri manufaktur untuk kendaraan roda dua dan roda empat. Satu diantara mesin yang terdapat di PT. X ini yaitu *Bridge Crane Nippon Hoist* (BCNH). Crane tersebut mempunyai fungsi memindahkan mold dari area mold ke mesin *Injection* juga berfungsi sebagai support pemasangan mold untuk mesin *Injection*. Permasalahan yang dialami oleh BCNH adalah tidak tersedianya jadwal perawatan. Pada tahun 2017 terjadi Downtime selama 186 menit dan di 2016 terjadi downtime selama 300 menit. Sistem perawatan berupa *Preventive Maintenance* dianggap mampu mencegah penurunan proses produksi karena adanya *Breakdown Maintenance*, maka sistem perawatan berupa *Preventive Maintenance* dibutuhkan, agar *Breakdown Maintenance* dan Downtime dapat dihindari. Penelitian bertujuan agar tindakan perawatan pada BCNH dapat dilakukan berdasarkan jadwal pemeliharaan yang tepat sesuai spesifikasi pekerjaan. Penelitian ini menggunakan *Metode Repair Complexity* (*Metode ISMC*), metode ISMC adalah metode perawatan terencana dari pelaksanaan perawatan yang terjadwal. Dengan metode tersebut, didapatkan siklus perawatan yaitu, C – I₁ – I₂ – I₃ – I₄ – S₁ – I₅ – I₆ – I₇ – I₈ – S₂ – I₉ – I₁₀ – I₁₁ – I₁₂ – S₃ – I₁₃ – I₁₄ – I₁₅ – I₁₆ – S₄ – I₁₇ – I₁₈ – I₁₉ – I₂₀ – S₅ – I₂₁ – I₂₂ – I₂₃ – I₂₄ – S₆ – I₂₅ – I₂₆ – I₂₇ – I₂₈ – S₇ – I₂₉ – I₃₀ – I₃₁ – I₃₂ – S₈ – I₃₃ – I₃₄ – I₃₅ – I₃₆ – C, dengan jangka waktu antara perawatan terakhir dengan perawatan berikutnya berjarak 1 bulan dan seluruh perawatan dilakukan sekitar 4 tahun. Dengan adanya jadwal perawatan tersebut yang disertai dengan spesifikasi pekerjaan, dapat menjadi solusi untuk perawatan BCNH.

Kata kunci : *Bridge Crane Nippon Hoist*, *Preventive Maintenance* (PM), *Metode Repair Complexity* (*Metode ISMC*), Siklus Perawatan, Maintenance.

Abstrac

PT. X moves in the field of industrial manufacturing for two-wheel vehicles, and four wheels. One of the machines in the PT. X *Bridge Crane Nippon Hoist* (BCNH). Crane di PT X functions moved from mold to mold *Injection* also serves as a support installation mold for *Injection*. The problem being experienced by cranes is the unavailability of maintenance schedules. In the year 2017 Downtime for 186 minutes ago in 2016 downtime over the past 300 minutes. System maintenance in the form of *Preventive Maintenance* are considered capable of preventing a decline in production due to *Breakdown Maintenance*. Then the system maintenance in the form of *Preventive Maintenance* is required, in order to *Breakdown Maintenance* and Downtime can be avoided. This research has the goal of keeping a maintenance action on *Bridge Crane Hoist* can be done based on *Nippon maintenance schedule* that is right sesuai job specifications. This research use *Method of Repair Complexity* (*ISMC Method*), *ISMC method* is the method of implementation of planned maintenance scheduled maintenance. With this method, the maintenance cycle is obtained yaitu, C – I₁ – I₂ – I₃ – I₄ – S₁ – I₅ – I₆ – I₇ – I₈ – S₂ – I₉ – I₁₀ – I₁₁ – I₁₂ – S₃ – I₁₃ – I₁₄ – I₁₅ – I₁₆ – S₄ – I₁₇ – I₁₈ – I₁₉ – I₂₀ – S₅ – I₂₁ – I₂₂ – I₂₃ – I₂₄ – S₆ – I₂₅ – I₂₆ – I₂₇ – I₂₈ – S₇ – I₂₉ – I₃₀ – I₃₁ – I₃₂ – S₈ – I₃₃ – I₃₄ – I₃₅ – I₃₆ – C, with time period between the last maintenance and the next maintenance is 1 month and all maintenance is done about 4 years. With the maintenance schedule accompanied by job specifications, can be a solution for the maintenance BCNH in PT X.

Keywords: *Bridge Crane Nippon Hoist*, *Preventive Maintenance* (PM), *Metode Repair Complexity* (*Metode ISMC*), Cycle Maintenance, Maintenance.

1. PENDAHULUAN

PT. X bergerak dalam bidang industri manufaktur untuk kendaraan roda dua dan roda empat. Satu diantara mesin yang digunakan yaitu *Bridge Crane Nippon Hoist* (BCNH) adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat yang lain. Crane terdiri dari banyak macam, salah satunya adalah BCNH dengan jumlah 4 unit mesin.

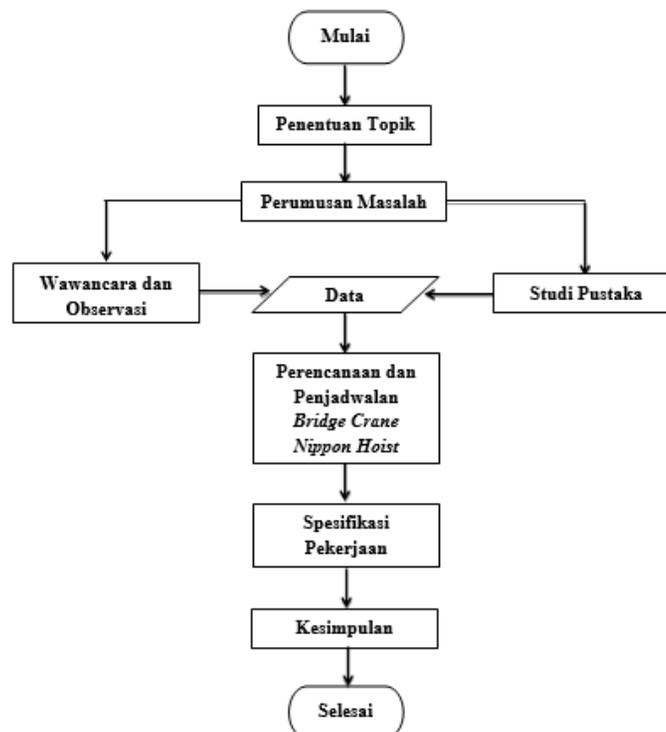
Untuk menunjang kegiatan produksi pada perusahaan tersebut, *BCNH* digunakan dalam penggantian *modal* setiap 10 menit dalam kurun waktu 24jam/hari. Dengan intensitas penggunaan yang begitu padat diperlukan perawatan untuk menjaga kinerja mesin, namun tidak tersedianya jadwal perawatan *BCNH* menyebabkan terjadinya *breakdown* pada saat jam produksi, yang rata-rata terjadi 1 tahun sekali, sehingga mesin mengalami *downtime* selama 318,25/menit. Untuk mencegah terjadinya masalah tersebut dibutuhkan suatu sistem perawatan yang mampu menjaga performa mesin saat produksi berlangsung.

Sistem perawatan berupa *preventive maintenance* dianggap mampu mencegah penurunan intensitas produksi karena adanya kerusakan mesin yang membutuhkan tindakan *breakdown maintenance*, maka untuk menghindari *breakdown maintenance* dan terjadi *downtime*, *BCNH* membutuhkan sistem perawatan berupa *preventive maintenance*.

Sesuai dengan permintaan perusahaan akan sistem perawatan pada *BCNH* yang optimal dan berkelanjutan, maka dengan adanya *preventive maintenance* diharapkan menjadi sebuah langkah terbaik untuk mendukung proses produksi dengan mutu yang baik. Dengan alasan tersebut, maka dibuat perencanaan *preventive maintenance* dengan hasil akhir berupa jadwal *preventive maintenance* dan Spesifikasi Pekerjaan sebagai solusi yang diberikan kepada perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir pembuatan jadwal perawatan ditunjukkan sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan jadwal

1. Penentuan Topik

Penentuan topik dilakukan dengan wawancara langsung operator atau staf perawatan di PT. X, dan pengamatan langsung terhadap proses perawatan mesin.

2. Perumusan Masalah

Dari hasil pengamatan langsung dan wawancara dalam proses penentuan topik didapatkan gambaran mengenai permasalahan yang ada dalam perawatan *BCNH*. Masalah yang didapat telah dirumuskan sebagai :

- Bagaimana merancang sistem preventive maintenance yang baik?
- Bagaimana menyusun jadwal perawatan yang tepat pada *BCNH*?

3. Wawancara dan Observasi

Melakukan tanya jawab dengan teknisi atau operator *BCNH* di PT. X mengenai perawatan yang sudah berlangsung, sehingga didapatkan data untuk membuat penjadwalan untuk *BCNH*.

4. Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk menemukan teori-teori yang sesuai dengan masalah yang sedang dibahas guna membantu memecahkan masalah. Hal tersebut dilakukan dengan cara membaca dan mencari buku-buku, jurnal, dan segala jenis laporan yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

5. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap mengumpulkan semua data yang diperoleh baik dari observasi maupun studi pustaka untuk selanjutnya dilaksanakan proses pembuatan jadwal perawatan *BCNH*.

6. Perencanaan dan Penjadwalan *BCNH*

Pembuatan perencanaan dan penjadwalan *BCNH* dengan cara melihat studi lapangan dan studi pustaka sebagai referensinya.

7. Spesifikasi Pekerjaan

Spesifikasi pekerjaan disusun dari jadwal perawatan sebagai suatu alat komunikasi antara permintaan manajer perawatan dengan teknisi perawatan.

Spesifikasi tersebut dipersiapkan secara terpisah untuk masing-masing pekerjaan dan frekuensi sebagai suatu pengarahan bagi pekerja.

8. Kesimpulan

Setelah jadwal perawatan dan spesifikasi pekerjaan selesai dibuat kemudian menafsirkan kesimpulan yang didasarkan pada tujuan dan permasalahan. Penafsiran kesimpulan tersebut menunjukkan jawaban atas tujuan yang telah dikemukakan dalam topik permasalahan yang diangkat pada penelitian serta memberikan saran yang dapat mencegah masalah tersebut terulang lagi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Teknis *BCNH*

SPECIFICATION						
CRANE TYPE		OVER HEAD CRANE				
CAPACITY		12,5	Ton	NHED 12,5 TDV- P		
SPAN (L)		18.425 Meter				
LIFT		6	Meter			
MOTION		SPEED M/min	MOTOR Kw	POLE	RATING	BRAKES
DISTING	MAIN	3.7 ~ 0.8	12.0 x 2	6P	40% ED	MAGNET
CROSS TRAVEL		19 ~ 3.2	1.3 x 1	4P	25% ED	MAGNET
LONG TRAVEL		34 ~ 8.5	2.0 x 2	4P	25% ED	MAGNET
WIRE ROPE		Ø 18.0 mm x 6/2 FALLS				
OPERATION		MOBILE CONTROL + RADIO CONTROL				
POWER SOURCE		3 Ø	380 V	50 Hz		

Gambar 1 Spesifikasi *BCNH*

3.2- Klasifikasi Mesin yang Digunakan

Klasifikasi mesin bertujuan untuk memudahkan untuk mempelajarinya. Dalam penelitian tersebut, mesin yang dijadikan objek adalah *BCNH*. Mesin tersebut termasuk dalam klasifikasi *Handling Equipment*.

3.3- Data Keseharian Mesin

3.3.1- Giliran Kerja Mesin (*Shift*) dalam 1 hari

PT. X menerapkan 3 *shift* untuk proses produksi. Kegiatan produksi dilakukan setiap hari kerja yaitu mulai dari Senin sampai dengan Jumat. Setiap harinya dalam 3 *shift* mesin bekerja sekitar ± 21 jam.

3.3.2- Bahan Benda Kerja

PT. X merupakan perusahaan yang memproduksi *spare part* untuk kendaraan roda dua dan roda empat yang terbuat dari bahan karet.

3.3.3- Tipe Produksi

Dalam dunia industri ada 3 jenis/tipe dari produksi, yaitu massal, seri, dan unit. Di PT. X tipe dari produksinya adalah massal.

3.4- Siklus Perawatan[5]

Menurut Metode *Repair Complexity* dan berdasarkan data yang didapat pada data keseharian mesin, maka dilakukan penentuan siklus dari perawatan atau perawatan itu sendiri, maka didapat siklus perawatan sebagai berikut:

$C - I_1 - I_2 - I_3 - I_4 - S_1 - I_5 - I_6 - I_7 - I_8 - S_2 - I_9 - I_{10} - I_{11} - I_{12} - S_3 - I_{13} - I_{14} - I_{15} - I_{16} - S_4 - I_{17} - I_{18} - I_{19} - I_{20} - S_5 - I_{21} - I_{22} - I_{23} - I_{24} - S_6 - I_{25} - I_{26} - I_{27} - I_{28} - S_7 - I_{29} - I_{30} - I_{31} - I_{32} - S_8 - I_{33} - I_{34} - I_{35} - I_{36} - C$

Keterangan : I: *Inspection* (Inspeksi)

S: *Small Repair* (Perbaikan Kecil)

M: *Medium Repair* (Perbaikan Sedang)

C: *Complete Overhaul* (Perbaikan Menyeluruh)

3.5- Periode Perawatan[5]

Selain siklus perawatan didapat juga periode dan siklus untuk perawatan yang harus dilakukan dan saling berkaitan dengan siklus perawatan tersebut. Ada 2 jenis periode perawatannya yaitu periode perawatan dalam bulan dan periode perawatan dalam tahun.

Untuk periode perawatan dalam bulan didapatkan nilai 1. Jadi maksudnya adalah jangka waktu antara perawatan terakhir dengan perawatan selanjutnya berjarak 1 bulan. Misalnya pada Inspeksi pertama (I1) dilakukan pada bulan Januari, maka perawatan selanjutnya Inspeksi kedua (I2) dilakukan pada bulan Februari. Begitu juga seterusnya dari Inspeksi kedua (I2) ke Perbaikan Kecil 1 (S1) jangka waktunya 1 bulan. Sedangkan untuk periode perawatan dalam tahunan didapatkan nilai sebesar 4. Jadi maksudnya yaitu jangka waktu untuk seluruh perawatan dilakukan selama 4 tahun, atau dengan kata lain jarak antara *Complete Overhaul* (C) ke *Complete Overhaul* selanjutnya berjangka 4 tahun.

Tabel 1 sampai dengan Tabel 4 menunjukkan perawatan *Preventive* untuk BCNH di PT. X.

Tabel 1 Jadwal perawatan *Bridge Crane* tahun 2019

No	Nama Mesin	Shift	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Perawatan Terakhir		Bulan Pada Tahun 2019											
				Jenis perawatan	Bulan Perawatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<i>Bridge Crane</i>	3	1	I ₃₆	12	C	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	S ₁	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	S ₂	I ₉

Tabel 2 Jadwal perawatan *Bridge Crane* tahun 2020

No	Nama Mesin	Shift	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Perawatan Terakhir		Bulan Pada Tahun 2020											
				Jenis perawatan	Bulan Perawatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<i>Bridge Crane</i>	3	1	I ₉	12	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	S ₃	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	S ₄	I ₁₇	I ₁₈	I ₁₉

Tabel 3 Jadwal perawatan *Bridge Crane* tahun 2021

No	Nama Mesin	Shift	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Perawatan Terakhir		Bulan Pada Tahun 2021											
				Jenis perawatan	Bulan Perawatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<i>Bridge Crane</i>	3	1	I ₁₉	12	I ₂₀	S ₅	I ₂₁	I ₂₂	I ₂₃	I ₂₄	S ₆	I ₂₅	I ₂₆	I ₂₇	I ₂₈	S ₇

Tabel 4 Jadwal perawatan *Bridge Crane* tahun 2022

No	Nama Mesin	Shift	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Perawatan Terakhir		Bulan Pada Tahun 2022											
				Jenis perawatan	Bulan Perawatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<i>Bridge Crane</i>	3	1	S ₇	12	I ₂₉	I ₃₀	I ₃₁	I ₃₂	S ₈	I ₃₃	I ₃₄	I ₃₅	I ₃₆	C		

Tabel 5 sampai dengan Tabel 8 menunjukkan jadwal perawatan keseluruhan untuk *BCNH* di PT. X.

Tabel 5 Jadwal Perawatan Keseluruhan *Bridge Crane Nippon Hoist* PT. X Tahun 2019

NO	NAMA MESIN	NO MESIN	BULAN PADA TAHUN 2019											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OKT	NOV	DEC
1	<i>BRIDGE CRANE</i>	BCNH01	C	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	S ₁	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	S ₂	I ₉
2		BCNH02		C	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	S ₁	I ₅	I ₆	I ₇	S ₂	I ₈
3		BCNH03			C	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	S ₁	I ₅	I ₆	I ₇	S ₂

Tabel 6 Jadwal Perawatan Keseluruhan *Bridge Crane Nippon Hoist* PT. X Tahun 2020

NO	NAMA MESIN	NO MESIN	BULAN PADA TAHUN 2020											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OKT	NOV	DEC
1	<i>BRIDGE CRANE</i>	BCNH01	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	S ₃	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	S ₄	I ₁₇	I ₁₈	I ₁₉
2		BCNH02	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	S ₃	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	S ₄	I ₁₇	I ₁₈
3		BCNH03	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	I ₁₂	S ₃	I ₁₃	I ₁₄	I ₁₅	I ₁₆	S ₄	I ₁₇

Tabel 7 Jadwal Perawatan Keseluruhan *Bridge Crane Nippon Hoist* PT. X Tahun 2021

NO	NAMA MESIN	NO MESIN	BULAN PADA TAHUN 2021											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OKT	NOV	DEC
1	<i>BRIDGE CRANE</i>	BCNH01	I ₂₀	S ₅	I ₂₁	I ₂₂	I ₂₃	I ₂₄	S ₆	I ₂₅	I ₂₆	I ₂₇	I ₂₈	S ₇
2		BCNH02	I ₁₉	I ₂₀	S ₅	I ₂₁	I ₂₂	I ₂₃	I ₂₄	S ₆	I ₂₅	I ₂₆	I ₂₇	I ₂₈
3		BCNH03	I ₁₈	I ₁₉	I ₂₀	S ₅	I ₂₁	I ₂₂	I ₂₃	I ₂₄	S ₆	I ₂₅	I ₂₆	I ₂₇

Tabel 8 Jadwal Perawatan Keseluruhan *Bridge Cane Nippon Hoist* PT. X Tahun 2022

NO	NAMA MESIN	NO MESIN	BULAN PADA TAHUN 2022											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OKT	NOV	DEC
1	BRIDGE CRANE	BCNH01	I ₂₉	I ₃₀	I ₃₁	I ₃₂	S ₈	I ₃₃	I ₃₄	I ₃₅	I ₃₆	C		
2		BCNH02	S ₇	I ₂₉	I ₃₀	I ₃₁	I ₃₂	S ₈	I ₃₃	I ₃₄	I ₃₅	I ₃₆	C	
3		BCNH03	I ₂₈	S ₇	I ₂₉	I ₃₀	I ₃₁	I ₃₂	S ₈	I ₃₃	I ₃₄	I ₃₅	I ₃₆	C

3.6 Inspeksi, *Small Repair*, *Medium Repair*, dan *Complete Overhaul* [5]

Pada siklus perawatan terdapat beberapa langkah dalam melakukan perawatan. Mulai dari Inspeksi hingga *Overhaul*, sehingga upaya yang harus dilakukan pada setiap langkah perawatannya [5] adalah :

3.6.1 Inspeksi[5]

Inspeksi meliputi kegiatan diantaranya untuk:

- a. memeriksa bagian usang ganti-kawat tali, bantalan reaksi penggandengan roda,
- b. memeriksa dan mengganti mengetik dan melesat sendi,
- c. memeriksa semua unit dan mengganti, jika diperlukan,
- d. memperbaiki dan mengatur rem,
- e. menghilangkan cacat di dilas atau rivetted baja struktur,
- f. membuka penutup dan memeriksa unit yang tidak dapat diakses untuk pengamatan langsung,-
- g. eksternal memeriksa mekanisme dan bagian mereka,
- h. memeriksa ditangguhkan katrol blok,
- i. memeriksa bekerja normal semua mekanisme dan untuk menghilangkan Cacat diamati,
- j. membuat Cacat daftar yang perlu dilayani selama rencana perbaikan berikutnya (S, C), dan
- k. menggantikan pelumas dan perbaikan sistem pelumas.

3.6.2 *Small Repair* (Perbaikan Kecil)[5]

Small Repair meliputi kegiatan diantaranya untuk:

- a. eksternal memeriksa semua mekanisme, bantalan, penutup dan kencangkan baut,
- b. memeriksa kondisi rem, untuk menggantikan paku keling dan untuk mengatur rem,
- c. memeriksa keausan tali dan kait, roda, kopling, drum. untuk memeriksa kondisi tali ikat,
- d. eksternal memeriksa bagian-bagian yang dapat diakses dari struktur baja, misalnya jembatan dan trolley dll.
- e. memeriksa tepat fungsi pelumas sistem dan untuk memastikan adanya pelumasan pada semua poin pelumas, mengganti minyak dalam semua reservoir,
- f. mengecek kondisi transmisi gigi terbuka,
- g. menghilangkan cacat minor,
- h. memeriksa kerja dari semua mekanisme,-dan
- i. memeriksa entri yang tepat dalam perubahan log buku oleh pengambilan atas/menyerahkan atas operator derek.

3.6.3. *Complete Overhaul*[5]

Complete Overhaul meliputi kegiatan diantaranya untuk:

- a. sepenuhnya merakit dis mekanisme crane dan menggantikan semua unit usang / rusak dan bagian,
- b. perbaikan struktur baja, jika disebut untuk,
- c. perbaikan *buffer*,
- d. menggantikan semua pelumas dan perbaikan sistem pelumas,-
- e. mengubah trolly rel,
- f. menggantikan tali kawat, roda dan ditangguhkan katrol blok,
- g. menyatukan bagian-bagian dari mekanisme sehingga thar sampe bagian yang sesuai pada *crane* lain juga,
- h. menggantikan transmisi gigi terbuka,
- i. menyelaraskan roda *crane*,
- j. menjalankan semua mekanisme pada tanpa beban,-
- k. cat struktur baja, dan

1. mengembalikan papan untuk beban mengangkat kapasitas, instruksi dll untuk mengembalikan operasi sinyal pada tuas kontrol.

3.6.4. Inspection of crane rails and crane girders[5]

Inspection of crane rails and crane girders meliputi kegiatan diantaranya untuk:

- a. memeriksa ikat *crane* rel, *girder crane*, rem gulungan dan sumbat,
- b. mengecek kondisi *Fencings* diperlukan penjaga,
- c. tingkat dan pergeseran *crane* rel horisontal dan vertikal pesawat,
- d. mencuci dan menghapus minyak/lemak dari rel atas permukaan, dan
- e. mengetahui, kalau memang diperlukan untuk meluruskan atau mengganti sebagian/sepenuhnya rel *crane*.

Tabel 9 Spesifikasi Pekerjaan Penggantian tali kabel[2]

Spesifikasi Pekerjaan	Nomor Minggu			
Uraian Mesin Bridge Crane	Nomor Mesin		BCNH01	
	Nomor Spesifikasi			
Lokasi Area Plastic Injection	Kode Pemeliharaan			
	Pusat Biaya			
<p>Mengganti Tali kabel</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Alat Yang Digunakan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meteran 2. Kunci Pas 19 3. <i>Wire rope grabe puller</i> 4. Tali kawat 5. Alat komunikasi 6. Kunci-kunci (ring/pas) 7. Palu 8. Pasak 9. Mesin gerinda tangan 10. Standar <i>roll</i> <p>Langkah Kerja :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Matikan power Bridge Crane 2. Turunkan hoist sampai mendekati limit switch bawah 3. Lepas kedua limit switch 4. Dudukan lifting beam dengan aman 5. Lepas axle rope timble dan turunkan ujung wire rope satu-satu 6. Potong keempat wire timble 7. Sambungkan dengan ujung wire rope yang baru 8. Ikat dengan tali kawat pada ujung bagianya 9. Beri aba-aba hoist naik hingga ujung wire rope baru sampai ke rope drum </div> <div style="width: 45%; text-align: center;">  </div> </div>				

10. Lepaskan sambungan gram puller dan ujung wire rope yang baru diikat dengan mantap
11. Beri aba-aba hoist turun sampai wire rope lama habis
12. Buka slamp wire rope pada rope drum dan lepas rope yang lama
13. Pasang ujung-ujung rope baru pada rope drum dan kencangkan
14. Pasang keempat rope table pada rope anchorage
15. Beri aba-aba hoist naik samapai hook pada posisi limit switch bawah
16. Setel bila perlu
17. Pasang limit switch
18. Pasang kawat segel pada clamp wire rope
19. Ambil danger tag Crane siap dioperasikan

Estimasi Waktu : 120 menit

LAPORKAN SEGERA JIKA DITEMUKAN KERUSAKAN LAIN SAAT PEMERIKSAAN

Tabel 10 Spesifikasi Pekerjaan Penggantian *rel roda crane*[2]

Spesifikasi Pekerjaan	Nomor Minggu					
Uraian Mesin Bridge Crane	Nomor Mesin		BCNH01			
	Nomor Spesifikasi					
Lokasi Area Plastic Injection	Kode Pemeliharaan					
	Pusat Biaya					
<p>Mengganti rel troli crane</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Alat Yang Digunakan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kunci pas 10 2. Palu <p>Langkah Kerja :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Matikan power Bridge Crane 2. Buka baut pada dudukan troli dengan menggunakan kunci pas 10 3. Pindahkan troli yang lama dari dudukan troli 4. Masukkan troli baru ketempat dudukan troli 5. Pastikan posisi troli sudah pas pada lubang dudukan 6. Pasang baut pada dudukan lalu kencangkan </div> <div style="flex: 1;">  </div> </div>						

Estimasi Waktu : 90 menit

LAPORKAN SEGERA JIKA DITEMUKAN KERUSAKAN LAIN SAAT PEMERIKSAAN

Tabel 11 Spesifikasi Pekerjaan Penggantian roda crane[2]

Spesifikasi Pekerjaan	Nomor Minggu				
Uraian Mesin Bridge Crane	Nomor Mesin		BCNH01		
	Nomor Spesifikasi				
Lokasi Area Plastic Injection	Kode Pemeliharaan				
	Pusat Biaya				

Mengganti roda crane



Alat Yang Digunakan :

1. dongkrak
2. kunci pas 17
3. palu

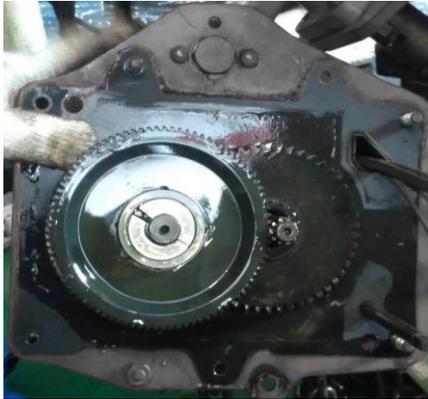
Langkah Kerja :

1. Matikan power Bridge Crane
2. angkat girder menggunakan dongkrak
3. Buka stoper pada poros roda menggunakan kunci pas 17
4. Keluarkan poros dari roda
5. Pasang roda yang baru
6. Turunkan kembali girder

Estimasi Waktu : 120 menit

LAPORKAN SEGERA JIKA DITEMUKAN KERUSAKAN LAIN SAAT PEMERIKSAAN

Tabel 12 Spesifikasi Pekerjaan Penggantian transmisi gigi[2]

Spesifikasi Pekerjaan	Nomor Minggu				
Uraian Mesin Bridge Crane	Nomor Mesin		BCNH01		
	Nomor Spesifikasi				
Lokasi Area Plastic Injection	Kode Pemeliharaan				
	Pusat Biaya				
Mengganti transmisi gigi					
					
<p>Alat Yang Digunakan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kunci pas 19 2. palu 					
<p>Langkah Kerja :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Matikan power Bridge Crane 2. buka baut pada motor dengan menggunakan kunci pas 19 3. Lepaskan motor crane lalu turunkan 4. Ganti transmisi gigi 5. Apabila motor crane tidak dapat diturunkan transmisi gigi diganti diatas 					
<p>Estimasi Waktu : 120 menit</p>					
LAPORKAN SEGERA JIKA DITEMUKAN KERUSAKAN LAIN SAAT PEMERIKSAAN					

Tabel 13 Spesifikasi Pekerjaan Penggantian katrol[2]

Spesifikasi Pekerjaan	Nomor Minggu				
Uraian Mesin Bridge Crane	Nomor Mesin		BCNH01		
	Nomor Spesifikasi				
Lokasi Area Plastic Injection	Kode Pemeliharaan				

Pusat Biaya	
<p>Mengganti katrol</p>	
<p>Alat Yang Digunakan :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Kunci pas 172. palu	
<p>Langkah Kerja :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Matikan power Bridge Crane2. Lepas baut pada katrol menggunakan kunci pas 173. lepas sling terlebih dahulu4. Ganti katrol yang lama dengan yang baru5. Pasang kembali sling	
<p>Estimasi Waktu : 120 menit</p>	
<p>LAPORKAN SEGERA JIKA DITEMUKAN KERUSAKAN LAIN SAAT PEMERIKSAAN</p>	

4. KESIMPULAN

4.1- Kesimpulan

1. Berdasarkan tujuan yang pertama dari pembuatan tugas akhir ini, maka didapat siklus perawatan dengan jangka waktu 4 tahun, periode perawatan setiap 1 bulan. Dengan siklus inspeksi setiap 1 bulan, siklus S1 ke S2 selama 5 bulan, S2 ke S3 selama 5 bulan, S3 ke S4 selama 5 bulan, S4 ke S5 selama 5 bulan, S5 ke S6 selama 5 bulan, S6 ke S7 selama 5 bulan, S7 ke S8 selama 5 bulan. Dengan item pemeriksaan sesuai buku H. P. Garg dan riwayat kerusakan *Bridge Crane*.

2. Berdasarkan tujuan yang kedua pembuatan tugas akhir ini, spesifikasi pekerjaan *Bridge Crane* dibuat berdasarkan hasil wawancara dengan karyawan *Maintenance*. Spesifikasi pekerjaan bersifat sebagai perintah kerja yang memiliki unsur *tools* yang digunakan, langkah – langkah pekerjaan dan estimasi waktu pekerjaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zainuri, Ach. Muhib, “Mesin Pemindah Bahan-Material Handling Equipment”, *ANDI*, 2008.
- [2] Corder, Antony & Kusnul Hadi, “Teknik Manajemen Pemeliharaan”. *Erlangga*, 1992.
- [3] J. Moubray, “Reliability-Centered Maintenance II, 2nd Edition”, *Butterworth-Heinemann*, 1997.
- [4] Kelly, A. “*Maintenance Organisation & Systems – Business-Centred Maintenance*”, Butterworth-Heinemann Oxford. 1997.
- [5] GARG, H.P, “Industrial Maintenance”, *Chand & Company Ltd* 1980.

PEMBUATAN JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1 DI PT HOLCIM INDONESIA

Aulia Trisnadi Putra¹, R. Sugeng Mulyono²

¹Mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16425, +6221 7270036, ext
217, (021) 7270034, trisnadi.putra1@gmail.com

²Dosen Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Mesin

Abstrak

Geocycle merupakan unit bisnis milik PT. Holcim Indonesia, Tbk yang menawarkan solusi pengolahan limbah padat bagi perusahaan terkemuka di Indonesia, sebagai wujud perusahaan yang sangat mengedepankan keramahan lingkungan dalam segala aspeknya. Proses pengolahan limbah Geocycle mulai dari loading limbah sampai proses pembuangan limbah yang dampaknya sangat kecil ke lingkungan, dilakukan pada area Greenzone 1. Kelancaran dari proses yang ada pada area Greenzone 1 dapat terwujud jika Preventive Maintenance Routine dilakukan untuk mengetahui kondisi equipment yang ada. Hingga saat ini belum tersedia jadwal Preventive Maintenance Routine pada area Greenzone 1. Permasalahan yang terjadi adalah belum adanya Preventive Maintenance Routine pada area tersebut karena area tersebut tergolong area baru pada PT Holcim Indonesia, Tbk plant Narogong. Oleh karena itu tujuan penelitian membuat jadwal dan checksheet Preventive Maintenance Routine pada area tersebut agar equipment yang terdapat pada area tersebut dapat dimonitor dengan baik dan kerusakan pada seluruh equipment dapat diprediksi sedini mungkin.

Penentuan jadwal pemeliharaan berdasarkan rekomendasi manual book, history dari penggunaan tiap equipment, dan penyesuaian man power dengan jadwal pemeliharaan. Penelitian ini dilakukan dengan mendata seluruh equipment yang terdapat pada area tersebut dan menentukan equipment apa saja yang perlu dimasukkan ke dalam checksheet Preventive Maintenance Routine area Greenzone 1. Kemudian dilakukan penentuan komponen kritis pada equipment tersebut dan tindakan pengecekan yang dibutuhkan sesuai standard dan rekomendasi dari manual book serta kondisi di lapangan. Hasil penelitian ini adalah dibuatnya jadwal dan checksheet Preventive Maintenance Routine yang digunakan pada saat running inspection dan dilakukan oleh tim Conditioning Base Monitoring PT Holcim Indonesia, Tbk untuk area Greenzone 1. Sehingga dengan adanya jadwal dan checksheet Preventive Maintenance Routine tersebut equipment yang ada dapat dimonitor kondisinya secara rutin dan dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi pada equipment tersebut.

Kata kunci: Greenzone 1, Preventive Maintenance Routine, Checksheet.

Abstract

Geocycle is a business unit owned by PT. Holcim Indonesia, Tbk that offers solid waste treatment solutions for leading companies in Indonesia, as a proof as a company that prioritizes environmental friendliness in all aspects. Geocycle waste processing process from waste loading to the waste disposal process that is very small impact to the environment, done in Greenzone area 1. Success of the existing process in Greenzone 1 area can be realized if Preventive Maintenance Routine is done routinely to determine the condition of existing equipment. Until now, there is no Preventive Maintenance Routine schedule in Greenzone area 1. Problems that occur is the absence of Preventive Maintenance Routine in this area because this area is classified as a new area in PT Holcim Indonesia, Tbk plant Narogong. Therefore, the objective of this study is to make the schedule and Preventive Maintenance Routine checksheet in this area so equipment in this area can be monitored properly and damage to all equipment can be predicted as early as possible.

Determination of maintenance schedule based on recommendation from manual book, the history of each equipment, and matching the amount of man power with maintenance schedule. This research is done by recording all equipment contained in this area and determine what equipment need to be included in checksheet Preventive Maintenance Routine area Greenzone 1. Then do the determination of critical component of equipment and item check needed according to standard and recommendation from manual book and the real condition in this area. The result of this research is the schedule and checksheet of Preventive Maintenance Routine used during running inspection and conducted by Condition Based Monitoring team PT Holcim Indonesia, Tbk for Greenzone 1. So with the schedule and checksheet Preventive Maintenance Routine Greenzone 1, the condition of existing equipment can be monitored routinely and can minimize the damage that occurs on the equipment.

Keywords: Greenzone 1, Preventive Maintenance Routine, Checksheet.

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

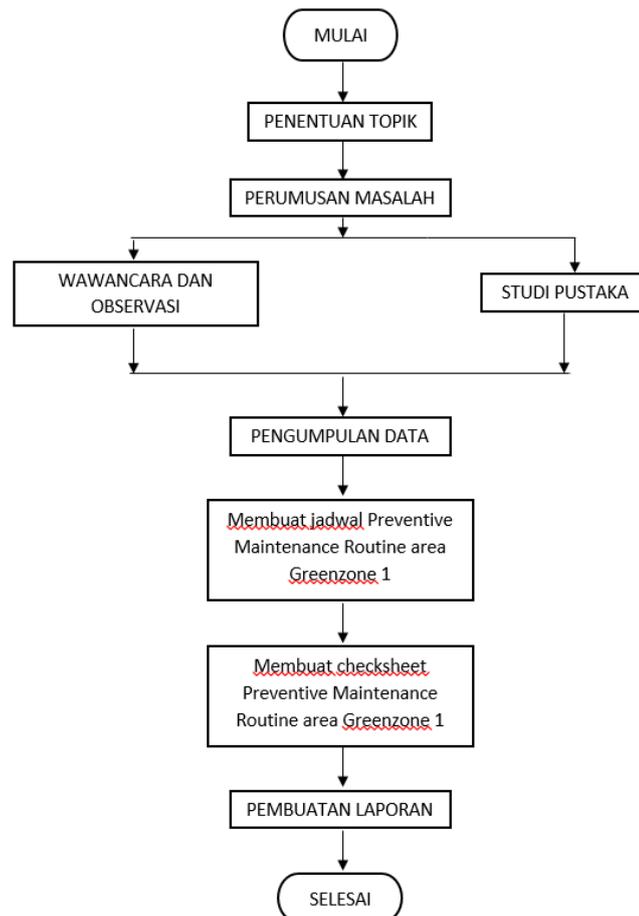
Geocycle berada pada area *Greenzone* di PT Holcim Indonesia, Tbk *plant* Narogong. Mayoritas proses pengelolaan limbah yang dilakukan oleh Geocycle dilakukan di area *Greenzone* (proses *loading*, *shredding*, dan pembuangan limbah yang sangat kecil dampaknya bagi lingkungan seperti debu), kecuali proses pembakaran pada suhu lebih dari 1.800 ° C di tanur putar (*kiln*). *Equipment* pada area *Greenzone* terdiri dari *shredder*, *conveyor* (*chain*, *screw*, dan *belt conveyor*), *magnetic separator*, *dynamic disc screen*, *rotary feeder*, dan *fan*.

Semua area yang terdapat di PT. Holcim Indonesia harus masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* yang dilakukan oleh tim *Condition based monitoring* sehingga area tersebut dapat dilakukan *running inspection* rutin. Tetapi pada area *Greenzone 1*, *Preventive Maintenance Routine* belum masuk ke dalam jadwal Inspektor tim *Condition Based Monitoring*, serta *checksheet Preventive Maintenance Routine* area tersebut juga belum dibuat sehingga *Running Inspection* belum bisa berjalan pada area *Greenzone 1*. Hal itu menyebabkan *equipment* utama pada area *Greenzone* yaitu *Shredder* sering rusak tanpa diketahui *record* kerusakannya karena kondisinya belum termonitor, sehingga hal tersebut membuat waktu perbaikan dan analisa kerusakan *equipment* tersebut memakan waktu yang lama.

Oleh karena itu akan dibuat *list equipment* yang perlu diperiksa secara rutin dan disusun ke dalam *checksheet* yang nantinya akan dimasukkan ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* di PT. Holcim Indonesia, Tbk.

Berdasarkan latar belakang diatas, akan dilakukan pendataan *equipment* yang perlu diperiksa secara rutin pada area *Greenzone 1* dan menyusunnya ke dalam *checksheet* yang akan dimasukkan ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine* PT. Holcim Indonesia, Tbk *plant* Narogong.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Flowchart Penelitian

1. Penentuan Topik
Penentuan topik dilakukan dengan mengajukan pertanyaan tentang kondisi dan sistem serta permasalahan *maintenance* pada PT. Holcim Indonesia, Tbk Narogong Plant.
2. Perumusan Masalah
Dari hasil wawancara dengan karyawan divisi *maintenance*, didapati masalah area *Greenzone 1* yang belum memiliki jadwal dan *checksheet Preventive Maintenance Routine*.
3. Wawancara dan Observasi
Melakukan tanya jawab dengan karyawan *reliability engineer* dan *Condition base monitoring* di PT. Holcim Indonesia, Tbk mengenai area *Greenzone 1* dan penjadwalan perawatan yang belum tersedia. Sehingga dapat membuat jadwal perawatan yang tepat.
4. Studi Pustaka
Studi pustaka bertujuan untuk menemukan teori-teori yang sesuai dengan masalah yang sedang dibahas dari *manual book* mesin pada area tersebut dan buku-buku yang berkaitan, guna membantu memecahkan masalah tersebut.
5. Pengumpulan Data
Tahap ini merupakan tahap mengumpulkan semua data yang diperoleh baik dari observasi maupun studi pustaka untuk selanjutnya dilaksanakan proses pembuatan jadwal dan *checksheet Preventive Maintenance Routine* area *Greenzone 1*
6. Laporan
Jika pembuatan jadwal dan *checksheet Preventive Maintenance Routine* telah dibuat, maka akan dibuat menjadi sebuah laporan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Penelitian

Tabel. 1 Daftar *equipment* yang ada pada area *Greenzone 1*

NO	HAC	NAMA MESIN	JUMLAH
1	NR.V61-SH1	Shredder Pro Cut	2
2	NR.V61-BCx	Belt Conveyor	14
3	NR.V6-MSx	Magnetic Separator	2
4	NR.V61-SN1	Dynamic Disc Screen	1
5	NR.V61-RFx	Rotary Feeder	2
6	NR.V61-SH3	Shredder Fine Cut	2
7	NR.V61-CVx	Chain Conveyor	2
8	NR.V61-FN1	Fan	1
9	NR.V61-SCx	Screw Conveyor	1

Semua *equipment* yang terdapat di dalam tabel tersebut merupakan seluruh *equipment* pada area *Greenzone 1* yang harus secara rutin dimonitor kondisinya, dan belum masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine*.

Di area *Greenzone 1*, terdapat 2 jenis mesin *shredder*, yaitu *Pro Cut* yang digunakan pada proses *shredding* awal (NR.V61-SH1 dan NR.V61-SH2) dan *Fine Cut* pada proses *shredding* akhir (NR.V61-SH3 dan NR.V61-SH4). Kemudian terdapat *belt conveyor* sebagai alat transportasi material/limbah dari mesin ke mesin. Terdapat 14 buah *belt conveyor* pada area ini. Kemudian, terdapat pula alat transportasi material/limbah yang lain selain *belt conveyor*, yaitu *Screw Conveyor* dengan kode SC (NR.V61-SCI) dan *Chain Conveyor* dengan kode CV (NR.V61-CV1 dan NR.V61-CV2). Kemudian terdapat *magnetic separator* (NR.V6-MS1 dan NR.V6-MS2), sebuah mesin pemisah dengan bantuan magnet, memisahkan limbah logam dari limbah yang lain. Kemudian limbah non logam akan lanjut ke proses *screening* pada *dynamic disc screen* (NR.V6-SN1). Terdapat pula *rotary feeder* yang terdapat dua buah yang masing-masing memiliki fungsi berbeda. *Rotary feeder* pertama (NR.V61-RF1) digunakan untuk mengontrol *discharge* material yang

tidak tersaring oleh *fan* dikarenakan material yang masih cukup kasar. Sedangkan *Rotary feeder* ke-dua (NR.V61-RF2) berfungsi juga sebagai *discharge*, namun *discharge* tersebut terhubung dengan siklon. Material dalam *belt conveyor* yang akan membawa material menuju proses *shredding* akhir akan disaring, material yang halus akan terhisap ke dalam siklon. Kemudian terdapat *fan* dengan kode HAC NR.V61-FN1.

2. Pembuatan Jadwal Preventive Maintenance Routine

Jadwal pemeliharaan area *Greenzone* 1 dapat dibuat berdasarkan referensi *manual book* dan buku atau literatur yang berhubungan dengan seluruh mesin yang ada dalam daftar inventaris area *Greenzone* 1, untuk menentukan interval waktu perawatan yang direkomendasikan oleh *manual book* atau referensi dari mesin yang ada pada area *Greenzone* 1. Jadwal berupa matrix yang berisikan jadwal PMR area *Greenzone* 1 selama setahun, terdiri dari jadwal harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.

Tabel. 2 Tabel Jadwal *Preventive Maintenance Routine* area *Greenzone* 1

Area Greenzone		JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1																																					
INTERVAL PMR	Area Greenzone	Month 1																																					
		Week 1							Week 2							Week 3							Week 4																
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7										
D	Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
100H																																							
W						W							W									W																	
3W																						3W																	
6W																																							
12W																																							
M																																							M
3M																																							
6M																																							
Y																																							
Area Greenzone		JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1																																					
INTERVAL PMR	Area Greenzone	Month 2																																					
		Week 1							Week 2							Week 3							Week 4																
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7										
D	Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
100H																																							
W						W							W									W																	W
3W																						3W																	
6W																						6W																	
12W																																							
M																																							M
3M																																							
6M																																							
Y																																							
Area Greenzone		JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1																																					
INTERVAL PMR	Area Greenzone	Month 3																																					
		Week 1							Week 2							Week 3							Week 4																
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7										
D	Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
100H																																							
W						W							W									W																	W
3W																																							3W
6W																																							6W
12W																																							12W
M																																							M
3M																																							3M
6M																																							
Y																																							
Area Greenzone		JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1																																					
INTERVAL PMR	Area Greenzone	Month 4																																					
		Week 1							Week 2							Week 3							Week 4																
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7										
D	Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
100H																																							
W						W							W									W																	W
3W																																							3W
6W																																							
12W																																							
M																																							M
3M																																							
6M																																							
Y																																							

		JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1																											
		Month 5																											
Area Greenzone	INTERVAL PMR	Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	100H																												
	W						W							W								W							
	3W						3W							3W								3W							
	6W														6W														
	12W																												
	M																												M
	3M																												3M
		Month 6																											
Area Greenzone	INTERVAL PMR	Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	100H																												
	W						W							W								W							
	3W						3W							3W								3W							
	6W																												
	12W																												
	M																												M
	3M																												3M
		Month 7																											
Area Greenzone	INTERVAL PMR	Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	100H																												
	W						W							W								W							
	3W																												3W
	6W																												
	12W																												
	M																												M
	3M																												3M
		Month 8																											
Area Greenzone	INTERVAL PMR	Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	100H																												
	W						W							W								W							
	3W																												3W
	6W														6W														
	12W																												
	M																												M
	3M																												3M
		Month 9																											
Area Greenzone	INTERVAL PMR	Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	100H																												
	W						W							W								W							
	3W																												3W
	6W																												
	12W																												
	M																												M
	3M																												3M
		Month 10																											
Area Greenzone	INTERVAL PMR	Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	100H																												
	W						W							W								W							
	3W																												3W
	6W																												
	12W																												
	M																												M
	3M																												3M

Area Greenzone		JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1																												
		INTERVAL PMR	Month 11																											
			Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7			
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
	100H																													
	W						W																							
	3W																													
	6W																													
	12W																													
	M																													
	3M																													
	6M																													
Y																														

Area Greenzone		JADWAL PREVENTIVE MAINTENANCE ROUTINE AREA GREENZONE 1																												
		INTERVAL PMR	Month 12																											
			Week 1							Week 2							Week 3							Week 4						
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7			
Greenzone 1	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
	100H																													
	W						W							W																
	3W																													
	6W																													
	12W																													
	M																													
	3M																													
	6M																													
Y																														

3. Menyusun Checksheet area Greenzone 1

Selanjutnya, setelah pembuatan *Jadwal Preventive Maintenance Routine*, dilakukan penyusunan *checksheet* area *Greenzone 1* berdasarkan jadwal yang sudah dibuat, berisi deskripsi pekerjaan apa saja yang harus dilakukan sesuai dengan interval waktu yang sama, dan standar keadaan atau kondisi yang diharapkan.

	PT Holcim Indonesia Tbk. - Narogong Plant	Doc.:						
	Preventive Maintenance Routine (PMR)	Release date:						
	Department : CBM Team NAR - Mechanical	Type: Running insp Main Work Center: PM-01						
	HAC / Location : Area Greenzone 1	Frequency: Fri / 1 year						
		Duration:						
1. Safety								
Hazard: moving part		PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition						
Isolation: No required		Reff SWP:						
2. Tools & Spares								
1) Thermometer		3) Rags						
2) Brush		4)						
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
1	NR.V61-SN1	Pemeriksaan operasional rutin Periksa <i>frame</i>						
2	NR.V61-RF1 & NR.V61-RF2	Periksa dan ganti <i>grease</i> pada <i>ball bearing</i>	greasing tidak kurang atau berlebih					

Gambar 2 *Checksheet* tahunan

1. Safety								
Hazard: moving part		PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition						
Isolation: No required		Reff SWP:						
2. Tools & Spares								
1) Thermometer		3) Rags						
2) Brush		4)						
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
1	NR.V61-SN1	Periksa kekencangan sambungan <i>screw</i>	kencang					
2	NR.V61-BCx	Periksa kondisi <i>gear unit</i> (<i>noise</i> , <i>temperatur</i>)	tidak ada suara atau <i>noise</i> berlebih/abnormal; 60°C					
		Periksa seluruh permukaan mesin untuk korosi, <i>crack</i> , dsbnya	tidak ada bagian yang mengalami korosi, <i>crack</i> , rusak, dsbnya					
3	NR.V61-CVx	Periksa kondisi <i>gear unit</i> (<i>noise</i> , <i>temperatur</i>)	tidak ada suara atau <i>noise</i> berlebih/abnormal; 60°C					
		Periksa seluruh permukaan mesin untuk korosi, <i>crack</i> , dsbnya	tidak ada bagian yang mengalami korosi, <i>crack</i> , rusak, dsbnya					

Gambar 3 *Checksheet* 6 bulanan

Holcim		PT Holcim Indonesia Tbk. - Narogong Plant				Doc.: Release date:		
		Preventive Maintenance Routine (PMR)				Type: Running insp Main Work Center: PM-01		
		Department : CBM Team NAR - Mechanical				Frequency: Fri / 3 months		
		HAC / Location : Area Greenzone 1				Duration:		
1. Safety								
Hazard: moving part				PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition				
Isolation: No required				Reff SWP:				
2. Tools & Spares								
1) Thermometer				3) Rags				
2) Brush				4)				
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
				Actual Value				
1	NR.V61-BCx	Periksa seluruh elemen sambungan	kencang					
		Periksa kondisi dan kebersihan <i>safety guard</i>	berfungsi, terpasang lengkap, dan dalam keadaan bersih (tidak ada material menumpuk berlebih)					
2	NR.V61-CVx	Periksa seluruh elemen sambungan	kencang					
		Periksa kondisi dan kebersihan <i>safety guard</i>	berfungsi, terpasang lengkap, dan dalam keadaan bersih (tidak ada material menumpuk berlebih)					

Gambar 4 *Checksheet* 3 bulanan

		Department : CBM Team NAR - Mechanical				Frequency: Fri / 1 month		
		HAC / Location : Area Greenzone 1				Duration:		
1. Safety								
Hazard: moving part				PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition				
Isolation: No required				Reff SWP:				
2. Tools & Spares								
1) Thermometer				3) Rags				
2) Brush				4)				
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
				Actual Value				
1	NR.V61-SN1	Periksa level oli pada <i>gear motor</i>						
		Periksa label dan tag	terletak pada tempat yang seharusnya, dan terbaca					
2	NR.V61-MS1 & NR.V61-MS2	Periksa seluruh sambungan <i>screw</i>	kencang					
		Periksa kondisi seluruh permukaan untuk korosi	tidak ada permukaan yang mengalami korosi					
3	NR.V61-BCx	Periksa pelumasan <i>bearing</i>	4,4 g/bearing ø 40 mm; 5,6 g/bearing ø 50 mm; 10 g/bearing ø 60 mm					
		Periksa kondisi <i>drive motor</i>	dalam keadaan bersih (tidak ada material menumpuk berlebih)					
4	NR.V61-CVx	Periksa pelumasan <i>bearing</i>	4,4 g/bearing ø 40 mm; 5,6 g/bearing ø 50 mm; 10 g/bearing ø 60 mm					
		Periksa kondisi <i>drive motor</i>	dalam keadaan bersih (tidak ada material menumpuk berlebih)					
5	NR.V61-FN1	Periksa <i>housing</i> dan <i>fan blade</i> untuk penempelan material	tidak ada material menempel pada housing dan fan blade karena terbawa oleh aliran udara					

Gambar 5 *Checksheet* bulanan

		PT Holcim Indonesia Tbk. - Narogong Plant			Doc.:			
		Preventive Maintenance Routine (PMR)			Release date:			
		Department : CBM Team NAR - Mechanical			Type: Running insp			
		HAC / Location : Area Greenzone 1			Main Work Center: PM-			
					Frequency: Fri / 6 weeks			
					Duration:			
1. Safety								
		Hazard: moving part		PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition				
		Isolation: No required		Reff SWP:				
2. Tools & Spares								
		1) Thermometer		3) Rags				
		2) Brush		4)				
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
				Actual Value				
1	NR.V61-SH1 & NR.V61-SH2	Periksa seluruh sambungan mekanik, terlebih pada :						
		<i>Torque support</i>	kencang					
		<i>Stieve fixation</i>	kencang					
		Fiksasi dari silinder hidraulik	kencang					
		Periksa selang hidraulik untuk kebocoran	tidak ada selang yang bocor atau retak					
		Periksa sambungan <i>screw</i>	kencang					
		Periksa rotor untuk tanda-tanda keausan	tidak ada bagian dari part atau komponen yang rompal, patah, atau mengalami keausan					
		Periksa <i>blade holder</i> untuk tanda-tanda keausan	tidak ada bagian dari part atau komponen yang rompal, patah, atau mengalami keausan					
		Periksa level oli pada penggerak hidraulik	tidak dibawah batas minimum (1000 l)					
		Periksa kemurnian oli pada penggerak hidraulik	oli tidak tercampur kontaminan					

Gambar 6 Checksheet 6 mingguan

		Department : CBM Team NAR - Mechanical			Frequency: Fri / 3 weeks			
		HAC / Location : Area Greenzone 1			Duration:			
1. Safety								
		Hazard: moving part		PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition				
		Isolation: No required		Reff SWP:				
2. Tools & Spares								
		1) Thermometer		3) Rags				
		2) Brush		4)				
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
				Actual Value				
1	NR.V61-SH1 & NR.V61-SH2	Periksa seluruh sambungan mekanik, terlebih pada :						
		<i>Stieve fixation</i>	kencang					
		Fiksasi dari silinder hidraulik	kencang					
		Fiksasi dari motor hidraulik	kencang					
		Periksa sistem lubrikasi pusat						
		Periksa <i>stripping bar</i> dan <i>guide rails</i> untuk tanda-tanda keausan						
		Periksa <i>clearing equipment (clearing spring)</i> pada rotor untuk tanda-tanda keausan						
2	NR.V61-SH3 & NR.V61-SH4	Periksa seluruh sambungan mekanik, terlebih pada :						
		<i>Stieve fixation</i>	kencang					
		Fiksasi dari silinder hidraulik	kencang					
		Fiksasi dari motor hidraulik	kencang					
		Periksa sistem lubrikasi pusat						
		Periksa <i>stripping bar</i> dan <i>guide rails</i> untuk tanda-tanda keausan						
		Periksa <i>clearing equipment (clearing spring)</i> pada rotor untuk tanda-tanda keausan						

Gambar 7 Checksheet 3 mingguan

		Department : CBM Team NAR - Mechanical			Frequency: Fri / 1 week			
		HAC / Location : Area Greenzone 1			Duration:			
1. Safety								
		Hazard: moving part	PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition					
		Isolation: No required	Reff SWP:					
2. Tools & Spares								
		1) Thermometer	3) Rags					
		2) Brush	4)					
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
				Actual Value				
1	NR.V61-SN1	Periksa <i>grease</i> pada <i>bearing</i> dan <i>drive chain</i>	greasing tidak kurang atau berlebih					
2	NR.V61-MS1 & NR.V61-MS2	Periksa level oli pada motor penggerak	tidak dibawah batas minimum					
		Periksa kondisi <i>grease</i> pada <i>bearing</i>	greasing tidak kurang atau berlebih					
3	NR.V61-BCx	Periksa <i>tension</i> dari <i>rubber belt</i>	tidak kendur (<i>tension</i> sesuai)					
		Periksa <i>noise</i> dari <i>rubber belt</i>	tidak ada suara/ <i>noise</i> abnormal					
		Periksa <i>noise bearing</i>	tidak ada suara/ <i>noise</i> abnormal					
		Periksa temperatur <i>bearing</i>	< 40°C					
		Periksa <i>noise pulley drive</i>	tidak ada suara/ <i>noise</i> abnormal					
		Periksa temperatur <i>pulley drive</i>						
		Periksa <i>noise pulley idler</i>	tidak ada suara/ <i>noise</i> abnormal					
		Periksa temperatur <i>pulley idler</i>						
		Periksa kebersihan <i>pulley idler</i>						
		Periksa kondisi dan bersihkan <i>covering lower trough</i>						

Gambar 8 Checksheet mingguan

		Department : CBM Team NAR - Mechanical			Frequency: Fri / 1 day			
		HAC / Location : Area Greenzone 1			Duration:			
1. Safety								
		Hazard: moving part	PPE: Using as mandatory and additional as required on site condition					
		Isolation: No required	Reff SWP:					
2. Tools & Spares								
		1) Thermometer	3) Rags					
		2) Brush	4)					
No	HAC	Task	Standard	Date / Month/ 2018				Remark
				Actual Value				
1	NR.V61-SH1 & NR.V61-SH2	Periksa saluran hidraulik untuk kebocoran	tidak bocor					
		Periksa level oli pada sistem hidraulik	tidak dibawah batas minimum (1000 l)					
		Periksa sistem hidraulik untuk kebocoran	tidak bocor					
		Periksa sambungan mekanik	kencang; tidak ada keretakan atau celah					
2	NR.V61-SH3 & NR.V61-SH4	Periksa saluran hidraulik untuk kebocoran	tidak bocor					
		Periksa sambungan mekanik	kencang; tidak ada keretakan atau celah					
		Periksa level oli pada sistem hidraulik	tidak dibawah batas minimum (1000 l)					
		Periksa sistem hidraulik untuk kebocoran	tidak bocor					

3	NR.V61-SN1	Periksa kebersihan mesin dari material yang tersangkut, terkhusus area :						
		<i>material loading</i>	bersih (tidak ada penumpukan material yang menghambat)					
		<i>material discharge</i>	bersih (tidak ada penumpukan material yang menghambat)					
		<i>walkways</i>	berfungsi, terpasang lengkap, dan dalam keadaan bersih (tidak ada material menumpuk berlebih atau membahayakan teknisi/operator)					
		Pastikan seluruh perangkat <i>safety guard</i> terpasang dan dalam keadaan baik	berfungsi, terpasang lengkap, dan dalam keadaan bersih (tidak ada material menumpuk berlebih)					
		Periksa <i>rotating disc shaft</i>						
		Periksa <i>frame</i> untuk <i>material defects</i> (periksa area lasan pada <i>frame</i>)	tidak ada bagian yang mengalami crack, dsbnya					
		Periksa keadaan bearing pada <i>rotating disc shaft</i>						
4	NR.V61-MS1 & NR.V61-MS2	Bersihkan tumpukan debu dari seluruh permukaan	berfungsi, terpasang lengkap, dan dalam keadaan bersih (tidak ada material menumpuk berlebih atau membahayakan teknisi/operator)					
		Periksa permukaan <i>belt conveyor</i> untuk kerusakan dan retak/ <i>crack</i>	tidak retak/crack, dan tanda keretakan lainnya					
		Bersihkan bagian dalam dan luar <i>belt conveyor</i> (periksa untuk inklusi metal/logam)	bersih (tidak ada material yang menempel, tidak ada inklusi logam)					
		Periksa keadaan <i>belt conveyor</i> dalam keadaan <i>ruming</i>	running dalam posisi align dan dalam arah yang sesuai					

Gambar 9 Checksheet harian

IV. KESIMPULAN

Jadwal dan *checksheet Preventive Maintenance Routine* yang dibuat akan digunakan pada saat running inspection dan dilakukan oleh tim *Conditioning Based Monitoring* PT Holcim Indonesia, Tbk untuk area *Greenzone* 1. Sehingga dengan adanya jadwal dan *checksheet Preventive Maintenance Routine* tersebut *equipment* yang ada dapat dimonitor kondisinya secara rutin dan dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi pada *equipment* di area *Greenzone* 1.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://www.holcim.co.id/id/produk-layanan/geocycle>, Produk Layanan Geocycle
- [2] <https://www.geocycle.com/>, Geocycle Indonesia
- [3] Manual book, "fine-cut", Weima, 2014
- [4] Manual book, "Shredder WPC 2000 Hydro", Weima, 2014
- [5] Manual book, "Operating and Maintenance Instructions Dynamic Disc Screen VE 6000Ø50", Ecostar, 2014

PERENCANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN HOPPER DRYER

Edwin Geovany, Dianta Mustofa Kamal

Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16425

Telp : 021 7863530 Fax : 021 7863530

geovany6661@gmail.com

Abstrak

PT. S bergerak dalam bidang industri manufaktur untuk kendaraan roda dua dan roda empat. PT. S menjaga mutu produknya dan mengoptimalkan produktivitas. Salah satu mesin yang terdapat di PT. S yaitu Hopper Dryer. Hopper Dryer adalah suatu sistem mekanik yang berfungsi sebagai mesin pengering bahan baku plastik yang dapat mengeringkan bahan plastik yang lembab atau basah dan merupakan mesin supply bahan berupa bahan buliran plastik untuk dimasukkan ke mesin injection molding dan diproses sehingga menghasilkan suatu komponen. Permasalahan yang dialami oleh Mesin Hopper Dryer saat ini adalah tidak tersedianya jadwal perawatan. Sistem perawatan berupa Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance) dianggap mampu mencegah penurunan fungsi produksi karena adanya Breakdown Maintenance, maka sistem Perawatan Pencegahan dibutuhkan, agar Breakdown Maintenance dan Downtime dapat dihindari. Penelitian bertujuan agar tindakan perawatan pada Mesin Hopper Dryer dapat dilakukan berdasarkan jadwal perawatan yang tepat sesuai spesifikasi pekerjaan. Penentuan jadwal perawatan berdasarkan metode pengumpulan data yang ada di PT S. Penentuan jadwal perawatan rutin ditentukan dengan menggunakan metode pengumpulan data yang didapatkan dari studi literature, data kondisi lapangan dan dari data hasil wawancara, inventarisir seluruh equipmet yang terdapat pada area tersebut dan penentuan equipment apa saja yang perlu dimasukkan ke dalam jadwal perawatan rutin serta penentuan komponen kritis pada equipment tersebut dan tindakan pengecekan yang dibutuhkan. Pada hasil akhir diperoleh jadwal Perawatan Pencegahan pada mesin Hopper Dryer, sehingga mengurangi resiko kerusakan pada mesin Hopper Dryer dan tidak mengganggu proses produksi.

Kata kunci : Jadwal perawatan, Spesifikasi Pekerjaan, Hopper Dryer, Preventive Maintenance (PM)

PT. S is engaged in the manufacturing industry for two-wheeled and four-wheeled vehicles. PT. S maintains the quality of its products and optimizes productivity. One of the machines contained in PT. S is Hopper Dryer. Hopper Dryer is a mechanical system that serves as a plastic raw material dryer that can dry moist or wet plastic material and is a plastic material supply machine for plastics bulbs to be inserted into an injection molding machine and processed to produce a component. The problem experienced by the Hopper Dryer Machine today is the unavailability of the maintenance schedule. Preventive Maintenance system is considered able to prevent the decrease of production function due to Breakdown Maintenance, then Preventive Prevention system is needed, so Breakdown Maintenance and Downtime can be avoided. The study aims to take care of the treatment on the Hopper Dryer Machine based on the appropriate maintenance schedule after the job specification. Determination of maintenance schedule based on existing data collection methods in PT S. Routine maintenance schedule determination is determined by using data collection method obtained from literature study, field condition data and from interview data, inventarisir all equipmet contained in the area and determination of what equipment which should be included in the routine maintenance schedule as well as the determination of critical components of the equipment and the required checking action. At the end result obtained the Preventive Treatment schedule on the Hopper Dryer machine, thus reducing the risk of damage to the Hopper Dryer machine and not disrupting the production process.

Keywords: Maintenance Schedule, Job Specification, Hopper Dryer, Preventive Maintenance (PM)

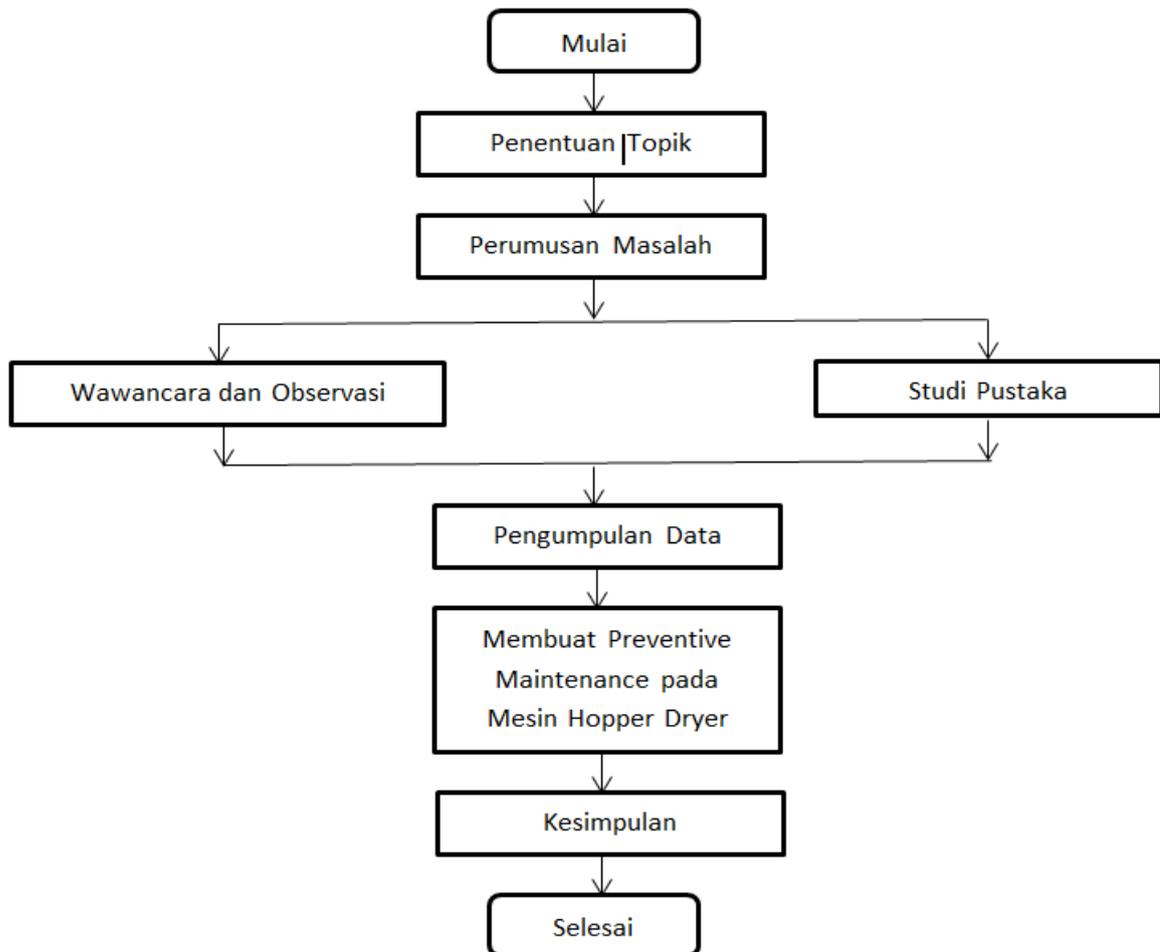
I. PENDAHULUAN

PT. S merupakan suatu perusahaan yang bergerak dibidang otomotif yang sebagian besar kegiatannya adalah memproduksi komponen mesin sendiri. Banyak sekali macam mesin yang digunakan untuk memproduksi suatu koemponen untuk menghasilkan suatu produk. Satu diantaranya adalah mesin *Hopper Dryer* yang merupakan mesin supply bahan berupa bahan buliran plastik ke mesin *injection molding* untuk diproses menghasilkan suatu komponen mesin.

Semua mesin produksi yang terdapat di PT. S sudah memiliki jadwal Perawatan Pencegahan, tetapi mesin Hopper Dryer belum memiliki jadwal Perawatan Pencegahan, oleh karena itu dibuat jawal Perawatan Pencegahan untuk mesin *Hopper Dryer* agar kondisi mesin tersebut dapat dipantau dan menghindari terjadinya kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan mengikuti metode sebagaimana Gambar 1.



Gambar. 1 Metodologi Penelitian

Keterangan:

1. Penentuan Topik

Penentuan topik dilakukan dengan wawancara langsung operator atau staf bagian *Maintenance* di PT. S dan melakukan pengamatan langsung terhadap proses perawatan mesin.

2. Perumusan Masalah

Dari hasil pengamatan langsung dan wawancara dalam proses penentuan topik didapatkan gambaran mengenai permasalahan yang ada pada mesin *Hopper Dryer*. Masalah yang didapat dirumuskan sebagai :

Bagaimana *Preventive Maintenance Routine* dan *Check Sheet* yang tepat untuk mesin *Hopper Dryer* di PT. S?

3. Wawancara dan Observasi

Melakukan tanya jawab dengan karyawan pada divisi *Power Maintenance* mengenai mesin *Hopper Dryer* dan penjadwalan perawatan yang belum tersedia, sehingga dapat membuat jadwal perawatan yang tepat.

4. Studi Pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk menemukan teori-teori yang sesuai dengan masalah yang sedang dibahas guna membantu memecahkan masalah tersebut. Hal ini dilakukan dengan cara membaca dan mencari buku-buku, jurnal, buku manual tentang mesin tersebut, dan segala jenis laporan yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

5. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap mengumpulkan semua data yang diperoleh baik dari observasi maupun studi pustaka untuk selanjutnya dilaksanakan proses pembuatan *Preventive Maintenance Routine* pada mesin *Hopper Dryer*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Penelitian

Daftar inventaris *equipment* yang perlu diperiksa sebagaimana Tabel 1.

Tabel. 1 Daftar inventaris *equipment* yang diperiksa

No.	NAMA MESIN	JUMLAH	LOKASI
1	<i>CARTRIDGE FILTER</i>	1	PLASTIC INJECTION
2	<i>DUST HOPPER</i>	1	PLASTIC INJECTION
3	<i>REGULATOR BOWL FILTER</i>	1	PLASTIC INJECTION
4	<i>METAL SCREEN FILTER</i>	1	PLASTIC INJECTION
5	<i>JET CLONE</i>	1	PLASTIC INJECTION

Tabel 1 berisi daftar inventaris *equipment* yang perlu diperiksa pada mesin *Hopper Dryer*. Semua komponen yang terdapat di dalam daftar tersebut belum masuk ke dalam jadwal *running inspection* rutin. Berdasarkan tabel tersebut terdapat 5 *equipment* yang perlu dijadwalkan. Semua *equipment* tersebut belum masuk ke dalam jadwal *Preventive Maintenance Routine*.

3.2 Pembuatan Jadwal Perawatan

Jadwal perawatan Mesin *Hopper Dryer* dibuat dengan cara melihat catalogue, sejarah kerusakan, referensi buku yang berhubungan dengan mesin *Hopper Dryer*, dan diskusi dengan teknisi untuk menentukan kegiatan apa saja yang dilakukan untuk melakukan perawatan mesin *Hopper Dryer* dan juga frekuensi kegiatan perawatannya sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Perawatan Mesin *Hopper Dryer*

JADWAL PERAWATAN		
Nama Mesin	Tanggal Penyusunan	
<i>Hopper Dryer</i>		
Deskripsi Kegiatan Pekerjaan Perawatan	Frekuensi Waktu	
<i>Cartridge filter</i>		
Pembersihan <i>Cartridge filter</i> unit <i>filter case</i>	M/M	
<i>Dust Hopper</i>		
Pembersihan <i>Dust Hopper</i> di <i>suction unit</i>	M/M	
<i>Regulator Filter</i>		
Mengeringkan Mangkok <i>Regulator Filter</i>	M/M	
<i>Collection Hopper</i>		
Membersihkan Screen Metal Filter di dalam <i>Collection Hopper</i>	M/B	
<i>PVC Hose</i>		
Periksa bila terjadinya kerusakan pada <i>Conveying hose</i> dan <i>Air hose</i>	M/B	

Keterangan pada kolom frekuensi:

M: Teknisi Mekanik

/M: Mingguan

/B: Bulanan

3.3 Pembuatan Spesifikasi Pekerjaan

Spesifikasi pekerjaan merupakan penjabaran pekerjaan perawatan pencegahan *preventive* yang dilakukan oleh teknisi maupun operator. Spesifikasi pekerjaan tersebut dibuat berdasarkan kesamaan frekuensi pekerjaan agar teknisi ataupun operator dapat dengan mudah melakukannya. Spesifikasi pekerjaan tersebut dibuat mulai dari harian, mingguan, bulanan, 3 bulanan, hingga tahunan. Spesifikasi pekerjaan untuk *Hopper Dryer* adalah sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi pekerjaan untuk *Hopper Dryer*

Nama Mesin	Lokasi	No. Inventaris		Tanggal Pemeriksaan
<i>Hopper Dryer</i>				
Perawatan Bulanan		Kondisi		Estimasi Waktu
1. <i>Collection Hopper</i>		Baik	Tidak Baik	
1. Memeriksa <i>Screen Metal Filter</i> di dalam <i>Collection Hopper</i>				
1. <i>PVC Hose</i>		Baik	Tidak Baik	
1. Periksa bila terjadinya kerusakan pada <i>Conveying hose</i> dan <i>Air hose</i>				
Jumlah Waktu				
NB: Beri tanda \checkmark pada kolom Baik dan Tidak Baik sesuai dengan kondisi mesin Jika terjadi kerusakan lain segera laporkan pada bidang teknik				

IV. KESIMPULAN

Dengan dibuatnya jadwal perawatan rutin pada mesin *Hopper Dryer*, maka kerusakan dapat dicegah agar tidak terjadi Breakdown diluar Jadwal Perawatan Pencegahan periode Agustus 2018 sampai dengan Juli 2019 .

V. DAFTAR PUSTAKA

Corder Antony, Kusnul Hadi, "Teknik Manajemen Pemeliharaan", *Erlangga*, 1992
Kurniawan Fajar, "Manajemen Perawatan Industri Teknik dan Aplikasi" *Graha Ilmu*, 2013

**PERENCANAAN PERAWATAN MESIN INJECTION MOLDING DENGAN METODE
REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE DI PT. XY**

Muhammad Harits Budi Putra¹, Almahdi²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Telp : +6221 7270036 Fax : (021) 7270034
haritsbp@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

PT.XY sebagai perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi kendaraan roda dua dan roda empat dihadapkan pada permasalahan downtime machine yang diakibatkan oleh kerusakan mesin. Permasalahan yang sering ditimbulkan oleh mesin adalah perihal downtime machine yaitu kondisi dimana mesin berhenti beroperasi sehingga menghambat kelancaran produksi serta menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Karena dengan semakin banyak downtime yang terjadi maka akan semakin merugikan produktifitas sebuah perusahaan. Besarnya tingkat downtime yang mencapai hingga 40% setiap bulannya. Metode perawatan yang selama ini digunakan masih bersifat corrective maintenance dimana kegiatan perawatan mesin dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin sehingga mencapai standar yang telah ditetapkan pada mesin tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimasi downtime machine adalah dengan menyusun strategi perawatan untuk mesin produksi.

Pada penelitian ini digunakan metode Realibility Centered Maintenance yang disingkat dengan (RCM), yaitu untuk menentukan kegiatan perawatan mesin yang optimal bagi perusahaan. Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari preventive maintenance (pm) dan corrective maintenance (cm) untuk memaksimalkan umur (life time) dan fungsi aset / sistem / equipment dengan biaya minimal. Tahap pertama digunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengetahui dan menganalisa mode kegagalan, Logic Tree Analysis (LTA) untuk menentukan konsekuensi kegagalan yang ditimbulkan dari mode kegagalan dan tahapan Task Selection untuk menentukan kebijakan perawatan yang efektif dan optimal untuk setiap komponen sistem.

Berdasarkan metode RCM, ditentukan mesin Injection Molding pada divisi Plastic Injection PT.XY sebagai sistem kritis yang akan dianalisis, dimana fokus komponen mesin yang akan diteliti sebanyak 6 bagian yaitu : Barrel, Piston Injection, Clamping Toggle, Nozzle, Hydro Motor, Hopper. Rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan untuk kategori berdasarkan kondisi (CD) berupa tindakan Inspeksi perawatan harian, mingguan, dan bulanan. Sedangkan untuk kategori berdasarkan waktu (TD), perawatan yang diberikan berupa jadwal pergantian komponen. Kategori temuan kerusakan (FF) direkomendasikan dengan pergantian komponen apabila tingkat kerusakan melebihi batas toleransi. Penurunan nilai yang telah di hitung berdasarkan metode RCM adalah downtime screw 37.21%, crosshead link 41.15%, seal 24.56%, dan screening 29.32%

Catatan : CD = Condition Directed; TD = Time Directed; FF = Finding Failure.

Kata kunci: *Reliability Centered Maintenance (RCM), Injection Molding, downtime machine, preventive maintenance, corrective maintenance.*

Abstract

PT. XY as a company engaged in the production of two-wheeled and four-wheeled vehicles faced with the problem of machine downtime caused by damage to the machine. Problems are often occurred caused by machines is a matter of downtime machine its a condition where the engine stopped operations so that impedes the smooth production and result in losses for the company. Due to the growing number of downtime that occurs it will be increasingly detrimental to the productivity of a company. The magnitude level of machine downtime which reaches up to 40% each month.

The treatment method that has been used is still corrective maintenance where engine maintenance activities undertaken to improve and enhance the condition of the engine so as to achieve the standards level at the machine. One effort that can be done to manage the machine downtime is to devise maintenance strategy to care for a production machine. In this study used methods Realibility Centered Maintenance abbreviated to (RCM), which is to determine the optimal engine maintenance activities for the company. Reliability Centered Maintenance (RCM) is an approach that combines maintenance practices and strategies of preventive maintenance (PM) and corrective maintenance (cm) to maximize the life (life time) and the function of assets / systems / equipment at a minimal cost. The first step used Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to know and analyze failure modes, Logic Tree Analysis (LTA) to determine

the consequences of failure arising from failure modes and stages of Task Selection to determine an effective maintenance method and optimal for each component of the system.

Based on the determined method of RCM, the Injection Molding machine in the Plastic Injection Division of PT. XY as critical systems will be analyzed, where the focus of the machine components are examined as 6 parts: Barrel, Piston Injection, Clamping Toggle, Nozzle, Motor, Hydro Hopper.

Recommended measures care given to categories based on conditions (CD) in the form of maintenance inspections action daily, weekly, and monthly. As for the category based on time (TD), the treatment provided in the form of component replacement schedule. Category finding damage (FF) recommended replacement components if the level of damage exceeds tolerable limits. The decreases value that has been calculated based on the method of RCM is downtime screw 37.21%, crosshead link 41.15%, seal 24.56%, and screening 29.32%

Note : CD = Condition Directed; TD = Time Directed; FF = Finding Failure.

Keywords : *Reliability Centered Maintenance (RCM), Injection Molding, downtime machine, preventive maintenance, corrective maintenance*

I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Ketidakstabilan perekonomian dan semakin tajamnya persaingan di dunia industri mengharuskan suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya. Pendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin – mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya. Karena dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan produktivitas dan penggunaan teknologi tinggi yang berupa mesin dan fasilitas produksi maka kebutuhan akan fungsi perawatan mesin semakin besar. Karena dengan adanya penggunaan mesin secara berkala akan mengalami penurunan tingkat kesiapan mesin itu sendiri, maka dalam usaha untuk menjaga tingkat kesiapan mesin agar kontinuitas dapat terjamin direncanakanlah kegiatan perawatan yang dapat menunjang keandalan suatu mesin atau fasilitas produksi.

PT. XY adalah perusahaan industri yang bergerak dibidang produksi pembuatan kendaraan roda dua dan empat untuk memenuhi permintaan pasar dan konsumen. Oleh karena itu perusahaan dituntut tepat waktu dalam menyelesaikan produksinya dan hal ini tidak terlepas dari keandalan mesin produksi dan komponen – komponennya. Kerusakan yang terjadi sebelum *interval* yang dijadwalkan oleh perusahaan akan menyebabkan terjadinya *corrective maintenance* yang menimbulkan kerugian tidak sedikit akibat terhentinya kegiatan produksi dan penggantian suku cadang mesin. Besarnya tingkat kegagalan beroperasi yang dihasilkan oleh mesin yaitu rata – rata 40% setiap bulannya mengakibatkan *downtime* yang pada akhirnya berpengaruh pada produktivitas yang dihasilkan. *Downtime machine* akan merugikan perusahaan dalam berbagai aspek baik aspek material, ekonomi maupun waktu. *Downtime machine* dirasa sangat mengganggu kinerja proses produksi karena akan menghambat proses produksi yang berlangsung. Untuk meminimasi terjadinya *downtime* pada mesin produksi, maka dapat dilakukan dengan melakukan perawatan mesin. Dengan menganalisa penyebab serta frekuensi *downtime* yang terjadi dapat ditentukan strategi perawatan yang tepat untuk menanggulangi masalah *downtime* yang dialami oleh perusahaan. Adapun fokus mesin yang akan menjadi objek penelitian yaitu mesin *Injection Molding*.

Pada penelitian ini digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* yang disingkat dengan (RCM), yaitu untuk menentukan kegiatan perawatan yang optimal bagi perusahaan. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan landasan dasar untuk perawatan fisik dan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) yang terjadwal. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan dan kualitas pembentukan perawatan pencegahan yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan .

Dasar pemilihan dalam pemilihan metode ini karena metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan *preventive maintenance* yang terjadwal. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan (*design*) dan kualitas pembentukan *preventive maintenance* yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan. Metode RCM diharapkan dapat menetapkan *schedule maintenance* dan dapat mengetahui secara pasti tindakan kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat yang harus dilakukan pada setiap komponen mesin.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

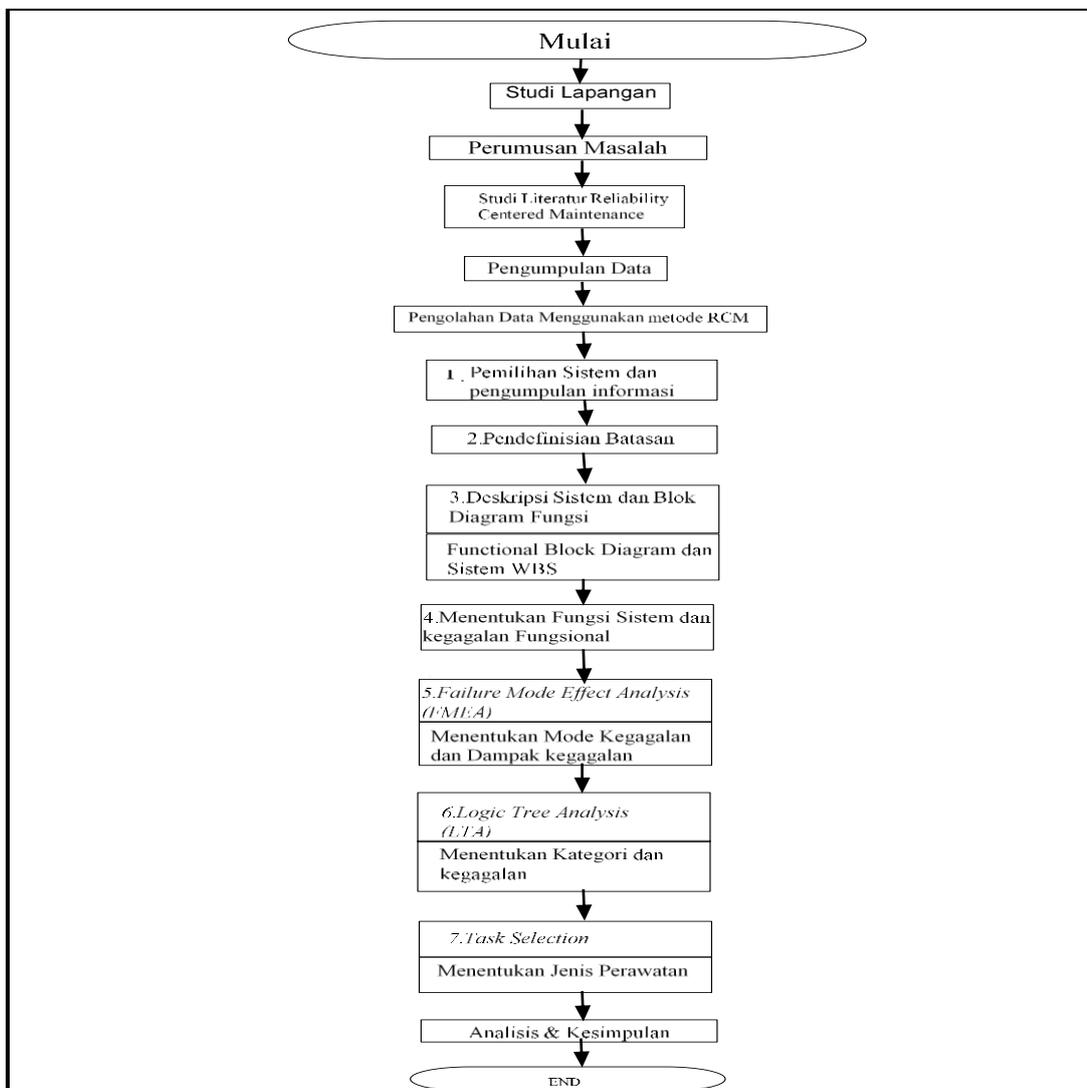
Adapun tujuan dari penelitian dalam pembuatan tugas akhir ini adalah untuk:

1. Untuk mengidentifikasi komponen kritis pada mesin *Injection Molding*.
2. Untuk menentukan strategi perawatan yang sesuai pada komponen kritis menggunakan metode RCM.
- 3, Untuk mengetahui dan menentukan tindakan perawatan yang dapat mengoptimalkan mesin serta komponen dengan metode RCM

II. METODE PENELITIAN

2.1 METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah pemecahan masalah dapat dilihat pada *flowchart* berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Proses

2.2 TEKNIK PENGOLAHAN DATA

1. Identifikasi Sistem Perawatan

Pengidentifikasi sistem perawatan yang ada dengan *cause and effect diagram*

2. *Realibility Centered Maintenance (RCM)*

Berikut ini merupakan langkah – langkah dari metode *Realibility Centered Maintenance (RCM)*:

a. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

b. Pendefinisian Batasan Sistem

Pendefinisian batasan sistem bertujuan untuk menghindari kerancuan data antar sistem yang akan diteliti.

c. Penjelasan Sistem dan Blok Diagram Fungsi

Sistem yang telah dipilih akan diurai secara mendetail dan digambarkan dalam blok diagram fungsi melalui *System Work Breakdown Structure (SWBS)*.

d. Analisis Mode Kegagalan dan Efek Kegagalan

(FMEA)

Tujuan dari disusunnya Analisis Mode Kegagalan dan Efek Kegagalan (FMEA) ini untuk melengkapi matriks peralatan dan kegagalan fungsi. Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) berdasarkan *severity, occurrence, dan detection*.

e. Analisis Cabang Logika (LTA)

Penyusunan analisis cabang logika (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama.

Prioritas

f. Task Selection

Menentukan Jenis Perawatan yang sesuai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan Pengumpulan Data

Pengamatan yang dilakukan pada proses produksi injeksi plastik (*Storebox, Hanger, Tutup Galon*). Dalam proses produksi injeksi plastik, mesin *Injection Molding* terdiri atas 11 komponen akan Tetapi kami fokus pada 6 komponen saja yaitu :

Tabel 1. Identifikasi Komponen Mesin

No.	Jenis Komponen	Kategori	Kendala	Keterangan
1.	Barrel	Critical	Air Trap	Kerusakan mengganggu proses produksi dan biaya perbaikan mahal
			Termocouple Rusak	
			Suara Bising	
2.	Piston Injection	Critical	Piston Macet	Kerusakan mengganggu proses produksi dan
			Injeksi Lambat	

			Kebocoran Oli	waktu perbaikan lama
3.	Clamping Toggle	Essential	Hidraulic Ejector Patah	Kerusakan mengganggu proses produksi akan tetapi ada cadangan
			Crosshead Link Patah	
			Clamping Cylinder Bocor	
4.	Nozzle	Critical	Kebocoran Pada Celah	Kerusakan mengganggu proses produksi dan waktu perbaikan lama
			Resin Tersumbat	
			Circlip Patah	
5.	Hydro Motor	Essential	Motor Tidak Berfungsi	Kerusakan tidak membahayakan proses produksi
			Overheat	
			Blower mati	
6.	Hopper	General Purpose	Seal Rusak dan Meleleh	Kerusakan tidak mengganggu proses produksi
			Tidak ada penutup	
			Screening Pecah	



Gambar2. Gambar Mesin Injection Molding

Hasil pengidentifikasian kategori kerusakan mesin tersebut diperoleh dari wawancara operator dan supervisor. Adapun yang menjadi garis besar pertanyaan wawancara tersebut, apakah operator mengetahui dalam kondisi normal telah terjadi gangguan pada sistem, apakah kerusakan menyebabkan masalah keselamatan, dan apakah kerusakan menyebabkan mesin berhenti sebagian atau keseluruhan.

Berikut ini menunjukkan Interval Kerusakan komponen yang terjadi pada setiap komponen dari periode Januari 2017 sampai dengan April 2018 :

Tabel 2. Interval Kerusakan Komponen Mesin

Data No -	Interval Kerusakan Komponen (Hari)			
	Screw	Crosshead Link	Seal	Screening
1	-	-	-	-
2	39	10	11	14
3	38	11	21	16
4	37	8	15	17
5	33	8	19	13

6	29	10	18	13
7	39	24	21	14
8	40	23	13	18
9	37	16	15	20
10	41	12	20	17
11	39	18	15	16
12	39	18	18	12
13	36	20	20	17
14	28	12	16	18
15	34	13	15	16
16	35	20	21	14
17	40	17	19	15
18	42		17	13
19	33		21	14
20			19	19
21			19	15
22			17	15
23			14	15
24			17	19
25			14	14
26			19	18
27			16	19
28			15	11
29			20	18
30			15	17
31			17	15
32			14	
33			18	
34			18	

3.2 Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan pencegahan berdasarkan hasil analisis Terhadap FMEA dan LTA adalah sebagai berikut :

1. *Predictive Testing and Inspection/Condition Directed (C.D)* : dilakukan pencegahan dengan berdasarkan kondisi komponen yang sedang berfungsi
 - a. Thermocouple
 - b. Clamping Cylinder
 - c. Open Nut
 - d. Circlip
 - e. Kumparan
 - f. Kipas
 - g. Sealing
 - h. Electric Motor
 - i. Hopper Flange
2. *Preventive Maintenance/Time Directed (T.D)* : dilakukan pencegahan dengan berdasarkan perhitungan reliability
 - a. Screw
 - b. Crosshead Link

- c. Seal
- d. Screening
- 3. *Proactive Maintenance/Finding Failure* (F.F) : dilakukan pencegahan dengan berdasarkan temuan kerusakan
 - a. *Lubrication System*
 - b. *Hydraulic Ejector*

Sebelum perhitungan *reability* dilakukan data kerusakan komponen perlu diuji distribusinya untuk memenuhi syarat pemakaian *reability engineering*. Berdasarkan hasil analisis RCM, maka perhitungan *reability* hanya didasarkan pada komponen yang bersifat berdasarkan waktu (TD) yaitu *Screw*, *Crosshead Link*, *Seal*, *Screening*. Data yang ada diuji dengan menggunakan 5 pola distribusi, yaitu distribusi weibull, normal, lognormal, gamma dan eksponensial. Pengujian distribusi ini dilakukan dengan menggunakan *software easyfit professional 5.5*. *Goodness of fit* yang digunakan adalah *kolmogorov smirnov*, dengan pengujian ini dapat ditentukan kecenderungan data kerusakan untuk mengikuti pola distribusi tertentu.

3.3 Perhitungan *Total Minimum Downtime*

Tf merupakan waktu yang diperlukan untuk pergantian komponen karena terjadi kerusakan dan Tp merupakan waktu yang diperlukan untuk pergantian komponen untuk tindakan preventif (berdasarkan interval waktu tertentu).

Tabel 3. Distribusi Kerusakan

No.	Nama Komoponen	Lama Pergantian	
		Tf (menit)	Tp (menit)
1	Screw	180	150
2	Crosshead Link	120	90
3	Seal	80	50
4	Screening	90	60

Berdasarkan data tabel akan ditentukan *total minimum downtime* sebagai interval pergantian komponen dengan langkah – langkah sebagai berikut :

Perhitungan fungsi Distribusi Kumulatif *Screw*
(distribusi Weibull, Parameter $\alpha=9.155$ $\beta=38.395$)

$$F(1) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{1}{38.395} \right)^{9.155} \right]$$

1. $= 1.55431 \times 10^{-15}$

Untuk $F(2), F(3), \dots, F(t)$, hasil perhitungan diperoleh dengan mempergunakan Microsoft excel yang dapat dilampiran 4.

2. Perhitungan banyaknya kerusakan dala interval waktu (0,tp) Untuk :

$$H(0) = \text{selalu ditetapkan } H(0) = 0$$

$$H(1) = \{1+H(0)\} \times F(t)$$

$$= \{1+0\} \times 1.55431 \times 10^{-15}$$

$$= 1.55431 \times 10^{-15}$$

3. Perhitungan *Total Minimum Downtime* (TMD)

$$D(t_p = 1) = D(1) = \frac{(0)(0.125) + (0.1041667)}{1 + (0.1041667)}$$

$$= 0.094339623 \text{ hari}$$

$$D(t_p = 2) = D(2)$$

$$= \frac{(1.55431 \times 10^{-15})(0.125) + (0.1041667)}{2 + (0.1041667)}$$

$$= 0.04950495 \text{ hari}$$

4. Dari hasil perhitungan $D(t)$ diperoleh nilai $D(t)$ yang paling minimum adalah pada $D(30)$ dengan nilai 0.003970601. dengan demikian interval pergantian untuk komponen *Screw* adalah 30 hari. Hasil akhir yang diperoleh adalah berupa *interval* pergantian komponen. Interval pergantian komponen diperoleh dari nilai $D(t)$ yang paling minimum dimana t merupakan *interval* untuk pergantian komponen. Berikut ini adalah interval pergantian untuk masing – masing komponen :

1. Screw : 30 hari
2. Crosshead Link : 11 hari
3. Seal : 13 hari
4. *Screening*: 12 hari

3.4 Interval Pergantian Komponen Berdasarkan *Total Minimum Downtime* (TMD)

Perbandingan antara nilai *downtime* yang diperoleh setelah pengolahan data dibandingkan dengan nilai *downtime* sebelumnya :

Tabel 4. Perbandingan Nilai Downtime

No.	Part	Sebelum		Setelah		Tingkat penurunan Nilai Downtime (%)
		Interval Pergantian (Hari)	Downtime (Hari)	Interval Pergantian (Hari)	Downtime (Hari)	
1	Screw	38	0.00617318	30	0.003870601	37.21%
2	Crosshead Link	16	0.0118611	11	0.006153	41.15 %
3	Seal	17	0.00467413	13	0.003557936	24.56%
4	Screening	15	0.00478895	12	0.003739795	29.32 %

Tabel diatas adalah perbandingan antara nilai *downtime* yang diperoleh setelah pengolahan data dibandingkan dengan nilai *downtime* sebelumnya dengan *interval* pergantian (hari) yang berbeda sehingga didapat tingkat penurunan Nilai *Downtime* pada beberapa *part* yang di amati.

3.4 Kaitan Nilai Realibilitas dengan Nilai Downtime

Setiap komponen memiliki nilai Realibilitas sendiri – sendiri. Akan tetapi batasan nilai Realibilitas yang paling efektif untuk diterapkan di pabrik yang memproduksi berbahan plastik memiliki *range* antara 0.5 – 0.9.

Tabel 5. Nilai Realibilitas dengan Nilai Downtime

No.	Part	Total Minimum Downtime		Realibilitas
		Interval Pergantian (Hari)	Downtime (Hari)	
1.	Screw	30	0.003870601	0.800797732
2.	Crosshead Link	11	0.006153	0.731534679
3.	Seal	13	0.003557936	0.617121268
4.	Screening	12	0.003739795	0.64975277

Tabel diatas menunjukkan *range* reliabilitas beberapa komponen yang diamati dalam perhitungan dengan menghitung nilai *total minimum downtime* terlebih dahulu .

IV. KESIMPULAN

1. Komponen yang paling kritis adalah *part Screw, Crosshead Link, Seal, dan Screening*.
2. Strategi tindakan perawatan yang harus dilakukan melalui pendekatan RCM yakni :
 - a. Berdasarkan Kondisi (CD), tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Tindakan ini mencapai angka 60%.
 - b. Berdasarkan Waktu (TD), tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap suber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur *part*. Komponen dan part yang termasuk dalam kategori waktu akan mendapat jenis perawatan jenis *Preventive Maintenance*. Tindakan ini mencapai angka 26.67%
 - c. Temuan Kerusakan (FF), tindakan yang bertujuan mengetahui kerusakan part dan komponen berdasarkan temuan kerusakan yang ada. Komponen dan part yang termasuk dalam kategori waktu akan mendapat jenis perawatan jenis *Proactive Maintenance*.Tindakan ini mencapai angka 13.33%.
3. Rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan untuk kategori berdasarkan kondisi (CD) berupa tindakan Inspeksi perawatan yang bersifat harian, mingguan, dan bulanan. Sedangkan untuk kategori berdasarkan waktu (TD), rekomendasi tindakan perawatan yang diberikan berupa jadwal pergantian komponen berdasarkan interval pergantian yang telah ditentukan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arikunto, Suharsimi. . *Prosedur Penelitian (Suatu Pendekatan Praktik)*. Jakarta: Rineka Cipta.2006
- [2] Corder, Antony. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga.1992
- [3] Dhillon B.S. *Maitainability, Maintenance, and Reliability for engineers*. London : CRC Press .2006
- [4] Moubray, John. . *Reliability Centered Maintenance*. New York : Industrial Press Inc. 2nd edition.1997
- [5] NASA. *Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment*.2000

**Perawatan Sistem Turbin Uap (*steam turbine*) F.D.FAN (*forced draft fan*) di Stasiun Ketel
(Studi Kasus : PT. Kebon Agung PG. Trangkil – Pati)**

Budhi M. Suyitno¹; Fuad Hasan²; Firdaus Azhari²; Rosyad Amin²

*Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Mesin,
Fakultas Teknik, Universitas Pancasila Jakarta
hasanfuad16@gmail.com*

Abstrak

Turbin uap jenis FDF milik PG Trangkil Pati merupakan salah satu turbin penghasil tenaga listrik yang menggunakan uap kering untuk mensupply kebutuhan udara pada boiler. Turbin Uap FDF dibantu oleh motor listrik tipe turbo yang mampu mencapai 50% MRM (Maximum Continous Rate) saat startup. FDF juga mempunyai saringan pada suction inlet untuk mencegah terbawanya benda asing.

Tubin uap ini memiliki kelebihan diantaranya vibrasi saat beroperasi tidak terlalu besar, daya cukup besar yang dapat diatur, tingkat keausan komponen kecil, perawatan yang sederhana dan mampu menghemat biaya pengoperasian. Selain itu Turbin uap FDF terkenal akan keandalan kerja yang tinggi dan umur kerja yang panjang.

Pemeliharaan rutin merupakan hal wajib untuk menjaga kinerja sistem turbin uap jenis FDF. Preventive dan Condition Maintenance dilakukan untuk mencegah terjadinya breakdown pada turbin. Pemeliharaan rutin mampu mengurangi cost dari breakdown maintenance. Maintenance yang dilakukan diantaranya adalah Inspection, perawatan berkala dan pelumasan.

Observasi studi kali ini melakukan perawatan turbine secara overhaul, perbaikan yang dilakukan antara lain yaitu meliputi sistem cooling, governoor, valve steam inlet/exhaust, valve control, rotor dan stator, bearing, sudu, pelumasan, pengecatan, gearbox, flow air coller, filter oil, motor pump oil, control panel, dan pemberian grease.

Kata Kunci : Steam Turbine F.D.Fan, Preventive Maintenance, Pemeliharaan

Abstract

The FDF steam turbine of PG Trangkil Pati is one of the electricity producing turbines that use dry steam to supply the air needs in the boiler. FDF Steam Turbine is assisted by a turbo type electric motor capable of reaching 50% MRM (Maximum Continous Rate) at startup. FDF also has a filter on the suction inlet to prevent the carrying of foreign matter

This steam turbine driven battleship has advantages including vibration when operating is not too large, the considerable power that can be set, the rate of wear and tear components are small, simple care and was able to save the cost of the operation. Besides steam turbine FDF is famous for its high working reliability and long lifespan

Routine maintenance is mandatory to keep the performance of steam turbine system kind of FDF. Preventive and Condition Maintenance was done to prevent the occurrence of breakdown on the turbine. Routine maintenance was able to reduce the cost of breakdown maintenance. Maintenance performed include Inspection, regular maintenance, and lubrication.

The observations of this study undertake automatic turbine maintenance, including refrigeration, governoor, inlet / exhaust steam valves, valve controls, rotor and stator, bearings, blades, lubrication, painting, gearboxes, flow water coller, oil filters , motor pump oil, control panel, and fat service.

Key word : Steam Turbine FDF, Preventive maintenance, maintenance

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik kemudian energi kinetik tersebut diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Poros turbin dihubungkan dengan yang digerakkan, yaitu generator atau peralatan mesin lainnya, menggunakan mekanisme transmisi roda gigi.

Berdasarkan definisi tersebut maka turbin uap termasuk mesin rotary merupakan mesin bolak – balik (*reciprocating*). Engine penggerak dimana uap, air, gas ataupun udara yang memutar poros dengan cara mendorong sudu yang menyudut seperti kipas. Ada dua pasang sudu, *stator* (tidak bergerak) atau rumah turbin dan *rotor* (yang berputar). Poros turbin yang berputar dapat dihubungkan pada generator pembangkit tenaga listrik, turbin termasuk mesin yang menghasilkan tenaga besar.

Turbin uap digunakan untuk menggerakkan generator listrik pada stasion pembangkit dan baling – baling kapal, turbin air mirip seperti turbin uap dan turbin gas digunakan (kebanyakan) sebagai penggerak pesawat udara mesin jet, dan juga penggerak mesin – mesin di industri.

II. METODE PENELITIAN

Melakukan perawatan turbin uap khususnya pada turbin uap FDF dengan melakukan studi langsung ke lapangan di PT. Kebon Agung, PG. Trangkil supaya lebih jelas apa saja yang nantinya dilakukan, agar perawatan menjadi maksimal dan sesuai jadwal.

Studi ini dilakukan secara eksperimental dan langsung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengamatan dan observasi pada turbin.
2. Mengecek kondisi turbine.
3. Mengecek data jadwal perawatan sebelumnya.
4. Melakukan perawatan secara langsung di lapangan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembahasan

Permasalahan yang sering terjadi pada steam turbine blade turbin berkerak, banyaknya deposit yang menumpuk dikarenakan kualitas uap yang buruk dan karena vibrasi berlebihan pada blade turbin. Kualitas uap ini berasal dari air boiler Uap yang akan menyebabkan Perputaran Turbin unbalance/tidak seimbang dan lama kelamaan akan merusak sudut turbin. Akan tetapi vibrasi /getaran dipengaruhi oleh komponen-komponen pendukung lain. Pembengkokan poros/imbalance shaft pada turbin dikarenakan oleh torsional vibration yang merupakan proses dimana bagian pusat badan turbin yang diputar pada saat terjadi proses perputaran terjadi pula gaya lintang tertentu yang arahnya sama dengan rotasi poros.

Penyebab umum terjadinya getaran dikarenakan pemilihan bahan dan material yang digunakan tidak sesuai dengan standarisasi turbin, cara pemasangan tidak tepat sempurna, perbedaan ukuran laluan sudu yang dapat terjadi akibat ketidakteelitian saat perakitan atau pembuatan, adanya benda asing yang turut dalam aliran fluida yang mengakibatkan ketidakseimbangan kinerja turbin dan perputaran turbin, dan kerusakan-kerusakan fisik. Kerusakan fisik ini berupa keropos pada komponen turbin, perubahan bentuk pada komponennya, timbul suara gaduh, penurunan kecepatan rotasi turbin, penurunan kecepatan putaran torsional poros generator, penurunan efisiensi turbin dan daya mampu produksi juga ikut menurun.



Gambar 3.1 Steam Turbine FDF

2. Spesifikasi Turbine

Turbin uap FDF (*forced draft fan*) pada stasiun ketel Thermodyne memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Design And Operating Conditions

Tabel 3.1 Specification Turbin Uap Shinko

Design Conditions		Turbine Rated	
Model Shinko		DDG61 - 35	
Turbine Output	(kw)	250	
Turbine Speed	(rpm)	4923	
Output Shaft Speed	(rpm)	1000	
Inlet Steam Flow	(kg/h)	4800	
Max. Inlet Steam Flow	(kg/h)	4800	
Steam Condition		Normal	Design
Inlet Steam Press	(kg/cm ² g)	19	24.0
Inlet Steam Temp.	(°C)	325	360
Exhaust Steam Press	(kg/cm ² g)	1.0	3.0
Exhaust Steam Temp.	(°C)	199	
Exhaust Moisture Content	(%)	0	

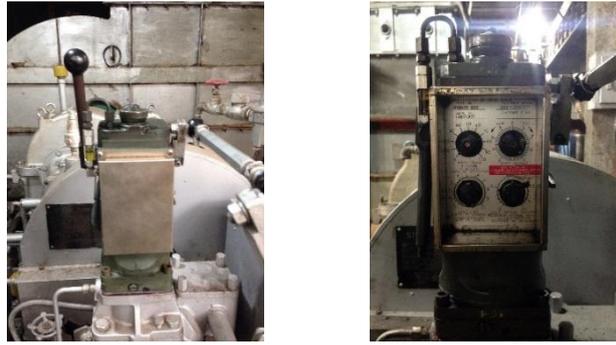
3. Perawatan saat tidak beroperasi/secara overhaul

Perawatan yang dilakukan pada waktu turbine uap tidak beroperasi atau diluar masa giling diantaranya adalah :

- Keluarkan air pendingin agar temperature tidak terlalu rendah yaitu dibawah 20°C
- Governor

Governor adalah sebuah peralatan mekanis yang fungsinya mengatur kecepatan putaran.

Pemeliharaan ini meliputi katup uap utama, katup pengatur (*governor valve*) dan intercept valve serta sistem kontrol governor juga proteksi putaran lebih (*over speed*), Hal-hal yang dilakukan mencakup pemeriksaan, pembersihan, pelumasan dan perbaikan atau penggantian komponen yang rusak.



Gambar 3.2 Governor

c. Valve steam inlet (katup uap masuk)

Merupakan katup yang berfungsi untuk mengatur *steam* (uap) yang masuk kedalam turbin sesuai dengan jumlah *steam* yang diperlukan.

Perawatan pada valve adalah proses perbaikan ulang (rekondisi) yang meliputi pengukuran dan pengecekan fisik seperti keretakan, kebocoran (*leak*). Pergantian packing gland apabila *valve* mengalami kebocoran / clearance sudah tidak rapat dan pemberian *grease* / pelumas pada stem.



Gambar 3.3 Valve Steam Inlet

d. Valve steam exhaust (katup uap buang)

Merupakan katup yang berfungsi untuk mengatur *steam* (uap) yang masuk kedalam turbin yang berlebih yang akan dibuang.

Pemeriksaan dan perbaikan meliputi proses perbaikan ulang (rekondisi) yang meliputi pengukuran dan pengecekan fisik seperti keretakan, kebocoran (*leak*). Pergantian packing gland apabila *valve* mengalami kebocoran / clearance sudah tidak rapat dan pemberian *grease* / pelumas pada stem



Gambar 3.4 Valve Steam exhaust

e. Valve Control

Merupakan katup yang berfungsi untuk mengatur *steam* (uap) yang masuk kedalam turbin sesuai dengan jumlah *steam* yang diperlukan.

Pengecekan fisik antara lain keretakan, kebocoran (*leak*) dan periksa kelayakan fungsinya serta juga pemberian *grease* / pelumas.



Gambar 3.5 Valve Control

f. Pengecekan Komponen Dalam

1) Rotor dan Stator

Rotor adalah bagian turbin yang berputar yang terdiri dari poros, sudu turbin atau deretan sudu yaitu *stationary blade* dan *moving blade*, lalu untuk turbin bertekanan tinggi atau ukuran besar, khususnya untuk turbin jenis reaksi maka motor ini perlu di *balance* (keseimbangan) untuk mengimbangi gaya reaksi yang timbul secara aksial terhadap poros.

Perawatan Rotor dan stator meliputi diinspeksi, serta mengalami proses perawatan pada tiap – tiap sudu dan poros turbin uap baik sisi rotor maupun stator mengalami proses *blasting*, semacam dipoles / bersihkan. Tujuannya adalah untuk membersihkan permukaan dari setiap sisi rotor dan stator. Biasanya terbentuk semacam kotoran yang menempel pada sudu – sudu tersebut yang dapat mengurangi nilai efisiensi turbin uap dan dapat mengganggu aliran uap didalamnya.

Pemeriksaan antara lain :

- Kemungkinan adanya kerak yang menempel pada sudu akhir.
- Kemungkinan terjadinya keretakan,
- Kemungkinan terjadinya gesekan,
- Kerusakan terjadinya akibat benda asing,
- Pengecekan adanya korosi dan erosi.
- Pemberian pelumas anti karat/pegecatan

2) Bearing

Bearing merupakan keudukan dari poros rotor.

Pemeriksaan *Bearing* atau bantalan diantaranya :

- Pengukuran clearance
- Pemeriksaan bekas kontak / gesekan, goresan pada permukaan metal dan keretakan.
- Goresan – goresan pada permukaan babbitt (white metal)
- Keretakan dan cacat.

3) Sudu

Sudu, alat yang menerima gaya dari energi kinetik uap melalui nosel.

Pemeriksaan meliputi:

- Kerapatan sudu – sudu, kekencanganya,
- Periksa adanya kerak pada sudu tetap, bersihkan dengan sand-blast,
- Bersihkan ulir-ulir pada baut dan mur,
- Periksa akibat korosi dan erosi pada labyrinth dan sudu-sudu tetap
- Pembersihan apabila ada kotoran menempel serta pengecekan ketebalannya / keausan dan keretakan-keretakan pada bagian sudu.

- 4) Pelumasan Oil/grease
Pemberian pelumas dilakukan untuk mencegah korosi dan erosi.
- 5) Pengecatan
Rotor dilapisi cat dengan cat tahan panas dan dapat mengurangi korosi pada sudu – sudu.



Gambar 3.6 Pemeriksaan (*Overhaul*) Rotor Turbin

- g. Gearbox
Fungsi gearbox dalam turbin FDF untuk penghubung gear ke AS (*shaft*) Fan.
Pengecekan antara lain:
 - Pengecekan kelonggaran.
 - Pengecekan metal atau gigi – gigi (ulir) pada gearbox.
 - Pemberian pelumas oli atau *grease* agar meminimalkan terjadi korosi dan efisiensi gesekan.



Gambar 3.7 Gearbox

- h. Aliran air coolar
Aliran air coolar merupakan saluran pipa pendingin turbin yang terdiri dari pipa oli dan pipa air.
Pengecekan antara lain :
 - 1) Saluran Aliran
Pengecekan aliran apakah mengalami hambatan apa tidak, kebocoran dan keretakan. Saluran ini harus memiliki kerapatan yang tinggi biar tidak mengalami kebocoran.
 - 2) Pipa air coolar
Pembersihan pipa aliran input dan output, pembersihan kaca ukur aliran dan pengecekan valve input dan output.



Gambar 3.8 Aliran air cooler



Gambar 3.9 Pipa Input & Output



Gambar 3.10 Kaca Ukur Aliran

i. Filter Oil

Filter Oil berfungsi untuk menyaring kotoran didalam oli mesin sebelum oli tersebut didistribusikan ke seluruh bagian mesin turbin.

Pemeliharaan antara lain pembersihan filter atau saringan, membuang kotoran – kotoran maupun logam (bram) yang masuk dalm filter.



Gambar 3.11 Filter Oil

j. Motor Pump Oil

Motor pump oil berfungsi untuk memompa oil ke dalam turbin atau mensupply oil, pemeliharaanya antara lain pengecekan bearing, impeler, dan komponen lainnya serta kelayakan fungsinya.



Gambar 3.12 Motor Pump Oil

k. Control Panel

Control Panel berfungsi untuk mengaktifkan/menonaktifkan mesin turbin.

Pembersihannya dari kotoran – kotoran yang menempel agar kebersihan terjaga.



Gambar 3.13 Control Panel

- l. Pemberian *grease* (vaselin) pada bagian yang bekerja atau tuas pengontrol dan sambungan.
- m. Mengencangkan baut-baut yang longgar.
- n. Menutup atau mengurangi kebocoran pada seal katup-katup.
- o. Pelapisan cat tahan panas / tahan korosi untuk bagian terbuka dan dalam turbin.

4. Cara Alignment Turbin dengan Gearbox

Alignment adalah suatu pekerjaan atau proses mensimetriskan kedua objek atau sumbu poros sehingga sentris antara poros penggerak dengan sumbu poros yang digerakan dengan dua tumpuan saling berkaitan.

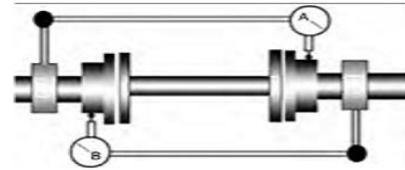
Salah satu cara alignment pada turbin dan gearbox di studi kasus ini dengan menggunakan metode alignment *dial indicator*, metode ini menggunakan alat bantu ukur *dial indicator*.

Langkah – langkah alignment pada kopling turbin dengan gearbox :

- 1) Coupling dibersihkan terdahulu
- 2) Pasang dial indikator pada coupling turbine dan coupling gearbox seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.14 Dial Indicator



Gambar 3.15 Proses Pengukuran

- 3) Pastikan bahwa jarum dial menunjukkan angka nol (0).
- 4) Putar coupling turbine dan *coupling gearbox* searah jarum jam 90° , 180° dan 270° .
- 5) Pastikan bahwa posisi harus sama dan angka harus menunjukkan angka nol (0).
- 6) Catat data dari pemutaran coupling turbine dan coupling gearbox usahakan proses alignment tidak melewati batas toleransi yang ditentukan. Toleransi beda ketinggian adalah sebesar 0,01 - 0,05mm.
- 7) Pasang baut sesuai ukuran coupling. *Clearance* dalam coupling berjarak 0,3 – 0,5mm.

Proses alignment apabila *coupling* memakai *flange* maka tidak ada toleransi (ketinggian) yaitu sejajar atau nol, bila tidak memakai *flange* ada selisih coupling turbin dan gearbox, level turbin lebih rendah 0.01mm – 0.05m dikarenakan turbin mengalami kemuaian akibat panas yang dihasilkan, akibat kemuaian tersebut maka coupling turbin nantinya akan naik dan sejajar mengikuti coupling gearbox.

Perbedaan coupling diberi *flange* atau tidak dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 3.16 Alignment dengan *flange*



Gambar 3.17 Tanpa Flange

5. Pengecekan Metal Turbin Aus & Toleransi Clearance

Metal turbin memiliki fungsi:

- a. Menahan diam komponen rotor secara aksial.
- b. Menahan berat dari rotor.
- c. Menahan berbagai macam gaya tidak stabil dari uap air terhadap sudu turbin.
- d. Menahan gaya kinetik akibat dari sisa-sisa ketidak seimbangan atau karena kerusakan sudu (antisipasi)
- e. Menahan gaya aksial pada beban listrik yang bervariasi.

Saat turbine tidak beroperasi maka perlu pengecekan dan perawatan terutama pada bagian metal turbine, apakah metal turbin mengalami kecacatan atau keausan.

Proses pengecekan metal alat ukur yang digunakan adalah *Micrometer* dan alat bantu benang lodrat, dial gauge dan fuller. Cara mengetahuinya bagian metal aus adalah dengan di ukur bagian metal yang sudah disisipkan benang lodrat pada dalam metal, lalu ketebalan / kelonggaran (*clearance*) benang lodrat yang di ukur pakai alat ukur *micrometer*.

Kelonggaran (*clearance*) metal bagian atas dan bawah metal memiliki toleransi standart yaitu:

- Toleransi atas *clearance* kelonggaranya tidak melebihi 0,20 mm.
- Toleransi bawah *clearance* kelonggaranya kurang dari 0,10 mm.

Akibat toleransi atas *clearance* melebihi 0,20 mm maka turbin akan mengalami getaran tinggi dan AS (*shaft*) turbin akan bengkok, kemudian bila toleransi bawah melebihi 0,10 mm maka oil didalam pelumasan akan terbakar dan mengakibatkan metal aus atau meleleh. Berikut contoh gambar metal turbin :



Gambar 4.18
Turbine



Metal

IV. KESIMPULAN

- Perawatan turbine ada beberapa waktu yang harus diperhatikan, yaitu:
 - 1) Saat turbine beroperasi
 - 2) Saat turbine mengalami kemacetan (*standstill*)
 - 3) Waktu Overhaul
- Berhati – hati saat melakukan perawatan dan utamakan keselamatan.
- Gunakan suku cadang komponen part turbine dan pelumas sesuai standart mesin, pelumas turbin uap menggunakan DTE Heavy Medium ISO – 68 Hydraulic Oil.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dietzel, Fritz, Prof. Dipl. Alih Bahasa Ir. Dakso Sritono. 1992. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta : Erlangga
- [2] Sri Utami Handayani, ST, MT. 2014. Turbin, Edisi ke 1, hal 5 – 74, UPT UNDIP Press Semarang, Semarang.
- [3] PT. Kebon Agung PG. Trangkil – pati
- [4] Merrit, Carey. 2016. *Process Steam System, A Practical Guide for Operators, Maintainers, and Designer*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- [5] Kearnton, William J. 2011. *Steam turbine theory of practice : a textbook for engineering student Seventh Edition*. London: Sir Isaac Pitman and Sons, c1958. London
- [6] repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/44164/4/Chapter%20II.pdf diunduh pada tanggal 23 Juni 2018.
- [7] digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!@file_skripsi/Isi2169053509838.pdf diunduh pada tanggal 21 Juni 2018.

**PENINGKATAN PRODUKTIVITAS MELALUI RELAYOUT MESIN CUTTING
OTOMATIS & PERBAIKAN SISTEM KERJA PADA LINE CUTTING (STUDY KASUS
PT.XYZ)**

Diaz Laksmna Satria Dewa¹, Wasiati Sri Wardani²

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G. A
Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424 No Tlp (021) 7270034, Fax (021)7270036

laksmanadiaz@gmail.com¹, wswardani@gmail.com²

²Progam Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Prinsip Kaizen (Continuous Improvement) telah banyak digunakan oleh industri manufaktur saat ini karena memberikan produktivitas yang lebih baik. Perancangan ulang tata letak mesin dan perbaikan sistem kerja pada line cutting Produksi 1 Gravity Die Casting dilakukan untuk mengatasi adanya rencana pergantian jenis mesin potong manual ke mesin potong otomatis oleh PT. XYZ karena permintaan produksi yang meningkat. Penggunaan mesin potong otomatis dengan tata letak mesin sebelumnya akan memberikan waktu tunggu yang lama dengan penggunaan man power berjumlah 3 orang, maka dari itu dalam penelitian ini dibuatlah rancangan tata letak ulang / relayout mesin cutting dengan konsep 3 in 1, yaitu 3 mesin potong otomatis yang dikendalikan oleh 1 man power. Perancangan sistem kerja dilakukan dengan menggunakan metode TSK – TSKK dan dijelaskan dengan ekonomi gerakan sebagai pendukung. TSK – TSKK merupakan suatu alat yang digunakan untuk menunjukkan urutan – urutan elemen kerja dan durasi waktu dari elemen kerja tersebut. Hasil yang didapat dari penelitian ini antara lain pengurangan penggunaan man power line cutting dari 3 menjadi 1 manpower cutting, rancangan ulang tata letak (relayout) mesin potong line cutting yang memiliki jarak perpindahan manpower sebesar 13.64 [meter], perubahan sistem kerja line cutting, waktu siklus line cutting sebesar 55 [detik] dan peningkatan produktivitas produksi pada line cutting Produksi 1 Gravity Die Casting dari 64 [Pcs/ManHour] menjadi 191 [Pcs/ManHour].

Kata Kunci : Tata letak ulang, Ekonomi Gerakan, TSK – TSKK, Peningkatan Produktivitas, Kaizen

Abstract

Kaizen principle (Continuous Improvement) has been widely used by the manufacturing industry today because it provides better productivity. Re-design of machine layout and improve work system on line cutting Production 1 Gravity Die Casting done to overcome the existence plan of change machine type from manual cutting machine to automatic cutting machine by PT. XYZ due to increased production demand. The application of automatic cutting machine with the latest machine layout will provide long idle time when it use 3 peoples of man power. Therefore in this research, the design of layout machine is made with 3 in 1 concept, it means 3 automatic cutting machine is controlled by 1 man power. Design of work system is done with TSK - TSKK method and described with motion economy as support. TSK - TSKK is a tool used to indicate the sequence of work elements and the duration of the work elements it self. The result of this research include reduction of man power line cutting usage from 3 to 1 manpower cutting, re-design of cutting machine layout which has a man power displacement distance of 13.64 [meters], the working system improvement, has cycle time line after relayout for 55[second] and productivity up on line cutting Production 1 Gravity Die Casting from 64 [Pcs / ManHour] to 191 [Pcs / ManHour].

Keywords : Relayout, Motion Economy, TSK – TSKK, Productivity up, Kaizen

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Peneliti akan melaksanakan penelitiannya di PT. XYZ Line cutting Produksi 1 Gravity Die Casting. PT. XYZ adalah industri yang memproduksi suku cadang 2 roda dan 4 roda yang berfokus pada produk *aluminum die casting*. PT. XYZ dipilih sebagai lokasi penelitian karena industri ini menganut sistem *Kaizen* yang berasal dari Jepang, Industri ini juga menghargai suatu perbaikan yang bisa mengurangi waktu kerja lembur, mengefisiensikan penggunaan *man power*, dan bisa meminimalisir tempat atau luas penggunaan mesin.

Berdasarkan tekniknya, jenis *casting* di PT. XYZ ada 2, yaitu : HPDC dan *Gravity Die Casting*. *Gravity Die Casting* bekerja dengan mengandalkan gaya gravitasi tanpa adanya *pressure*, bagian produk yang dihasilkan setelah proses pengecoran terdiri dari produk utama, *riser*, dan *runner*. Pada *plant* Produksi 1 *Gravity Die Casting* produk yang dibuat harus melewati proses *cutting* setelah proses pengecoran selesai, bagian yang dipotong dari produk tersebut adalah *riser* dan *runner*. Berdasarkan observasi lapangan, penggunaan *man power* pada *line cutting* berjumlah 3 orang tiap *shift* yang bekerja secara khusus untuk tiap – tiap mesin potong, waktu kerja PT. XYZ adalah 3 *shift* perharinya dan jenis mesin yang digunakan terdiri dari 2 mesin potong manual, 1 mesin potong semi otomatis, dan 1 mesin potong otomatis. Mesin semi otomatis dan mesin manual akan digantikan dengan mesin potong otomatis oleh PT. XYZ karena permintaan produksi yang meningkat. Dilihat dari jumlah penggunaan *man power*, seharusnya penggunaan *man power* bisa dikurangi karena adanya perubahan jenis mesin dari manual ke otomatis, perubahan tersebut dilakukan dengan mengatur tata letak mesin, mengubah arah aliran *material*, dan mengubah sistem kerja *man power*. Peningkatan efisiensi *man power* akan berdampak pada biaya produksi ketika hari kerja maupun hari lembur (*overtime*). Oleh karena itu, untuk memberikan solusi yang tepat harus dilakukan penelitian terhadap studi gerak dan waktu serta penataan tata letak mesin pada *line cutting* Produksi 1 *Gravity Die Casting* di PT. XYZ agar didapatkan proses produksi yang lebih efisien dari segi penggunaan *man power* serta sistem kerja yang efektif.

1.2 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah mengefesiesikan penggunaan *man power*, *productivity up*, dan memberikan rancangan sistem kerja pada *line cutting* dengan menganalisa metode kerja dan waktu, serta mengubah tata letak mesin *cutting* yang akan digantikan menjadi mesin otomatis pada *line cutting*. Hasil perbaikan yang akan diketahui antara lain, adanya pengurangan jumlah *man power* yang di butuhkan, rancangan *layout* mesin, waktu standar produksi *line*, peningkatan produktivitas, dan perubahan sistem kerja.

1.3 BATASAN MASALAH

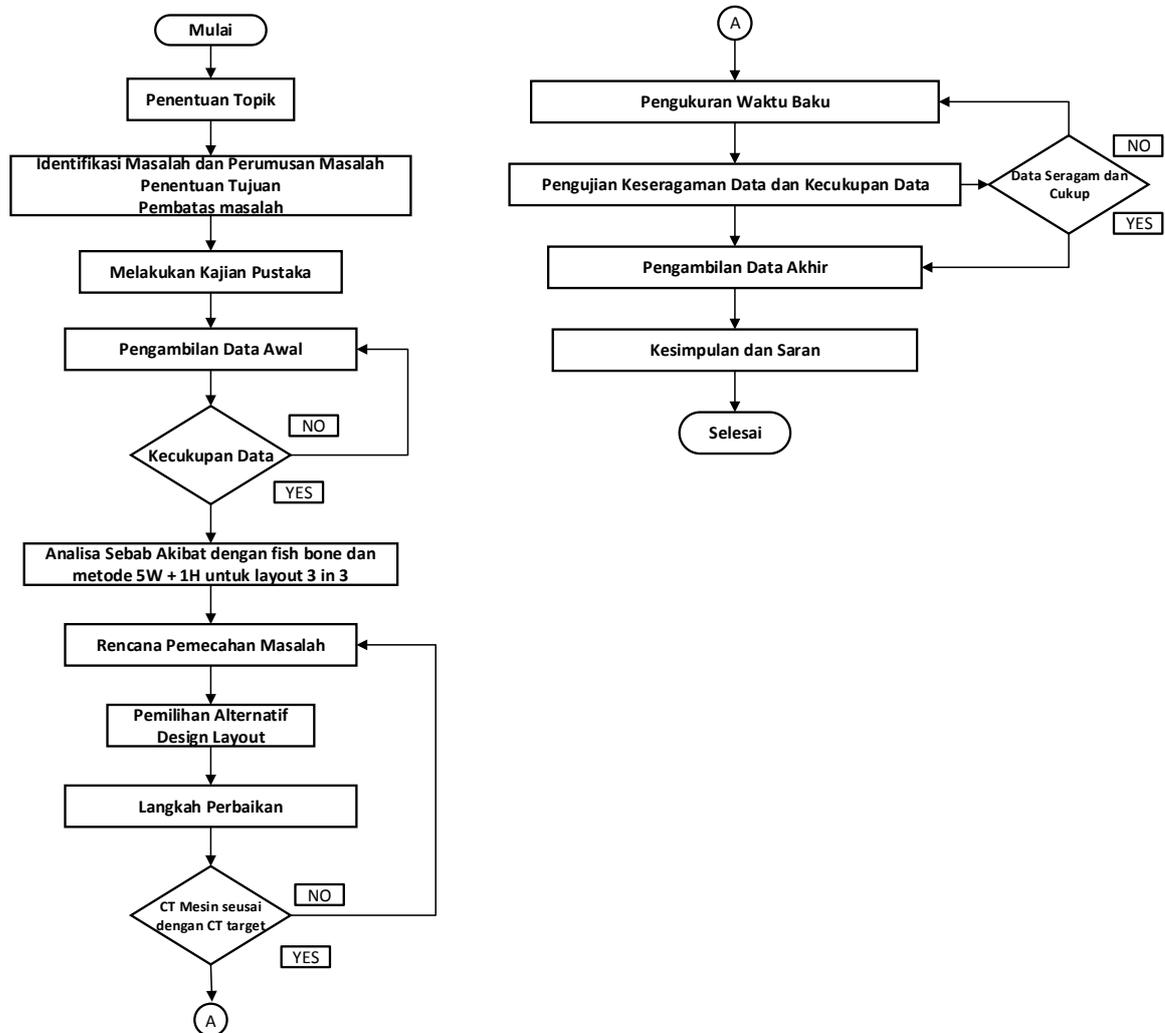
1. Penelitian ini hanya dilakukan pada *line cutting* Produksi 1 *Gravity Die Casting*
2. Pengukuran waktu kerja dilakukan dengan menggunakan metode jam henti
3. Faktor kondisi kerja seperti pencahayaan, suhu, dan kebisingan line dianggap baik.
4. Penelitian ini hanya berfokus pada analisa gerakan kerja, sistem kerja, dan *layout* mesin *cutting*
5. Pembahasan tentang gerakan kerja tidak mengacu pada gerakan ergonomi.
6. Perhitungan upah kerja mencakup jumlah *man power* pada *line cutting* produksi 1 *Gravity Die Casting* dan perhitungan biaya setelah perbaikan merupakan minimum penghematan dari *improvement* yang dilakukan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 DIAGRAM ALIR

Penelitian ini dilakukan dari bulan September untuk observasi lapangan dan analisa masalah, pengambilan data awal dilakukan di PT. XYZ Produksi 1 *Gravity Die Casting* dengan mengumpulkan data terkait jumlah *peak order* dari masing - masing *part* yang masuk kedalam *line cutting*, *Cycle Time* (CT) tiap *part* yang dikerjakan dengan mesin manual, semi otomatis dan otomatis, *layout line cutting*, serta pengambilan data elemen kerja pada *line cutting*. Analisa data awal dilakukan dengan menggunakan metode 5W + 1H pada *line cutting* area produksi 1 *Gravity Die Casting*. Setelah dilakukannya analisa masalah dengan metode tersebut akan dilanjutkan dengan pembuatan rancangan sistem kerja dan *relayout line cutting* dengan konsep 3 in 1, maksudnya 3 mesin dikendalikan oleh 1 *man power*, *design layout* yang dipilih dari alternatif – alternatif yang dibuat didasarkan pada rancangan sistem kerja dengan *Cycle Time* yang paling singkat menggunakan TSK - TSKK dan sedikitnya jarak perpindahan yang dilakukan oleh *operator line cutting*. Setelah itu Proses pemindahan (*handling*) mesin dilakukan oleh PT. XYZ, setelah instalasi mesin sudah selesai dilakukan, selanjut dilakukan *trial* guna mendapat CT (*Cycle Time*) mesin aktual yang nantinya akan dibandingkan dengan rancangan sistem kerja yang telah dibuat. Kemudian apabila sistem baru sudah berjalan, maka akan dilakukan penelitian terhadap waktu baku dengan metode jam henti secara langsung sebanyak 16 kali *sample*. *Variable* yang digunakan adalah jumlah proses, waktu dan gerakan kerja dengan parameternya ialah waktu baku siklus (*Cycle Time*). Pengukuran waktu dilakukan dengan metode jam henti, data yang diperoleh kemudian diuji

keseragamannya dan kecukupan datanya. Lalu dihitung waktu siklus, waktu normal, waktu standar, dan efisiensi kerja. Karena data keluaran yang dihasilkan akan merujuk ke upah kerja jadi tingkat ketelitian dan keyakinan yang digunakan sebesar 5% tingkat ketelitian dan 95% tingkat keyakinan. Setelah itu, waktu yang didapat kan dari perhitungan akan dibandingkan dengan waktu *plan* atau target yang telah dibuat, waktu siklus akan sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari *line* tersebut. *Cycle Time* dan data produksi adalah perhitungan akhir dari penelitian ini, selain itu akan dibandingkan antara biaya penggunaan *manpower* sebelum dan sesudah perbaikan pada *line cutting*.

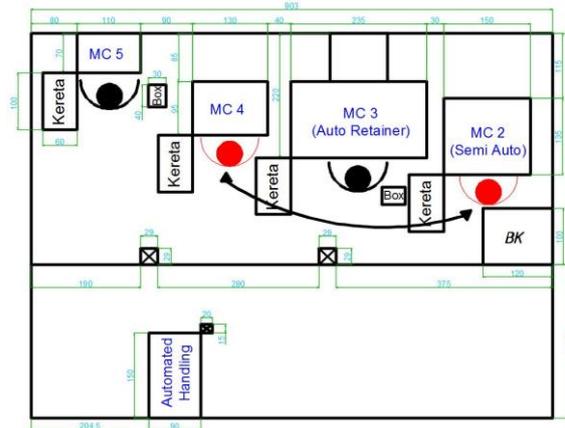


Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

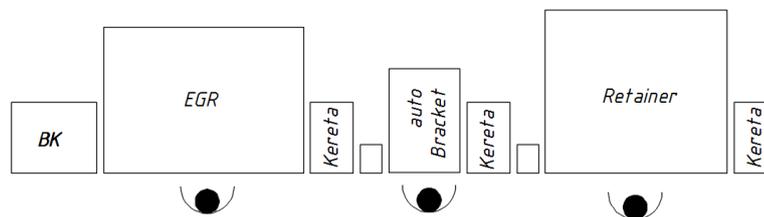
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 KENAIKAN ORDER PART PLATE COMPEGR & RETAINER 632 2W

Kenaikan order untuk part Plate Comp EGR dan Retainer 632 2W pada bulan Desember 2017 dan seterusnya sebesar 5000 [Pcs/bulan] untuk part Plate Comp EGR dan 3000 [Pcs/bulan] untuk part Retainer 632 2W menjadikan alasan adanya mesin baru yaitu mesin cutting Plate comp EGR, sedangkan mesin potong untuk retainer menggunakan mesin otomatis yang lama, akan tetapi sudah dilakukan improvement pada mesin tersebut, pembelian mesin potong untuk part All Bracket juga dilakukan guna meningkatkan aspek safety pada man power line cutting, Karena kenaikan order ini nilai takt time pada part Plate Comp EGR dan Retainer berubah dari 74 [detik] menjadi 59 [detik] untuk Plate comp EGR dan 94 [detik] menjadi 78 [detik] untuk retainer 632 2W. Selain membelikan mesin, divisi engineering juga memberikan layout mesin potong otomatis dengan konsep 3 in 3 seperti dibawah.



Gambar 3.1 Layout Line Cutting Gravity Die Casting sebelum relayout



Gambar 3.2 Rencana Layout yang diberikan Engineering (3 in 3)

Sumber : Engineering

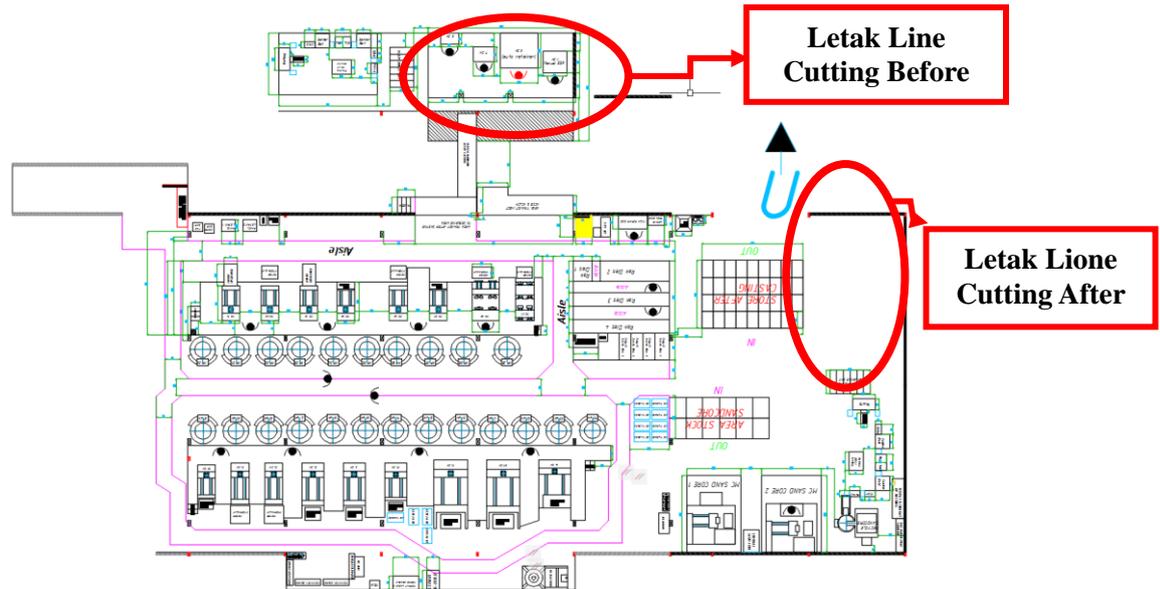
3.2 ANALISA DESIGN LAYOUT 3 IN 3

Analisa pada aspek Metode, proses pemotongan dilakukan oleh 3 *man power cutting* yang bekerja secara khusus pada tiap – tiap mesin potong otomatis. Metode dengan konsep 3 in 3 akan memberikan waktu tunggu MP (*man power*) ketika proses pemotongan secara otomatis berlangsung, besar waktu tunggu pada tiap – tiap MP adalah 17 [detik/siklus] untuk pemotongan EGR, 28 [detik/siklus] untuk pemotongan Retainer, dan 5 [detik/siklus] untuk pemotongan All Bracket. Secara perhitungan waktu order pada line cutting terpenuhi untuk pengerjaan dengan konsep kerja 3 in 3, akan tetapi menimbulkan waktu tunggu MP tiap siklusnya dan memberikan produktivitas manpower line yang relatif kecil, yaitu 41 [Pcs/ManHour]. Letak *line cutting* juga berubah, mulanya letak *line cutting* ada disebelah Utara pada Area Gravity Die Casting, Ketika *Relayout* dilakukan letak *line cutting* pada Area Gravity Die Casting ada di sebelah Timur Area Gravity Die Casting, area ini memiliki batas tembok pada sisi Utara dan timur *line cutting*.

Tabel 3.1 Data waktu kerja otomatis dan manual

Sumber : Jishuken

Analisa Layout 3 in 3 from engineering			
Pekerjaan Manual	EGR	Retainer	All Bracket
Spray manual	5	5	2
taruh part	1	1	1
ambil part	1	1	1
loading unloading	7	3	8
pencet tombol	1	1	1
tutup pintu			1
buka pintu	-	-	1
Total	15	11	15
Pekerjaan otomatis	32	39	20
Waktu tunggu MP [detik /siklus]	17	28	5



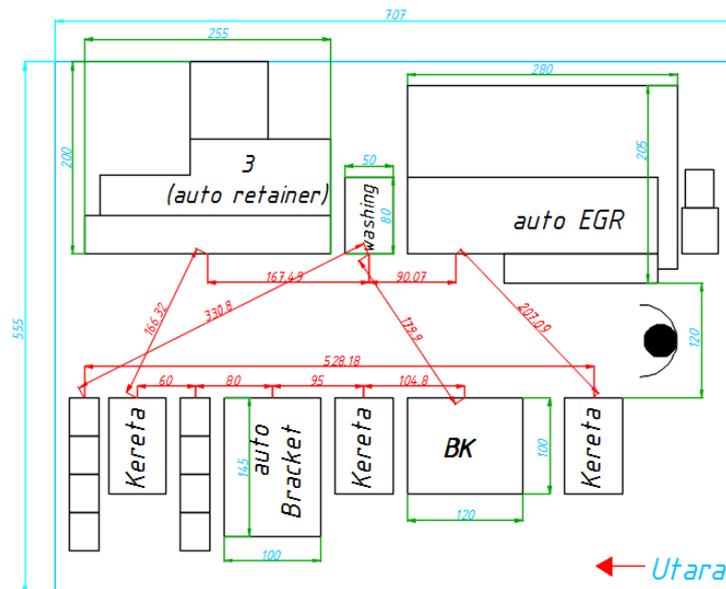
Gambar 3.3 Layout Produksi 1 Gravity Dies Casting

3.3 ANALISA RANCANGAN SISTEM KERJA & ALTERNATIF *LAYOUT LINE CUTTING* UNTUK KONSEP 3 IN 1

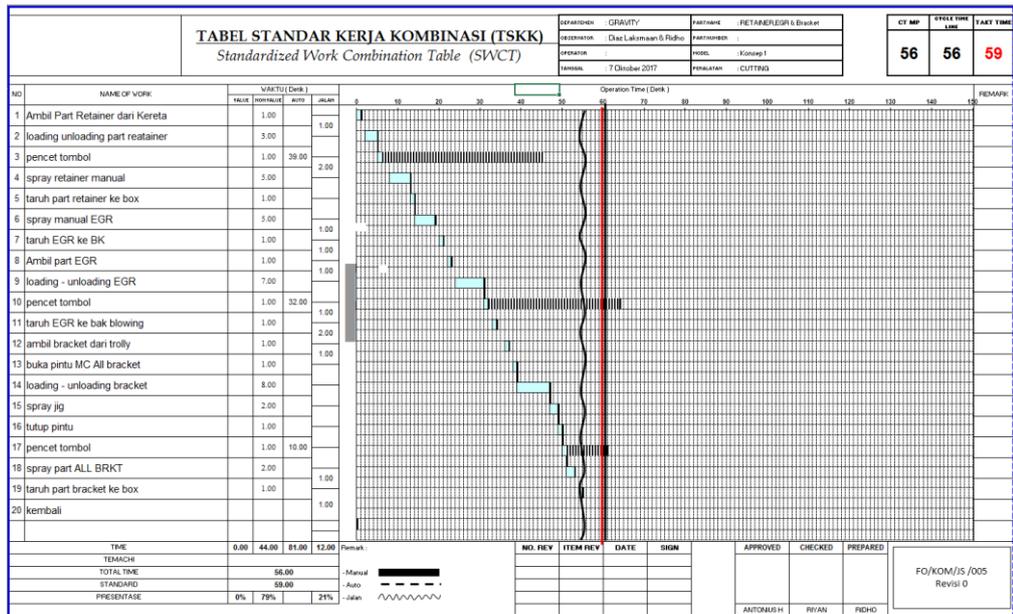
Pada pembuatan alternatif *layout line cutting* penulis menggunakan data *takt time part* yang memiliki nilai paling kecil sebagai waktu *takt time line layout* baru, hal ini dipilih karena *takt time* berbanding terbalik dengan *order* yang diminta, artinya *takt time part* paling kecil, bisa memenuhi semua *order* dari masing – masing part yang diminta, penulis menggunakan nilai *takt time part Plate Comp EGR* sebagai nilai *Takt Time Line cutting* untuk konsep 3 in 1, besar nilai *takt time part Plate Comp EGR* adalah 59 [detik].

A. ALTERNATIF RANCANGAN *LAYOUT A*

Jarak perpindahan yang ditempuh oleh *man power* sebesar 20.09 [meter], pengukuran jarak ini dilakukan menggunakan *software Autocad Mechanical 2016*, jarak yang dibuat memiliki skala 1 : 1, total perpindahan yang dilakukan MP untuk rancangan *layout* ini adalah 11 kali, dengan waktu siklus target (CT target) sebesar 60 [detik] yang telah dirancang menggunakan *TSK - TSKK*. Gambar 4.18 menunjukkan pergerakan MP pada *line cutting* untuk rancangan *layout A*.



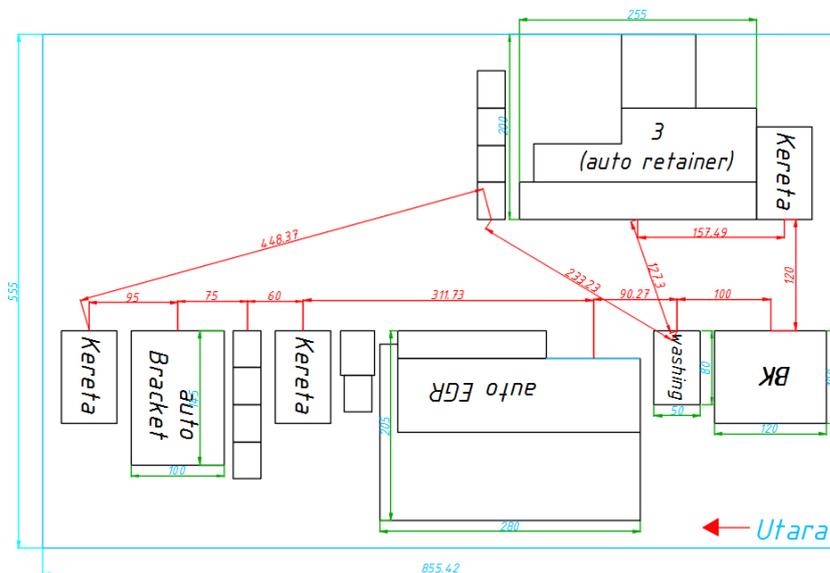
Gambar 3.4 Rancangan *Layout A*



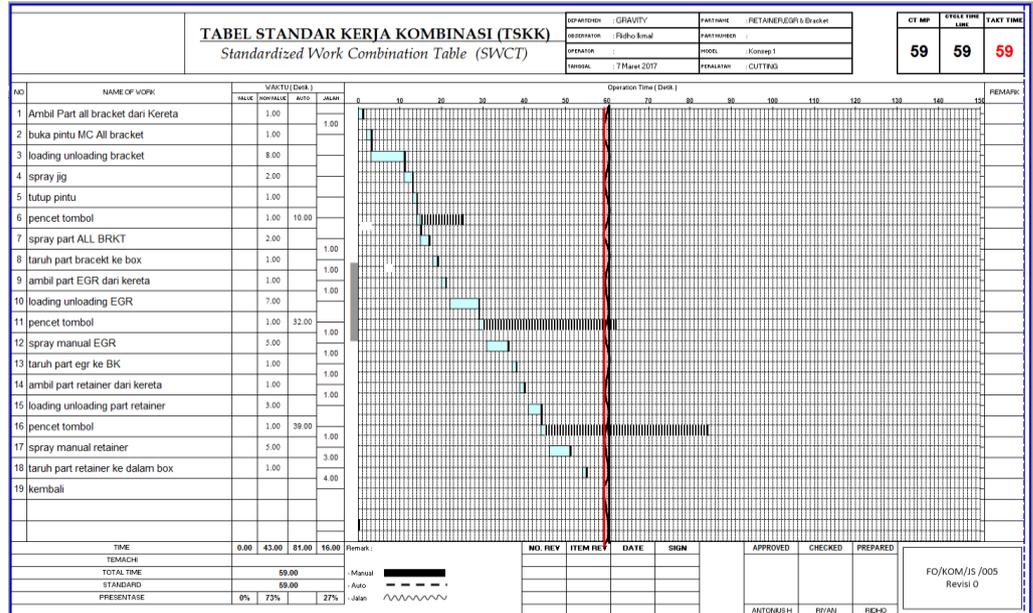
Gambar 3.7 TSKK rancangan layout B

C. ALTERNATIF RANCANGAN LAYOUT C

Rancangan layout cutting C memiliki jarak yang ditempuh oleh man power sebesar 18.18 [meter], pengukuran jarak ini dilakukan menggunakan software Autocad Mechanical 2016, jarak yang dibuat memiliki skala 1 : 1, total perpindahan yang dilakukan MP untuk rancangan layout ini adalah 11 kali, dengan waktu siklus target (CT target) sebesar 59 [detik]. Gambar 4.24 menunjukkan pergerakan MP pada line cutting untuk rancangan layout C.

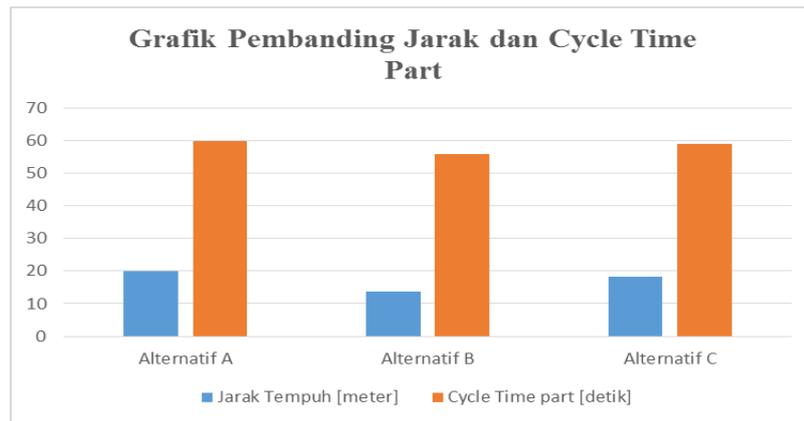


Gambar 3.8 Rancangan Layout C



Gambar 3.9 TSKK rancangan layout C

3.4 PEMILIHAN ALTERNATIF LAYOUT



Gambar 3.10 Grafik Pembanding Jarak dan Cycle Time Rancangan Layout

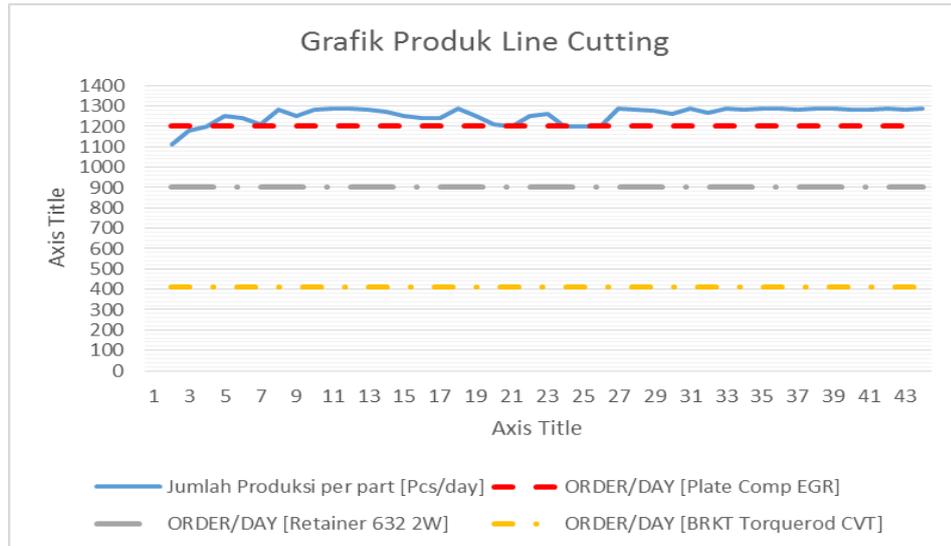
Berdasarkan grafik diatas, alternatif rancangan layout B memiliki nilai Cycle Time Target yang paling kecil dan jarak perpindahan man power yang paling kecil, sedangkan alternatif rancangan Layout A dan Rancangan Layout B memiliki waktu siklus target dan jarak perpindahan man power yang lebih besar. Nilai CT target pada rancangan layout B dan rancangan layout C juga memiliki nilai lebih kecil atau sama dengan tak time line cutting, sedangkan rancangan layout C memiliki CT yang lebih besar dari tak time line cutting. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa alternatif rancangan layout B adalah alternative layout line cutting otomatis yang dipilih untuk dibuat dilapangan.

3.5 DATA SETELAH RELAYOUT

A. WAKTU STANDARD PRODUKSI

Pengukuran waktu dilakukan sebanyak 16 kali untuk tiap elemen kerjanya, dari pengukuran yang telah dilakukan 16 sample yang diambil berada dalam batas kendali, uji kecukupan data yang dilakukan juga sudah memenuhi kriteria cukup untuk tiap – tiap elemen kerja. Waktu siklus didapat setelah pengukuran dilakukan sebesar 51.81 [detik], sedangkan waktu normalnya sebesar 48.18 [detik], dengan factor penyesuaian skill fair, effort average, kondisi kerja average, konsistensi fair, nilai penyesuaian 0.93. hasil akhir dari pengukuran waktu menggunakan metode jam henti ni adalah waktu standard sebesar 55 [detik], jadi waktu standard produksi /siklus rata - rata line cutting setelah relayout adalah 55[detik].

B. DATA PRODUKSI HARIAN SETELAH RELAYOUT

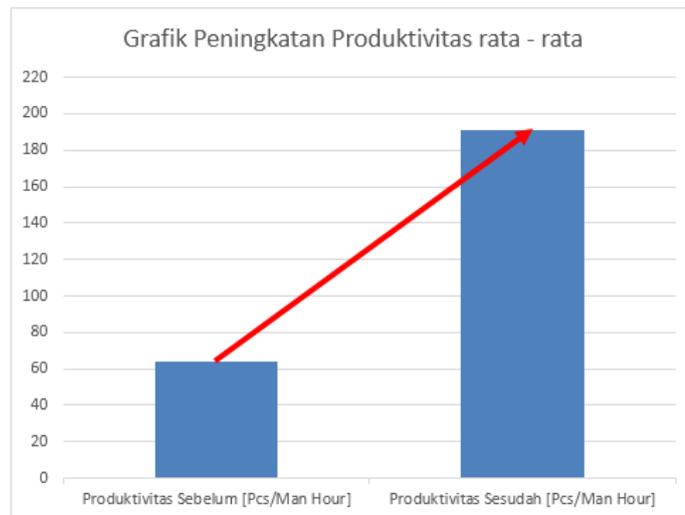


Gambar 3.11 Grafik Produksi Harian Setelah Relayout

Konsep 3 in 1 memiliki efek terhadap jumlah produksi yang dihasilkan, yakni jumlah *output* yang dihasilkan untuk tiap *part*, *Output* rata – rata untuk masing – masing *part* adalah 1256 [Pcs/Hari], nilai ini adalah nilai *output* untuk 1 jenis *part*, artinya dalam 1 kali produksi selama 1 hari (20.75 jam) didapatkan 3769 [Pcs/hari] yang terdiri dari 3 jenis *part*.

C. ANALISA PRODUKTIVITAS

Pada kondisi sebelumnya, yaitu *line cutting* dengan konsep 3 in 3 memiliki nilai produktivitas rata – rata sebesar 64 [Pcs/ManHour]. berdasarkan *resume* laporan harian produksi untuk proses *cutting* selama 43 hari didapatkan nilai produktivitas *manpower line cutting* otomatis sebesar 191 [Pcs/ManHour] dengan *output* rata – rata untuk 3 jenis *part* adalah 3769 [Pcs/hari], jika *output* ini dihitung kedalam bentuk jam kerja maka output perjamnya menjadi 191 [Pcs/Jam].



Gambar 3.12 Grafik Peningkatan Produktivitas

4. KESIMPULAN DAN SARAN

- a. Perancangan sistem kerja dengan konsep 3 in 1 berhasil dengan ditandainya nilai rata – rata produksi harian yang memenuhi jumlah *order* maksimum yang diminta.
- b. Pergantian metode kerja dapat mengoptimalkan pekerjaan *man power cutting* dan meningkatkan produktivitas rata – rata pekerja dari 64 [Pcs/Jam] menjadi 191 [Pcs/Jam].
- c. Besar jarak yang ditempuh oleh *Manpower Cutting* setelah *relayout* dilakukan adalah 13.64 [meter/siklus]
- d. perubahan sistem kerja dan *Relayout* mesin *cutting* otomatis memberikan nilai efisiensi produksi *line* sebesar 97.34%
- e. *Cycle Time* tiap *Part* berubah menjadi *Cycle Time Line*, yaitu sebesar 55 [detik], artinya *ouput* untuk 1 kali proses terdiri dari 3 jenis *part*.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PT. Astra Otopart Divisi Nusametal yang telah bersedia menyediakan fasilitas dan tempat untuk melakukan penelitian.

6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Sitalaksana, R. Anggawisastra, and J.H. Tjakraatmadja, Teknik Perancangan Sistem Kerja, Bandung : ITB, 2006.
- [2] R. S. Ayuningtyas Nasir Widha; Efranto, Remba Yanuar, “ANALISIS PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN EFISIENSI KERJA DENGAN PENERAPAN KAIZEN (Studi Kasus pada PT Beiersdorf Indonesia PC Malang),” *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind.*, no. Vol 2, No 1 (2014), pp. p175-186, 2014.
- [3] S. Kot, “Facility layout redesign for efficiency improvement and cost reduction,” vol. 16, no. 1, pp. 63–74, 2017.
- [4]. F.E.Meyers, *Plant Layout and Material Handling*, 1st ed. United States of America: Regent/Prentice Hall, 1993.
- [5] T. Baroto, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Ghalia Indonesia, 2002.

ANALISIS KERUSAKAN *COMBUSTION CHAMBER* MENGGUNAKAN METODE FMEA DAN RCFA

Irham Faurizal Ramadhan; Cecep Slamet Abadi; Candra Damis Widiawati

*Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425*

irhamiam96@gmail.com

Abstrak

Combustion chamber adalah peralatan yang digunakan sebagai tempat proses pembakaran pada turbin gas. *Combustion chamber* merupakan peralatan yang sangat penting dari PLTG sehingga pada aktivitas pemeliharaan tahunannya selalu dilakukan inspeksi 8000 EOH. Pemeliharaan pada *combustion chamber* sangat penting dilakukan mengingat temperatur api yang terjadi didalamnya sangat tinggi (1800-2000°C) serta titik lebur material *combustion chamber* yaitu 1400°C. Kondisi temperatur tinggi yang dioperasikan secara terus menerus dapat memicu kerusakan pada *combustion chamber* tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebab dan akibat kerusakan *combustion chamber* turbin gas. Sampel dari metode penelitian ini menggunakan hasil uji inspeksi NDT (*Non Destructive Test*) visual test dan penetrant test pada *combustion chamber*. Berdasarkan hasil uji NDT bagian *combustion chamber* yang mengalami kerusakan adalah *main pilot nozzle*, *combustor basket*, *cross flame tube* dan *transition piece*. Kerusakan pada komponen-komponen tersebut dianalisis dengan metode FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*). Pada metode FMEA, tingkat kerusakan tertinggi berdasarkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) adalah *combustor basket* dengan nilai 200. Hasil inspeksi NDT *combustor basket* mengindikasikan terjadi kerusakan *crack* dan *coating loss* pada bagian lapisan permukaan *base material*. *Crack* dan *Coating loss* tersebut diketahui dengan bukti berupa goresan retak antar *welding* dan bentuk pecahan lapisan permukaan serta kerak hasil pembakaran pada *base material*nya. Kerusakan pada *combustor basket* tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan metode RCFA (*Root Cause Failure Analysis*). Pada metode RCFA, kerusakan *combustor basket* dianalisis melalui 5 faktor antara lain, faktor metode atau operasi, faktor manusia, faktor peralatan, faktor material, dan faktor lingkungan. Hasil analisis *combustor basket* mengalami kerusakan *crack* dan *coating loss* yang disebabkan karena faktor metode yaitu hasil perhitungan temperatur api yang terjadi pada keadaan ideal 1961,11°C dan operasi unit dengan pola beban berubah-ubah yang dibuktikan dengan simulasi pembakaran pada *combustor basket* sehingga membuat material mengalami *hot corrosion* yang mengakibatkan *thermal fatigue* pada lapisan permukaan *combustor basket*. Solusi dan rekomendasi yang diberikan adalah penggantian unit baru dan yang lama akan diperbaiki dengan *rewelding* dan *recoating combustor basket* dan menerapkan sistem pemeliharaan yang terencana.

Kata Kunci : *Combustion chamber, Combustor basket, FMEA, Kerusakan, RCFA.*

Abstract

Combustion chamber was a device used as a combustion process in a turbine gas. The combustion chamber was a very important tool of PLTG at this time which was always done 8000 EOH inspection. Maintenance on the combustion chamber was very important because the temperature was very high (the temperature range 1800-2000 °C) and the melting point of the combustion chamber was 1400°C. High temperature conditions could be operated on the combustion chamber. This study aimed to analyze the cause and effect of turbine gas damage. The sample of this research method used visual test of NDT (*Non Destructive Test*) visual test and penetrant test on combustion chamber. Based on the NDT test results of the combustion chamber which was the main damage of the pilot nozzle, the combustor basket, the cross flame tube and the transition section. Damage of these components is analyzed by FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) method. In the FMEA method, the level of damage based on the RPN value (*Risk Priority Number*) was a combustion basket with a value of 200 point. NDT combustion basket inspection results are used to break cracks and coating on the base material. Cracking and coating loss could be found by welding and welding on surfaces and materials at the base of the material. Damage of the combustor basket is known further using RCFA (*Root Cause Failure Analysis*) method. In the RCFA method, damage of the combustion basket is analyzed by 5 factor, operation or method factors, man factors, machine factors, material factors and environmental factors. The results of combustor basket analysis of crack damage and coating losses caused by operation or method factors were the result of the calculation of temperature that occurs in the ideal state 1961,11°C and the operating unit with the variable change pattern evidenced by simulatio of the reaction burn on a combustor basket that making material been heat corrosion that causes thermal fatigue on the surface material combustor basket. Solutions and recommendations provided were replacement of newcombustor basket and the old units would be repaired by rewelding and recoating combustor basket and provision of planned maintenance systems.

Keywords : *Combustion chamber, Combustor basket, Damage,, FMEA, RCFA.*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permasalahan saat ini pada pembangkit X adalah terjadinya kerusakan material yang terjadi di beberapa komponen *hot gas path* salah satunya yaitu *combustion chamber* atau ruang bakar. Kerusakan yang terjadi dapat mengakibatkan proses pembakaran di ruang bakar menjadi tidak sempurna serta dapat mengganggu jalannya aliran gas panas menuju sudu turbin. Tingginya proses temperatur api pembakaran di komponen tersebut dapat menyebabkan kerusakan material pada *combustion chamber*. Pemeliharaan *combustion chamber* biasa dilakukan secara periodik yaitu saat melakukan kegiatan inspeksi (*overhaul*). *Combustion chamber* yang telah melewati masa operasinya harus segera dilakukan inspeksi (*overhaul*) agar dapat mengetahui kondisi komponen selama jam operasi. Inspeksi yang dilakukan pada *combustion chamber* yaitu salah satunya dengan menguji kondisi komponen menggunakan cara *NDT* (*Non Destructive Test*). Inspeksi *NDT* dapat melihat seberapa besar kondisi komponen apakah dapat digunakan kembali, direkondisi atau harus diganti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi kerusakan komponen *combustion chamber* yang dicek melalui metode *NDT* kemudian dianalisis dengan metode *FMEA* dan *RCFA* serta solusi mengatasi kerusakan yang terjadi.

II. METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penelitian sebagaimana telah disebutkan diatas, maka dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

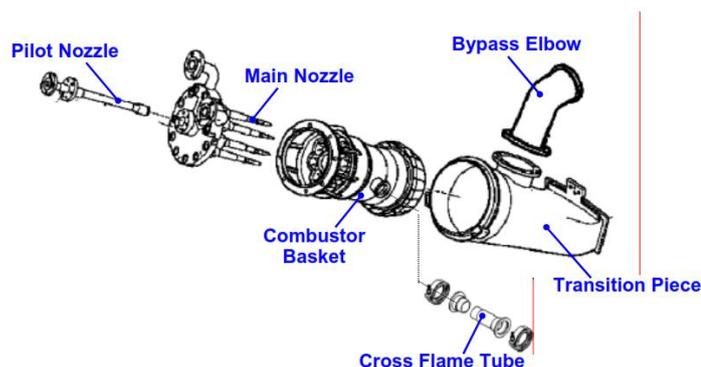
a. Pengumpulan Data

Dilakukan pengumpulan data berupa spesifikasi pada *combustion chamber*, inspeksi *NDT combustion chamber*, *history combustion inspection*, komposisi material *combustion chamber*, komposisi gas bahan bakar, pengukuran alignment *combuster basket* dengan *transition piece*, pola beban operasi, dan komposisi udara *ambient*.

b. Identifikasi Komponen

Combustion chamber

Ruang Bakar adalah suatu peralatan pada turbin gas yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pembakaran. Gas turbin mempunyai beberapa *combustion chamber* yang dipasang mengelilingi turbin. Tekanan dan temperatur gas pembakaran pada setiap *combustion chamber* harus dijaga agar tetap sama sehingga menghindari terjadinya *unbalance* serta *thermal fatigue* pada komponen *combustion chamber* maupun sudu-sudu turbin. Bagian-bagian utama dalam *combustion chamber* antara lain :



Gambar 2.1 Posisi Komponen Dry Low Nox Combustion chamber

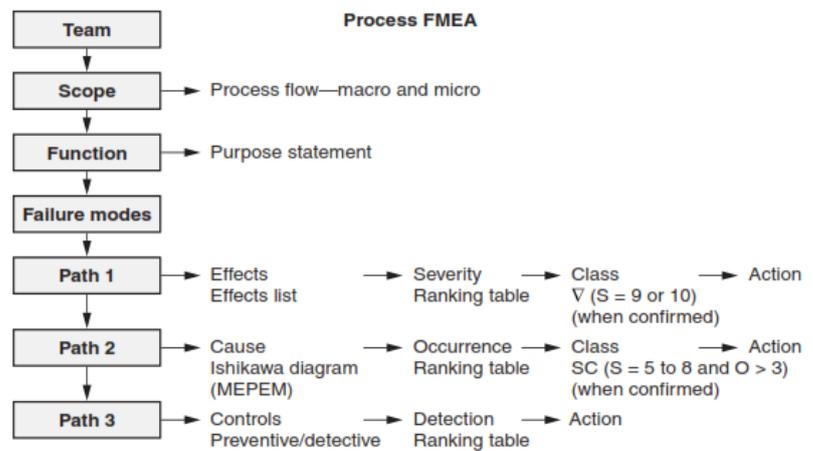
c. Pengolahan Data

Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) adalah suatu metode yang dapat mengidentifikasi sebuah kerusakan yang terjadi dan mengetahui cara menangani efek yang ditimbulkan untuk mencegah kerusakan tersebut terjadi kembali [1]. *FMEA* memiliki tujuan khusus yaitu membantu mendefinisikan, mengidentifikasi, dan memprioritaskan kerusakan yang berpotensi merusak kerja sistem serta menyelesaikan kerusakan dengan rencana aksi yang ditetapkan sehingga dapat meminimalkan resiko kerusakan yang terjadi. Proses *FMEA* sangat bergantung pada nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Dari 3 faktor tersebut akan menghasilkan nilai *risk priority number (RPN)*. *RPN* adalah inti nilai dari *FMEA* yaitu penilaian yang bertujuan untuk membuat ranking pada

kerusakan objek yang terjadi. Angka RPN didapatkan berdasarkan hasil perkalian dari *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

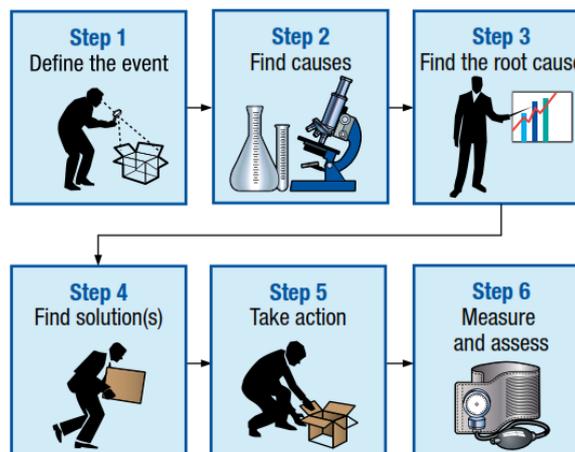
$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$



Gambar 2.2 Proses FMEA [2]

Root Cause Failure Analysis (RCFA)

RCFA adalah sebuah metode yang dapat mengidentifikasi sebuah komponen melalui proses pengungkapan fakta-fakta melalui kerusakan kompone yang terjadi. Setelah masalah selesai didefinisikan, analisis secara sistematis menentukan tindakan terbaik yang akan menyelesaikan kerusakan dan memastikan bahwa kerusakan tidak terulang [3].



Gambar 2.3 Langkah-langkah RCFA [3]

d. Perhitungan Reaksi Pembakaran

Pada perhitungan reaksi pembakaran, penggunaan formula untuk mengetahui temperatur proses pembakaran yang terjadi didalam *combuster basket* serta membandingkan temperatur hasil perhitungan dengan standar komponen.

e. Analisis Data

Metode FMEA

Pada tahap ini hasil uji inspeksi NDT akan dimasukkan kedalam format *worksheet* FMEA. Pada kegiatan FMEA tersebut akan dibuat prioritas berdasarkan pentingnya dari sebuah kerusakan. Prioritas tersebut dibuat dengan cara menghitung nilai RPN (*Risk Priority Number*). Hasil inspeksi yang telah dilakukan perhitungan RPN akan diurutkan sesuai dengan nilai yang paling tinggi sampai terendah. Dari setiap kerusakan yang telah terdeteksi akan dilakukan analisis sebab dan akibatnya. Setelah mengetahui dampak yang berpotensi akan terjadi maka akan dibuat tindakan pencegahannya sehingga dapat meminimalkan kerusakan pada komponen untuk operasi selanjutnya

Metode RCFA

Pada tahap ini kegiatan RCFA akan dilakukan pada komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi berdasarkan data laporan FMEA dan data histori kerusakan komponen. Data yang akan dijadikan

untuk RCFA akan dilakukan dengan metode *Ishikawa Diagram* atau biasa dikenal dengan *Fishbone diagram*. Pada RCFA kerusakan tersebut akan dianalisis akar penyebab dari suatu kerusakan dengan menggunakan alur *fishbone diagram* melalui faktor-faktor dari *man, measurements, material, environment, methods, and equipment*. Dari kegiatan tersebut akan diketahui apa penyebab utama terjadi kerusakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil NDT *Combustion chamber*

Tabel 4.1 Hasil Inspeksi NDT *Combustion chamber*

No	Komponen	Inspeksi			Hasil	Status	Keterangan
		Qty	Area	Metode			
1	Tophat	20	Surface	VT	Tidak terjadi Indikasi	All Acceptable	Cleaning - Reuse
			Outer Surface	PT			
2	Main / Pilot Nozzle	20	Surface	VT	<ul style="list-style-type: none"> • Dent • Crack 	14 Pcs Unacceptable	Repair and Replace
			On Weld	PT		6 Pcs Unacceptable	
3	Combustor Basket	20	Surface	VT	<ul style="list-style-type: none"> • Coating Loss • Crack • High Temp Oxidation 	20 Pcs Unacceptable	Repair and Replace
			Outer Surface	PT			
4	Transition Piece	20	Surface	VT	<ul style="list-style-type: none"> • Crack • Dent • Coating Loss 	11 Pcs Unacceptable	Repair and Replace
			Outer Surface	PT			
5	Bypass Elbow	20	Surface	VT	<ul style="list-style-type: none"> • Deformasi • Crack 	9 Pcs Acceptable in Tolerance	2 Pcs Replace and Others Reuse
			Outer Surface	PT		2 Pcs Unacceptable Others Acceptable	
6	Cross Flame Tube	20	Surface	VT	<ul style="list-style-type: none"> • Coating Loss 	20 Pcs Acceptable in Tolerance	Reuse
			Outer Surface	PT			

Berdasarkan tabel 4.1 *Combustor basket* menjadi salah satu komponen yang menerima banyak indikasi kerusakan seperti *crack, coating loss* dan *high temp oxidation* dan memiliki status *20 unacceptable*. Status *unacceptable* menandakan komponen tersebut tidak layak digunakan sebelum mengalami perbaikan. Kerusakan yang terjadi pada komponen *combustion chamber* dianalisis lebih lanjut dengan metode FMEA dan RCFA.

2. Analisis FMEA

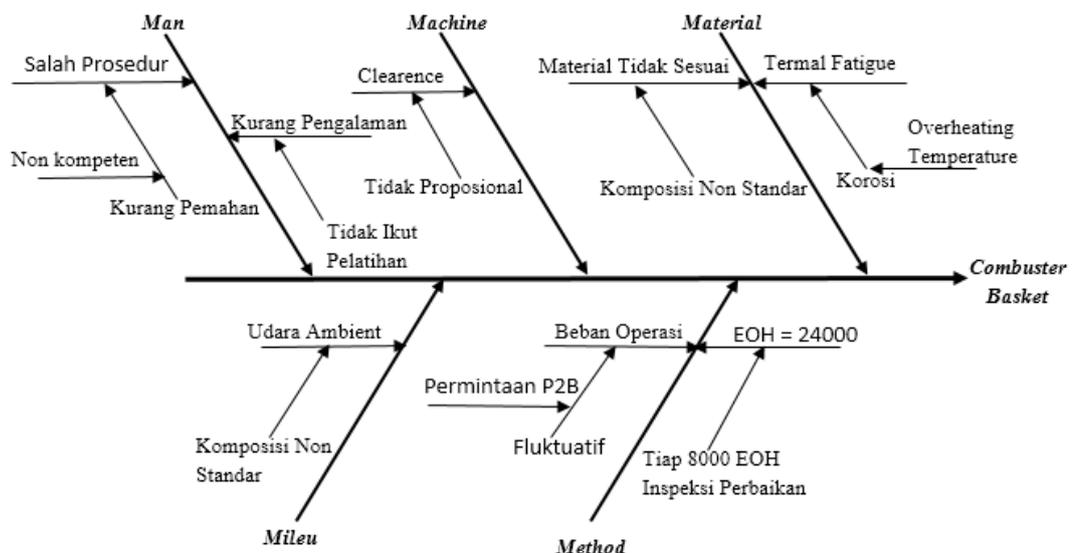
Tabel 4.2 Worksheet FMEA

Nama Komponen	Bentuk Kerusakan	Efek Kerusakan	Severity	Sebab Kerusakan	Occurrence	Pengendalian Kerusakan	Detection	RPN
<i>Combustor Basket</i>	Crack	Proses pembakaran tidak sempurna dan dapat terjadi kebocoran gas hasil pembakaran	8	Terjadi proses hot corrosion sehingga timbul fatigue pada material	5	Repair dengan welding	5	200
<i>Main Pilot Nozzle</i>	Crack	<i>Pilot Nozzle</i> mengalami kebocoran gas sehingga dapat meledak	9	Terjadi proses temperatur oksidasi tinggi dan <i>spray</i> bahan bakar kurang baik	4	Repair dengan welding	5	180

Combustor Basket	Coating Loss	Dapat merusak base material	6	Aliran gas pembakaran menabrak dinding-dinding komponen	7	Repair dengan memberi coating ulang	4	168
Transition Piece	Crack	Proses aliran <i>thermal</i> terganggu menuju vane segment turbin row 1	8	Terjadi proses hot corrosion sehingga timbul fatigue pada material	5	Repair dengan welding	4	160
Transition Piece	Coating Loss	Dapat merusak base material	7	Aliran gas pembakaran menabrak dinding-dinding komponen	7	Repair dengan memberi coating ulang	3	147
Main Pilot Nozzle	Dent	Proses injeksi bahan bakar kurang maksimal	6	<i>Pilot Nozzle</i> kotor atau tersumbat sehingga bahan bakar gas yang keluar menabrak dinding <i>nozzle</i>	7	Repair atau replace	3	126

Berdasarkan tabel 4.2 diketahui bahwa komponen *combustor basket* mengalami *crack* dengan nilai RPN paling tinggi sebesar 200. Hal tersebut menandakan bahwa komponen tersebut memiliki potensi kerusakan tinggi terhadap sistem *combustion chamber* unit PLTG. Efek kerusakan yang diberikan yaitu Proses pembakaran tidak sempurna dan lebih fatalnya terjadi kebocoran gas hasil pembakaran karena terdapat *crack* yang mengindikasikan komponen mengalami *fatigue*. *Fatigue* terjadi pada komponen dipengaruhi oleh proses *hot corrosion* yang berawal dari *high temperatur oxidation*. Sedangkan komponen yang memiliki kerusakan *coating loss*, efek kerusakan yang diberikan yaitu dapat merusak lapisan permukaan dan apabila terjadi terus-menerus akan merusak base material. *Coating loss* juga disebabkan melalui aliran gas pembakaran menabrak dinding-dinding komponen sehingga mengalami *erosi corrosion* saat keadaan *high temperatur oxidation*.

3. Analisis RCFA Fishbone Diagram



Gambar 4.2 Fishbone Diagram

Berdasarkan gambar 4.2 diketahui bahwa terdapat kemungkinan potensi yang menyebabkan kerusakan pada *combustor basket*. Potensi tersebut didapatkan berdasarkan hasil diskusi teknisi mekanik PT. X yang disesuaikan dengan teori yang ada. Potensi penyebab kerusakan tersebut akan dianalisis secara bertahap lebih lanjut.

Analisis Pembuktian Masalah

a. Faktor Material

- **Penggunaan Material Tidak Sesuai**

Tabel 4.3 Komposisi Kimia Material Hastelloy X

Hastelloy X	
Nikel	44%
Crom	23%
Ferum	20%
Molybdenum	10%
Cobalt	2.5%

Berdasarkan tabel 4.3 Material *Hastelloy X* mengalami hot corrosion akibat fluida tinggi yang mengalir di dalamnya secara turbulen. *Hastelloy X* memiliki kandungan logam nikel yang pada dasar sifatnya memiliki kekuatan terhadap temperatur tinggi titik lebur hingga 2500°F. Jenis material tersebut juga memiliki ketahanan korosi yang baik. Secara umum, *Hastelloy X* sudah banyak diaplikasikan pada mesin jet, turbin gas dan *furnace*. Jadi pada penelitian ini kesalahan penggunaan material tidak dapat terbukti karena material tersebut sudah memiliki spesifikasi yang cocok dan sudah diuji oleh pihak manufaktur.

- **Hasil Perhitungan Reaksi Pembakaran Gas Bahan Bakar**

Proses pembakaran dapat terlihat dari reaksi pembakaran akan menghasilkan temperatur api secara ideal yang terjadi pada *combuster basket* [5].

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Gas Bahan Bakar [6]

Komponen	Simbol	Persentase mol (%)	Kalor Pembakaran (KJ/mol)	Kalor Persentase (KJ)	Kebutuhan Bahan Bakar (Kg)	Kebutuhan O ₂ (Kg)	Hasil CO ₂ (Kg)	Hasil H ₂ O (Kg)
Metana	CH ₄	92,675	802	743,25	0,0148	0,059	0,0407	0,033
Etana	C ₂ H ₆	3,640	1561	56,82	0,0011	0,0041	0,0032	0,0013
Propana	C ₃ H ₈	2,369	2220	52,39	0,0010	0,0038	0,0031	0,0017
Butana	C ₄ H ₁₀	1,191	2878	34,28	0,00069	0,0025	0,0021	0,0011
Jumlah				886,94	0,0176	0,0697	0,049	0,037

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Gas Emisi [7]

Komponen	Simbol	Persentase (%)	Cp saat 1673 K (KJ/Kg K)	Cp Persentase (KJ/KgK)
Karbon Monoksida	CO	7,22	1,2688	0,092
Karbon Dioksida	CO ₂	4,8	1,340	0,064
Sulfur Dioksida	SO ₂	2,46	0,905	0,022
Nitrogen	N ₂	70,48	1,256	0,885
Oksigen	O ₂	15	1,1526	0,173
Jumlah				1,24

Karena udara memiliki kandungan oksigen dan nitrogen dengan perbandingan massa N₂ : O₂ = 3,31 : 1, maka terdapat hasil gas nitrogen dengan jumlah :

$$N_2 = 0,0697 \times 3,31 = 0,231 \text{ Kg}$$

Sehingga hasil gas pembakaran akan terdiri dari : $m_c = 0,049 + 0,037 + 0,231 = 0,32 \text{ Kg}$

- **Reaksi Temperatur Api Pembakaran**

$$Q_c = m_c \times C_c \times t_c$$

$$886,94 \text{ KJ} = 0,32 \text{ Kg} \times 1,24 \text{ KJ/KgK} \times t_c$$

$$886,94 \text{ KJ} = 0,397 t_c \text{ KJ/K}$$

$$t_c = 886,94 \text{ KJ} / 0,397 \text{ KJ/K}$$

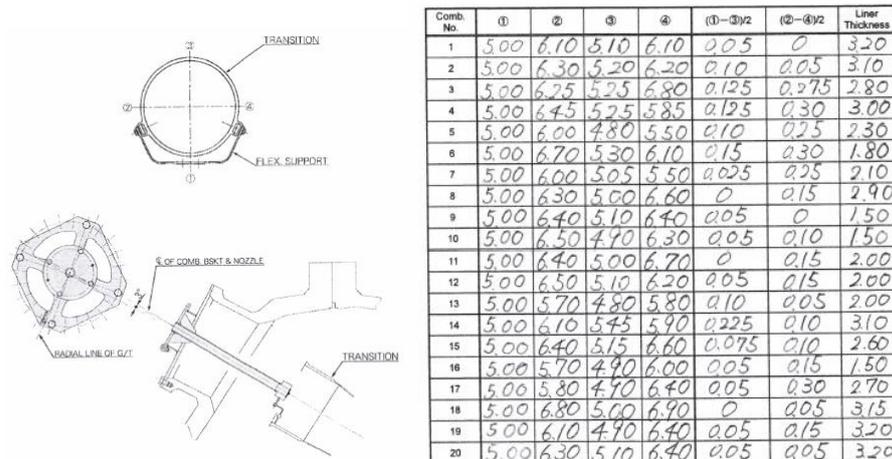
$$t_c = 2234,11 \text{ K}$$

$$t_c = 1961,11 \text{ }^\circ\text{C}$$

Berdasarkan hasil perhitungan reaksi temperatur api pembakaran, temperatur api yang terjadi pada proses pembakaran sangat tinggi yaitu 1961,11°C. Pada hasil temperatur (1961,11°C), hasil yang

didapat melebihi batas titik lebur material yaitu 1400°C. Material *hastelloy X* dilindungi oleh keramik sehingga pada temperatur tersebut akan menyerang lapisan keramik terlebih dahulu. Pada sisi permukaan *combustor basket* terdapat lubang udara yang membantu proses pendinginan namun proses pembakaran tersebut dapat memicu timbulnya *overheating* pada *combustor basket*. *Overheating* akan menimbulkan korosif pada permukaan. Jika proses terus berlanjut dengan temperatur tinggi dan terjadinya aliran *turbulence* tinggi didalamnya akan menimbulkan erosi material yaitu pengikisan lapisan permukaan atau bisa disebut dengan *coating loss*. Selain *coating loss* dapat menyebabkan *cracking* dari proses *thermal fatigue*.

b. Faktor Machine



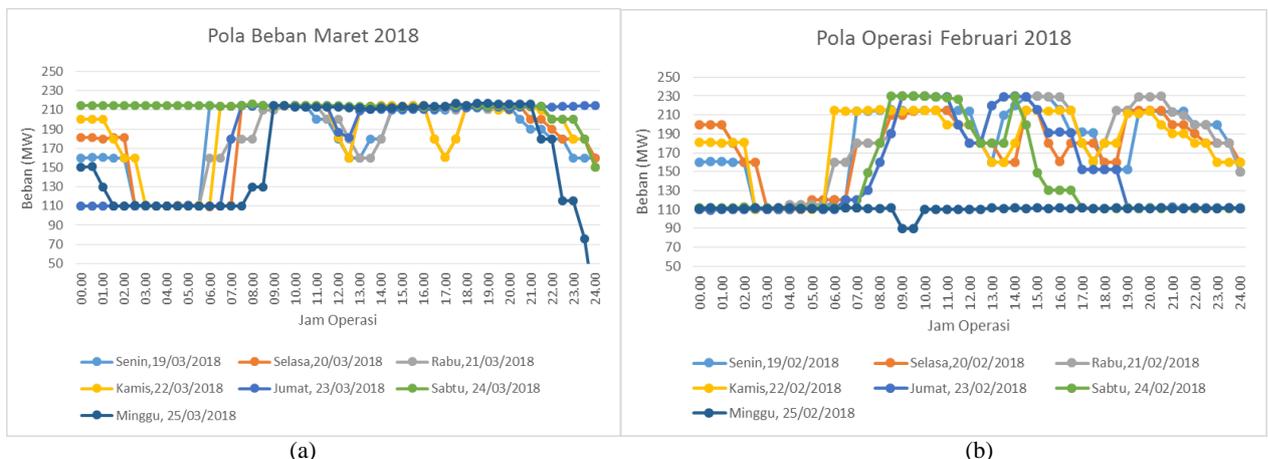
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Clearance Combustor basket-Transition Piece

Berdasarkan gambar 4.3 data hasil pengukuran *alignment* dilihat bahwa komponen *combustor basket* dengan *transition piece* masih dalam ketentuan standar. Standar proses *alignment* untuk *combustor basket* dengan terhadap *transition piece* yaitu maksimal 0,5 mm hasil pengurangan terhadap sisi (1-3/2) dan (2-4/2) artinya *combustor basket* berada tepat ditengah-tengah masuk *transition piece*. Hasil pengukuran *alignment* tersebut tidak dapat membuktikan bahwa penyebab kerusakan pada *combustor basket* melalui *missalignment* antara *combustor basket* dengan *transition piece*.

c. Faktor Method

• Beban Operasi

Pada pembangkit PT. X beban operasi turbin gas yang digunakan berfluktuatif pada tiap harinya. Berikut penggunaan beban operasi PT. X turbin gas.

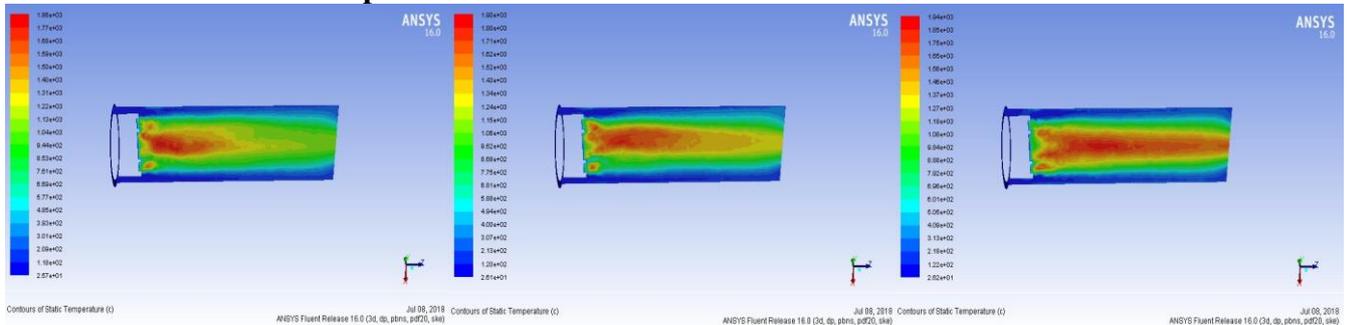


(a) Gambar 4.4 Grafik Pola Beban Operasi Maret 2018 (tanggal 19-25)

(b) Gambar 4.5 Grafik Pola Beban Operasi Februari 2018 (tanggal 20-26)

Berdasarkan gambar 4.4 hingga gambar 4.5 pola beban yang dihasilkan berfluktuatif tiap harinya. Pola beban berubah-ubah mempengaruhi kinerja pembakaran pada *combuster* basket. Pembakaran pada beban tinggi akan menghasilkan temperatur pembakaran tinggi juga dan sebaliknya pembakaran pada beban rendah akan menghasilkan temperatur yang rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa temperatur yang terjadi didalam *combuster basket* mengalami fluktuatif dan dapat mengakibatkan *thermal fatigue* pada materialnya.

• Simulasi Difusi Temperatur *Combuster Basket*



(a) Gambar 4.6 Difusi temperatur *combuster basket* pada beban 50MW dengan laju alir bahan bakar 131,99 Kg/s
 (b) Gambar 4.7 Difusi temperatur *combuster basket* pada beban 150MW dengan laju alir bahan bakar 359,98 Kg/s
 (c) Gambar 4.8 Difusi temperatur *combuster basket* pada beban 230MW (maks) dengan laju alir bahan bakar 607,18 Kg/s

Berdasarkan gambar 4.6 hingga gambar 4.8 memperlihatkan bahwa temperatur pembakaran yang terjadi di *combuster basket* mengalami peningkatan. Peningkatan temperatur terjadi berdasarkan kenaikan laju alir bahan bakar dan kenaikan beban. Temperatur pada dinding atas dan bawah *combuster basket* relatif sama sedangkan di area tengah memiliki temperatur yang meningkat. Hal tersebut terjadi karena beban yang diminta mempengaruhi peningkatan atau penurunan bahan bakar dan udara yang terkompres oleh kompresor sehingga laju alir bahan bakar dan udara menjadi fluktuatif [8].

• Equivalent Operating Hours (EOH)

Combuster basket memiliki jumlah nilai 24000 EOH artinya setiap 24000 EOH *combuster basket* harus diganti dengan komponen yang baru.

Tabel 4.6 EOH tiap inspeksi

Tahun	2013	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Mulai	18/01/13	07/06/13	19/04/14	05/03/15	02/02/16	01/02/17	26/3/18
Selesai	23/01/13	21/06/13	24/05/14	16/03/15	07/03/16	14/02/17	10/5/18
Standar EOH	4000	8000	16000	24000	32000	40000	48000
EOH Tercapai	4600	7896	15742	23394	31245	39276	47799
Tipe	SCI	CI	TI	CI	TI	CI	MI

Berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa *combuster basket* harus mengalami perbaikan setiap kali inspeksi yaitu sekitar 8000 EOH. Saat ini penanganan yang dilakukan dengan memperbaiki secara *rewelding* dan *recoating*.

d. Faktor Mileu

• Udara Ambient

Tabel 4.7 Parameter Kualitas Komposisi Udara Ambient

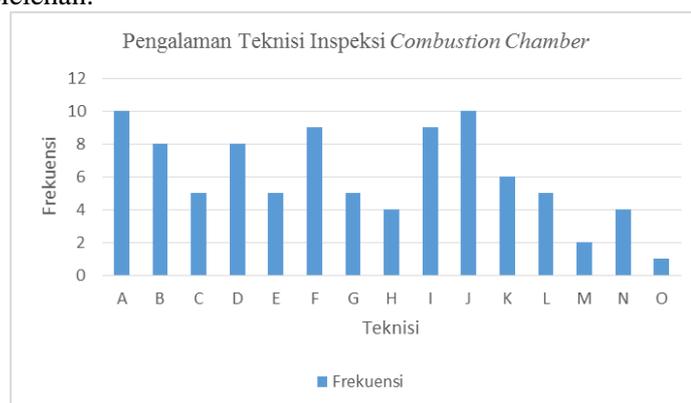
Kualitas Komposisi Udara Ambient PLTGU PT. X Blok 3					
Tanggal Pengujian				26 Januari 2017	21 Februari 2018
No	Parameter	Satuan	Standar	Hasil	Hasil

1	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	400	<31	<31
2	TSP (Debu)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	230	<5	11
3	Timbal (Pb)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	2	<0,25	<0,25
4	Sulfur Dioksida (SO ₂)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	900	<58	<58
5	Oksidan (O ₃)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	200	9	<7
6	Hidrokarbon (HC)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	160	<92	<92
7	Karbon Monoksida (CO)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	24000	<1145	<1145
8	PM 10 (partikel <10 micro meter)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	150	82	63
9	PM 10 (partikel <2,5 micro meter)	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	65	35	48
10	Kebisingan	dB (A)	70	64	65
11	Kecepatan Angin	m/s		2,6	1,9
12	Suhu	°C	15	28,7	30,7
13	Kelembaban	%	60	72,4	66
14	Arah Angin			B-T	B-T
15	Tekanan Udara	mmHg	Sea Level	759	759

Berdasarkan tabel 4.7 diketahui bahwa udara *ambient* yang digunakan untuk proses produksi listrik PLTG masih tetap didalam standar. Namun diluar komposisi udara *ambient* terdapat faktor suhu dan kelembaban yang melebihi dari standarnya yang ditetapkan ISO 2314. Semakin tinggi udara *ambient* dan kelembaban masuk kompressor maka semakin tinggi juga udara hasil kompresi yang akan masuk *combustor basket* dan ketika terjadi proses pembakaran maka semakin tinggi juga temperatur pembakaran yang terjadi didalamnya [9]. Jadi faktor udara *ambient* dalam hal komposisi tidak membuktikan sebagai salah satu penyebab kerusakan *combustor basket* namun perlu diperhatikan pada kondisi suhu dan kelembaban udara yang melebihi standar ISO 2314 yang dapat mempengaruhi temperatur pembakaran.

e. Faktor Man

Indikasi penyebab kerusakan komponen pada faktor kesalahan manusia seperti penggunaan *tools* yang salah, pengukuran yang diambil tidak akurat, tidak memiliki sertifikat kompeten dalam bidangnya dan teknisi mengalami kelelahan.



Gambar 4.10 Grafik Pengalaman Teknisi Dalam Inspeksi

Berdasarkan gambar 4.10 hasil quisioner pengalaman teknisi melakukan *combustion inspection* bahwa teknisi memiliki pengalaman yang cukup. Dari pengalaman yang cukup dapat dikatakan teknisi memiliki pengetahuan dan berkompeten dalam bidangnya. Setiap teknisi memiliki WO (*work order*) sebelum melakukan pekerjaan dan dilengkapi dengan dokumen standar operasional prosedur dan APD lengkap. Setiap penggunaan peralatan selalu dicek atau dikalibrasi untuk pengukuran telah sesuai dengan list *tools* inspeksi. Pekerjaan inspeksi dilakukan selama 14 jam termasuk 4x jam istirahat sehingga asumsi kelelahan pada teknisi dapat dihindari.

IV. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis metode FMEA jenis kerusakan pada *combustion chamber* yang memiliki nilai tertinggi 200 adalah *combustor basket* dengan bentuk kerusakan mengalami *crack*. Jenis kerusakan pada komponen tersebut mengakibatkan proses pembakaran tidak sempurna yang disebabkan oleh *hot corrosion* sehingga menimbulkan *thermal fatigue* pada material.
2. Berdasarkan hasil analisis metode RCFA penyebab kerusakan pada *combustor basket* mengalami *crack* adalah hasil reaksi temperatur api pembakaran sebesar 1961,11°C melebihi batas titik lebur material 1400°C. Material *hastelloy X* dilindungi oleh keramik sehingga pada temperatur tersebut akan menyerang lapisan keramik terlebih dahulu. Pada sisi permukaan *combustor basket* terdapat lubang udara yang membantu proses pendinginan. Tingginya temperatur yang berlebih akan menimbulkan *overheating* pada komponen. Selain disebabkan temperatur api pembakaran tinggi, pola beban operasi juga dapat mempengaruhi *thermal fatigue* pada komponen.
3. Berdasarkan hasil simulasi difusi temperatur api pembakaran pada *combustor basket*, pengaturan beban terhadap laju alir bahan bakar dan udara sangat mempengaruhi proses pembakaran. Semakin tinggi beban yang diberikan maka laju alir bahan bakar dan udara meningkat dan menimbulkan temperatur pembakaran yang lebih panas dibandingkan dengan pada beban rendah.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mc Dermott. Robin E, Mikulak. Raymond J, Beauregard. Michael R, "*The Basic FMEA 2nd ed*", CRC Press, USA, 2008.
- [2]. Stamatis. D.H, "*The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*", ASQ Quality Press, USA, 2014.
- [3]. Andersen. Bjorn, Fagerhaug. Tom Natland, "*The ASQ Pocket Guide to Root Cause Analysis*", ASQ Quality Press, USA, 2013.
- [4]. Mitsubishi Heavy Industries, "PT PLN TANJUNG PRIOK GAS FIRED POWER PLANT EXTENSION PROJECT (740MW) M701F", 2008.
- [5]. Desmukh. V. Yeshvant, "Industrial Heating : Principles, Technique, Materials, Application and Design", CRC Press, USA, 2005.
- [6]. Engineering ToolBox, (2017). *Heat of combustion*, https://www.engineeringtoolbox.com/standard-heat-of-combustion-energy-content-d_1987.html [diakses pada 06 Mei 2018]
- [7]. Engineering ToolBox, (2003). *Specific Heat and Individual Gas Constant of Gases*. https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-gases-d_159.html [diakses pada 06 Mei 2018]
- [8]. Manurung. Efendi, "*SIMULASI PEMBAKARAN PADA RUANG BAKAR TURBIN GAS MIKRO PROTO X-1*", Universitas Indonesia, Jakarta, 2011.
- [9]. Hizbullah. Muhammad, "*KAJIAN SISTEM PENDINGIN UDARA MASUK TURBIN GAS UNTUK MENAIKKAN DAYA OUTPUT TURBIN GAS PLTG GILIMANUK YANG BEROPERASI PADA WAKTU BEBAN PUNCAK*", Universitas Indonesia, Jakarta, 2014.

PERENCANAAN PERAWATAN MESIN WINDER TW 563 DI PT. X

Prajudi Setiawan Senoadji¹, Muhammad Zakinura²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034

Email: prajudists8@gmail.com

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Mesin WINDER TW 563 merupakan mesin dengan sistem mekanik serta pneumatik sebagai alat penggulung benang dengan tujuan mempercepat proses produksi dalam membuat gulungan benang dengan spesifikasi yang beragam. Sebagai alat proses penggulangan benang yang memiliki peranan penting pada proses produksi PT. X, apabila komponen kritis Mesin WINDER TW 563 mengalami kerusakan maka proses produksi akan terhenti dan akan menghasilkan produk yang gagal.

Latar belakang permasalahan yang terjadi adalah tingginya waktu downtime selama satu tahun untuk perbaikan komponen komponen Mesin WINDER TW 563 yaitu sebesar 865 menit, maka dibutuhkan bentuk pemeliharaan perawatan pereventif khususnya untuk komponen komponen kritis pada Mesin WINDER TW 563. Berdasarkan latar belakang, untuk mencapai tujuan tersebut maka pendekatan yang dilakukan adalah dengan menentukan interval waktu penggantian dan interval waktu pemeriksaan untuk membuat jadwal pemeliharaan komponen kritis Mesin WINDER TW 563 menggunakan metode Age Replacement. Penentuan jadwal pemeliharaan komponen kritis Mesin WINDER TW 563 didapatkan berdasarkan kebutuhan dan pengolahan data. Menggunakan metode diagram Pareto (Pareto chart) untuk menentukan komponen komponen kritis Mesin WINDER TW 563 lalu dilakukan perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR) berdasarkan distribusi probabilitas yang sesuai untuk mendapatkan interval penggantian dan pemeriksaan tiap tiap komponen kritis Mesin WINDER TW 563.

Berdasarkan pengolahan data, didapatkan 3 komponen kritis Mesin WINDER TW 563 yaitu Traverse Cassette, Wave Guide, dan Pusher. Komponen Traverse Cassette memiliki interval penggantian yaitu 4250 jam dan memiliki interval pemeriksaan 684 jam, komponen Wave Guide memiliki interval penggantian yaitu 8250 jam dan interval pemeriksaan 400 jam, Komponen Pusher memiliki interval penggantian yaitu 4750 jam dan interval pemeriksaan 274 jam. Jadwal pemeliharaan komponen kritis Mesin WINDER TW 563 tersusun pada Gantt Chart Perawatan berdasarkan interval penggantian dan pemeriksaan tiap tiap komponen kritis Mesin WINDER TW 563.

Kata Kunci: Mesin WINDER, Downtime, Jadwal Pemeliharaan

Abstrack

WINDER TW 563 is a machine with a mechanical system and pneumatic as a roller yarn with the aim of speeding up the production process in making thread rolls with diverse specifications. As a tool of yarn rolling process that has an important role in the production process of PT. X, if the critical component of WINDER TW 563 Machine is damaged then the production process will be stopped and will produce the failed product.

The background of the problem occurring is the high time downtime for one year to repair components of WINDER TW 563 Machine that is equal to 865 minutes, hence required form of maintenance specially for critical components of WINDER TW 563 Machine. Based on background, to reach that goal then the approach taken is to determine the time interval of replacement and inspection time interval to make the maintenance schedule critical components WINDER TW 563 Machine using Age Replacement method. Determination of maintenance schedule of critical components WINDER TW 563 machine obtained based on needs and data processing. Using Pareto chart method to determine the critical component component of WINDER TW 563 Machine then calculate Mean Time To Failure (MTTF) and Mean Time To Repair (MTTR) based on the appropriate probability distribution to get the replacement interval and inspection of each critical components WINDER TW 563 Machine.

Based on data preparation, 3 critical components of WINDER TW 563 are Traverse Cassette, Wave Guide, and Pusher. The Traverse Cassette component has a replacement interval of 4250 hours and has a check interval of 684 hours, the Wave Guide component has a replacement interval of 8250 hours and a 400 hour check interval, the Pusher Component has a replacement interval of 4750 hours and a 274 hour examination interval. The maintenance schedule of the critical components of WINDER TW 563 Machine is arranged on Gantt Chart of Maintenance based on the replacement and inspection intervals of each critical component of the WINDER TW 563 Machine.

Keywords: WINDER MACHINE, Downtime, Maintenance Schedule

1. PENDAHULUAN

Benang sangat penting di kehidupan kita. Beberapa sektor produksi barang ditunjang dengan pemanfaatan benang yang optimal. Contoh pemanfaatan benang ialah dalam pembuatan bahan bahan tekstil bahkan sampai kain penguat ban seperti yang di produksi oleh PT. X [5]

Oleh karena itu, dibutuhkan mesin penggulung benang yang optimal guna menunjang produksi benang yang berkualitas. *Mesin WINDER TW 563* merupakan mesin dengan sistem mekanik, serta pneumatik sebagai alat penggulung benang dengan tujuan mempercepat proses produksi dalam membuat gulungan benang dalam spesifikasi yang beragam. Dengan adanya *Mesin WINDER TW 563* maka waktu proses produksi menjadi lebih cepat dan menghasilkan kualitas serta kuantitas yang tinggi. Untuk menjaga proses produksi tersebut maka setiap komponen mesin harus berada pada keadaan yang baik, karena jika salah satu komponen mesin bermasalah proses penggulangan 3 Bobbin akan terhenti maka produksi benang akan ikut terhenti.

Dan hasil dari observasi lapangan, diketahui permasalahan dalam proses produksi berlangsung selama 24 jam/hari. Berdasarkan data histori kerusakan mesin selama tahun 2017 total *downtime Mesin WINDER TW 563* mencapai 865 menit. Dengan total *downtime* tersebut dinilai merugikan perusahaan karena waktu yang terbuang sehingga mesin ini membutuhkan perawatan untuk meminimasi waktu *downtime*.

Perencanaan perawatan ini diharapkan dapat meminimasi *downtime* kerusakan mesin sehingga produksi benang yang berkualitas dapat terjaga secara optimal.

2. METODE PERENCANAAN

Metode yang digunakan dalam perencanaan ini antara lain :

1. Metode Pengumpulan Data

Metode ini digunakan untuk mengumpulkan studi pustaka berdasarkan pengamatan dalam studi lapangan sehingga dapat menentukan data yang dibutuhkan dalam perencanaan ini, data yang dibutuhkan adalah data historis kerusakan Mesin *WINDER TW 563* tahun 2017 dalam bentuk tabel dari *Maintenance Log Book WINDER TW 563*.

2. Metode Pengolahan Data

Metode ini bertujuan untuk mendapatkan kebutuhan analisa data. Pengolahan data yang digunakan adalah:

- Penentuan komponen kritis menggunakan diagram pareto
- Perhitungan nilai TTF dan TTR komponen kritis
- Pemilihan dan pengujian distribusi terpilih
- Perhitungan nilai MTTF dan MTTR komponen kritis
- Perhitungan *interval* waktu penggantian dan *interval* waktu pemeriksaan komponen kritis
- Perhitungan *availability* komponen kritis

3. Metode Analisa Data

Metode ini digunakan untuk menentukan rekomendasi jadwal perawatan pada Mesin *WINDER TW 563* berdasarkan hasil pembasahan pada metode pengolahan data.

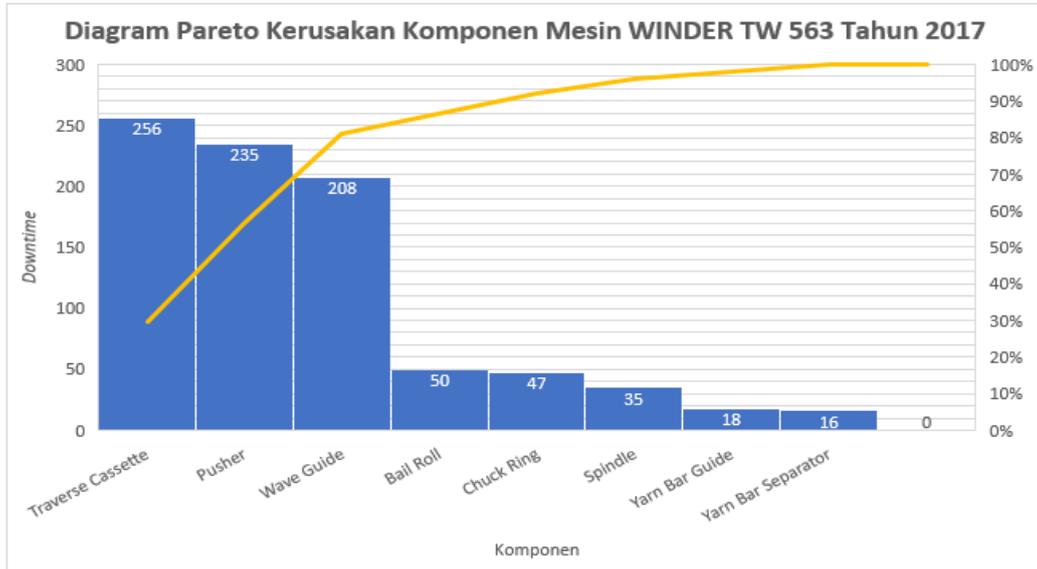
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komponen Kritis

Tabel 3.1 Frekuensi Kerusakan Komponen

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Total Downtime (menit)	Total Downtime Kumulatif	Persentase
1	<i>Traverse Cassette</i>	8	256	256	29%
2	<i>Pusher</i>	8	235	491	56%
3	<i>Wave Guide</i>	7	208	699	80%
4	<i>Bail Roll</i>	5	50	749	86%
5	<i>Chuck Ring</i>	2	47	796	92%
6	<i>Spindle</i>	2	35	831	96%
7	<i>Yarn Bar Guide</i>	1	18	849	98%
8	<i>Yarn Bar Separator</i>	1	16	865	100%

Berdasarkan tabel 3.1 maka diagram pareto kerusakan komponen Mesin WINDER TW 563 dapat dibuat. [2]



Gambar 3.1 Diagram Pareto

Berdasarkan *diagram Pareto (Pareto chart)*, kerusakan komponen digambarkan dari kiri yaitu yang terbesar dan ke kanan untuk kerusakan yang lebih kecil. 80% *downtime* kerusakan mesin disebabkan oleh 3 komponen. Maka perencanaan perawatan ini terfokus pada 3 komponen kritis tersebut, yaitu :

1. Traverse Cassette
2. Pusher
3. Wave Guide

3.2 Penentuan Distribusi Sesuai Untuk Time To Failure (TTF) dan Time To Repair (TTR)

Penentuan distribusi dilakukan berdasarkan perhitungan TTF dan TTR dengan kebutuhan data historis kerusakan mesin.

Model distribusi yang sering digunakan dalam bidang perawatan adalah distribusi *Exponential, Weibull, Lognormal* dan *Normal*. Berikut ini model – model distribusi tersebut ditinjau dari fungsi probabilitas, fungsi distribusi kumulatif dan fungsi keandalan. [3]

1. Distribusi Normal (*Normal Distribution*)
Parameter yang digunakan adalah μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi)
2. Distribusi Lognormal (*Lognormal Distribution*)
Parameter yang digunakan adalah s (parameter bentuk) dan $tmed$ (parameter lokasi) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan
3. Distribusi Weibull (*Weibull Distribution*)
Parameter yang digunakan yaitu θ (parameter skala) dan β yang berguna menentukan tingkat kerusakan pola data yang terbentuk.
4. Distribusi Eksponensial (*Exponential Distribution*)
Parameter yang digunakan adalah λ (laju kerusakan) yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

Berikut merupakan rekapitulasi distribusi sesuai untuk TTF dan TTR komponen kritis.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Distribusi Sesuai untuk TTF dan TTR Komponen Kritis

No.	Komponen	Time To Failure	Time To Repair
1	Traverse Cassette	Distribusi Lognormal	Distribusi Eksponensial
2	Pusher	Distribusi Weibull	Distribusi Weibull
3	Wave Guide	Distribusi Weibull	Distribusi Weibull

3.3 Perhitungan MTTF dan MTTR

Perhitungan MTTF dan MTTR komponen kritis berdasarkan rumus dan parameter masing – masing distribusi terpilih.

3.3.1 Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF adalah nilai rata – rata atau selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh *probability density function* $f(t)$. [1]

Nilai MTTF didapatkan dari hasil perhitungan distribusi yang terpilih dari setiap komponen.

MTTF Distribusi *Lognormal*

- $n = r$ (jumlah Kerusakan)

- $\mu = \bar{x}_i = \sum_{i=1}^n \frac{\ln t_i}{n}$

- $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n-1}}$

- $t_{med} = e^{\mu}$

- $MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$

MTTF Distribusi *Weibull*

- $n = r$ (jumlah kerusakan) = 7

- $b = \beta = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i)}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$

- $\theta = \left[\frac{1}{n} \left[\sum t_i^\beta \right] \right]^{\frac{1}{\beta}} =$

- $MTTF = \theta \times \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$

3.3.2 Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah nilai rata – rata atau nilai yang diharapkan dari waktu perbaikan [1]

Berikut merupakan rekapitulasi nilai MTTF dan MTTR masing – masing komponen kritis.

Nilai MTTR didapatkan dari hasil perhitungan distribusi yang terpilih dari setiap komponen.

MTTR Distribusi *Exponential*

- $n = r$ (jumlah data)

- $T = \sum_{i=1}^n t_i$

$$\lambda = \frac{r}{T}$$

- $MTTR = \frac{1}{\lambda}$

MTTR Distribusi *Weibull*

- $n = r$ (jumlah kerusakan)

- $b = \beta = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i)}{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$

- $\theta = \left[\frac{1}{n} \left[\sum t_i^\beta \right] \right]^{\frac{1}{\beta}} =$

- $MTTF = \theta \times \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$

Dengan Γ (gamma) didapat dari tabel fungsi gamma

Tabel 3.3 Rekapitulasi Nilai MTTF Komponen Kritis

No.	Komponen	Distribusi	Rumus	Parameter	Nilai MTTF
1	Traverse Cassette	Lognormal	$t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$	$s = 0.8835$	1452.1314 jam
				$t_{med} = 982,8815$	
2	Pusher	Weibul	$\Theta \times \gamma (1 + 1/\beta)$	$\Theta = 3339.3403$	2957.5201 jam
				$\beta = 2.1917$	
3	Wave Guide	Weibul	$\Theta \times \gamma (1 + 1/\beta)$	$\Theta = 4313.8770$ $\beta = 2.6427$	2957.5201 jam

Tabel 3.4 Rekapitulasi Nilai MTTR Komponen Kritis

No.	Komponen	Distribusi	Rumus	Parameter	Nilai MTTR
1	Traverse Cassette	Eksponensial	$\frac{1}{\lambda}$	$T = 4.26$	0.6086 jam
				$\lambda = 1.6432$	
2	Pusher	Weibul	$\Theta \times \gamma (1 + 1/\beta)$	$\Theta = 3.4438$ $\beta = 16.3786$	3.3362 jam
3	Wave Guide	Weibul	$\Theta \times \gamma (1 + 1/\beta)$	$\Theta = 2.2824$ $\beta = 4.3067$	2.0787 jam

3.4 Interval Waktu Penggantian dan Pemeriksaan

Berdasarkan nilai MTTF dan nilai MTTR masing – masing komponen kritis lalu dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian dan pemeriksaan. Perhitungan yang dipakai adalah dengan metode *Age Replacement* dengan kriteria minimasi waktu *downtime*.

Hasil perhitungan interval penggantian dan interval pemeriksaan dapat diaplikasikan langsung menjadi jadwal perawatan mesin.

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan untuk mendapatkan waktu penggantian dan pemeriksaan komponen kritis.

Tabel 3.5 Rekapitulasi Interval Penggantian dan Pemeriksaan

No.	Komponen	Interval Penggantian	Interval Pemeriksaan
1	Traverse Cassette	4250 jam	684 jam
2	Pusher	4750 jam	274 jam
3	Wave Guide	8250 jam	400 jam

Nilai *availability total* didapatkan dengan mengkalikan nilai *availability* interval penggantian dan pemeriksaan masing – masing komponen kritis

Availability Total tiap komponen yang baik berada pada *grade* kelas dunia yaitu diatas 90% sesuai standar JIPM (*Japan Institute Plant Maintenance*) sehingga menunjukkan gambaran pemanfaatan waktu yang tersedia sudah sangat baik untuk operasi mesin

Berikut merupakan rekapitulasi nilai *availability* masing – masing komponen.

Tabel 3.6 Rekapitulasi Nilai *Availability Total* Komponen Kritis

Nama Komponen	<i>Availability</i> Penggantian	<i>Availability</i> Pemeriksaan	<i>Availability</i> <i>Total</i>
<i>Traverse Cassette</i>	0.9996 (99.96%)	0.9985 (99.85%)	0,99905 (99,905%)
<i>Pusher</i>	0.9989 (99.89%)	0.9963 (99.63%)	0,9976 (99,76%)
<i>Wave Guide</i>	0.9995 (99.45%)	0.9975 (99.74%)	0,9984 (99,84 %)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan diatas maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Interval waktu penggantian *Traverse Cassette* adalah 4250 jam, *Pusher* adalah 8250 jam dan *Wave Guide* adalah 4750 jam. Interval waktu penggantian tersebut digunakan sebagai dasar dalam pembuatan jadwal perawatan preventif guna meminimasi *downtime* mesin.
2. Interval waktu pemeriksaan komponen *Traverse Cassette* adalah 684 jam, *Pusher* adalah 400 jam dan *Wave Guide* adalah 274 jam. Interval waktu pemeriksaan tersebut digunakan sebagai dasar dalam pembuatan jadwal perawatan preventif guna meminimasi *downtime* mesin.
3. Tingkat *availability total* komponen *Traverse Cassette* adalah 99,9%, komponen *Pusher* adalah 99,8% dan komponen *Wave Guide* adalah 99,7%. *Availability Total* tiap komponen berada pada *grade* kelas dunia yaitu diatas 90% sesuai standar JIPM (*Japan Institute Plant Maintenance*) sehingga menunjukkan gambaran pemanfaatan waktu yang tersedia sudah sangat baik untuk operasi mesin. [5]

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jardine, A.K.S.. *Maintenance, Replacement and Reliability*. Canada: Pittman Publishing Corporator. 1973.
- [2] <http://www.projectsmart.co.uk/pareto-anaysis-step-by-step.php>. Haughey, Duncan. *Pareto Analysis Step by Step*. 2014.
- [3] <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/5492/Penentuan-interval-penggantian-komponen-secara-preventif-untuk-meminimumkan-total-biaya-penggantian-akibat-kerusakan-mesin>. Ika, R. *Penentuan Interval Penggantian Komponen Secara Preventif untuk Meminimumkan Total Biaya Penggantian Akibat Kerusakan Mesin*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.. 2007.
- [4] Alvira, D, Helianty, Y, Prasetyo, H. *Usulan Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 3(3) ISSN: 2338-5081. 2015.
- [5] <https://www.scribd.com/doc/230385917/Pengetahuan-Bahan-Nylon>. Mardiyah, Nisa, Rahmah, Aulia. *Pengetahuan Bahan Nylon, Polycarbonat, Teflon*. 2014.

PERBAIKAN FEEDER PADA REAKTOR MESIN GASIFIKASI BIOMASSA DI PT. REKAYASA ENERGI GLOBAL

Muhamad Firman Nofyen¹, Seto Tjahyono²,

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Email : muhamadfirmannofyen@gmail.com

Abstrak

GAS-PRO adalah sebuah teknologi gasifikasi biomassa yang dapat menghasilkan syngas yang kemudian dijadikan sebagai sumber energi panas menggunakan bahan baku limbah biomassa (sampah organik dan sekam padi) untuk menggantikan bahan bakar fosil. GAS-PRO yang dimaksud berlokasi di laboratorium riset Gasifikasi Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok. GAS-PRO yang dikaji merupakan tipe downdraft fixed bed terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: kontrol panel, primary blower, reaktor, dry cyclone, tar kondensor, tabung filter, blower hisap dan cyclone burner. Hasil pengujian reaktor GAS-PRO beberapa waktu yang lalu menimbulkan beberapa permasalahan, salah satunya yaitu kemacetan pada sistem feeder. Adapun kemacetan ini berdampak kepada sistem yaitu proses gasifikasi yang terjadi tidak stabil karena proses pemasukan sekam ke dalam reaktor terhambat. Penyebab kemacetan adalah feeding yang berlebihan sehingga menyebabkan kerja feeder terlalu berat untuk mendorong sekam ke dalam reaktor.

Metode untuk menghilangkan kerusakan yang disebabkan oleh overloadnya sekam padi, maka perlu dilakukan tindakan mengenai pengaturan feeding yang tepat menggunakan katup sorong untuk mengatur jumlah sekam yang masuk sehingga sekam dapat masuk secara kontinyu dan teratur. Penambahan katup sorong tersebut untuk tidak terjadi kembali feeding yang berlebihan dan terhambatnya proses pemasukan sekam ke dalam reaktor terhambat yang mengakibatkan proses gasifikasi yang terjadi pada reaktor dan output syngas yang dihasilkan tidak stabil.

Setelah dilaksanakannya perbaikan pada feeder, kerusakan-kerusakan yang biasanya terjadi dapat hilang. Dengan adanya pengaturan pada feeding penumpukan sekam padi atau overload tidak terjadi lagi, sehingga tidak menyebabkan kemacetan pada feeder. Serta perbaikan yang dilakukan dapat menjaga performa dari feeder tersebut. Dan permasalahan pada feeder tidak terjadi kembali.

Kata kunci : perbaikan, feeder, overload, feeding

Abstract

GAS-PRO is a biomass gasification technology that can produce syngas which is then used as a source of heat energy using raw materials of biomass waste (organic litter, and rice husk,) to replace fossil fuels. The GAS-PRO is located in the Gasification research laboratory Faculty of Engineering, University Indonesia, Depok. The GAS-PRO studied is a fixed bed downdraft type consisting of several main components, namely: control panel, primary blower, reactor, dry cyclone, condenser tar, filter tube, suction blower and cyclone burner. The results of testing GAS-PRO reactor some time ago raises several problems, one of which is stoppage on the feeder system. The stoppage has an impact on the system that is the process of gasification that occurs unstable because the process of insertion of rice husks into the reactor inhibited. The cause of congestion is an excessive feeding that causes the feeder's work to be too heavy to push the rice husk into the reactor.

The method to eliminate the damage caused by overload of rice husks, it is necessary to take action on setting the proper feeding using the slider valve to adjust the amount of rice rhusk that enter so that the rice husk can enter continuously and measured. The addition of the slurry valve to avoid re-occurrence of excessive feeding and inhibition of the process of insertion of husks into the reactor inhibited resulting in the gasification process that occurs in the reactor and the resulting output syngas unstable.

After implementation the repair on the feeder, it is expected that the damages that usually occur can be lost. With the setting on the feeding to stacking of rice husk or overload does not happen again, so it does not cause stoppage on the feeder. And repair given to keep the performance of the feeder. And the problem on the feeder does not happen again.

Keywords : repair, feeder, overload, feeding

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biomassa dianggap sebagai sumber alternatif energi terbarukan untuk bahan bakar fosil yang memungkinkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (Basu, 2010). Biomassa dapat terbentuk secara berkelanjutan melalui proses siklus fiksasi dan pelepasan CO₂, sehingga mengurangi masalah pemanasan global. Energi dapat diperoleh dengan pembakaran biomassa secara langsung, dapat juga dengan pirolisis (tanpa adanya oksigen) atau gasifikasi (dengan oksigen terbatas) untuk menghasilkan bahan bakar cair atau bahan bakar gas (Zainal, 2002; Savanakumar, 2007). Gasifikasi biomassa adalah salah satu teknologi yang paling menjanjikan karena kemampuannya untuk cepat mengkonversi jumlah besar dan berbagai jenis biomassa menjadi gas atau bahan bakar. Proses gasifikasi biomassa yaitu dengan mengkonversi ke dalam campuran gas seperti karbon monoksida, hidrogen dan hidrokarbon, bersama dengan karbon dioksida dan nitrogen (Zainal, 2002).

GAS-PRO adalah sebuah teknologi gasifikasi biomassa yang dapat menghasilkan syngas yang kemudian dijadikan sebagai sumber energi panas dan listrik menggunakan bahan baku limbah biomassa (sampah daun, sekam padi, dll) untuk menggantikan bahan bakar fosil. GAS-PRO terdapat di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok. GAS-PRO sendiri terdiri dari beberapa komponen, yaitu : kontrol panel, reaktor, *primary blower*, *dry cyclone*, tar kondensor, tabung filter, *blower* hisap dan *cyclone burner*.

Reaktor adalah komponen utama dalam sistem gasifikasi yang berfungsi sebagai tempat proses terjadinya gasifikasi. Diantara beberapa proses yang terjadi dalam reaktor terjadi proses pemasukan sekam ke dalam reaktor dilakukan oleh *feeder*. Proses ini bertujuan agar sekam masuk ke dalam reaktor yang selanjutnya untuk dibakar. Dalam prosesnya *feeder* sering kali mengalami kemacetan. Penyebab kemacetan adalah *overload* sehingga menyebabkan kerja *feeder* terlalu berat yaitu untuk mendorong sekam ke dalam reaktor. Kerusakan yang terjadi seperti gambar di bawah ini:



Gambar 1.4 Pengisian sekam berlebihan

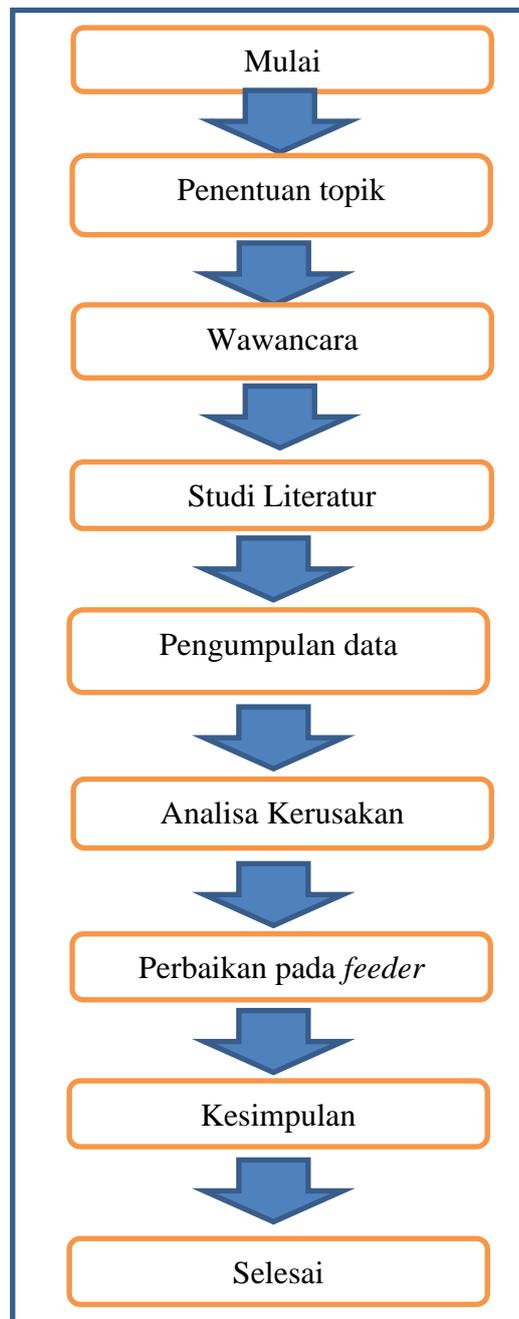
Oleh karena itu, penulis tertarik untuk membahas permasalahan pada *feeder* unit reaktor mesin gasifikasi biomassa dan menjadikannya sebagai bahan penelitian penulis dengan menganalisa penyebab dari kerusakan *feeder* tersebut dan bagaimana cara mengatasinya.

1.2 Tujuan

A. Tujuan Umum :

1. Mengetahui akar permasalahan yang menjadi penyebab dari kerusakan yang terjadi pada *feeder*.
 2. Menentukan solusi yang tepat dari kerusakan pada *feeder*.
- B. Tujuan Khusus :
1. Sebagai referensi pembelajaran mengenai *feeder* pada unit reaktor mesin gasifikasi.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1.5 Flowchart metode Penelitian

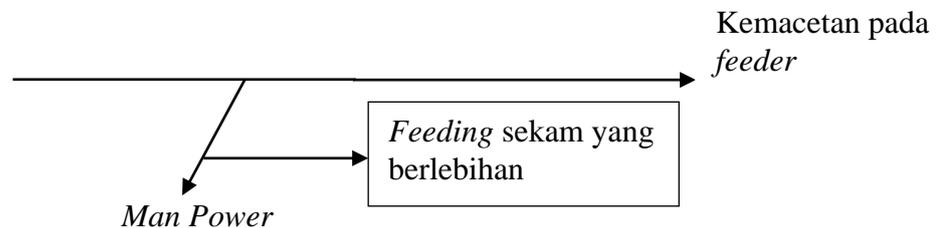
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Masalah

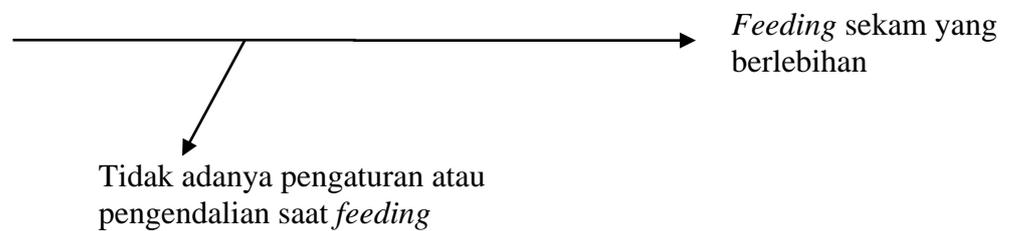
Masalah yang terjadi pada mesin gasifikasi biomassa adalah kemacetan pada *feeder* yang mengakibatkan proses gasifikasi yang terjadi tidak stabil.

3.2 Penyebab Kerusakan Pada *Feeder*

Untuk mengetahui penyebab kerusakan pada *feeder* dapat diketahui menggunakan diagram *fishbone* seperti di bawah ini:



Terjadinya kemacetan pada *feeder* disebabkan oleh faktor *man power* dimana terjadinya *feeding* sekam yang berlebihan.



Terjadinya *feeding* sekam yang berlebihan disebabkan oleh tidak adanya pengaturan atau pengendalian saat *feeding* karena *feeding* yang dilakukan saat ini menggunakan metode manual dengan cara menuangkan sekam atau *feeding* dengan jeda waktu 4 menit dan menuangkannya menggunakan corong minyak.



Gambar 3.1 Feeding sekam dengan menggunakan corong minyak

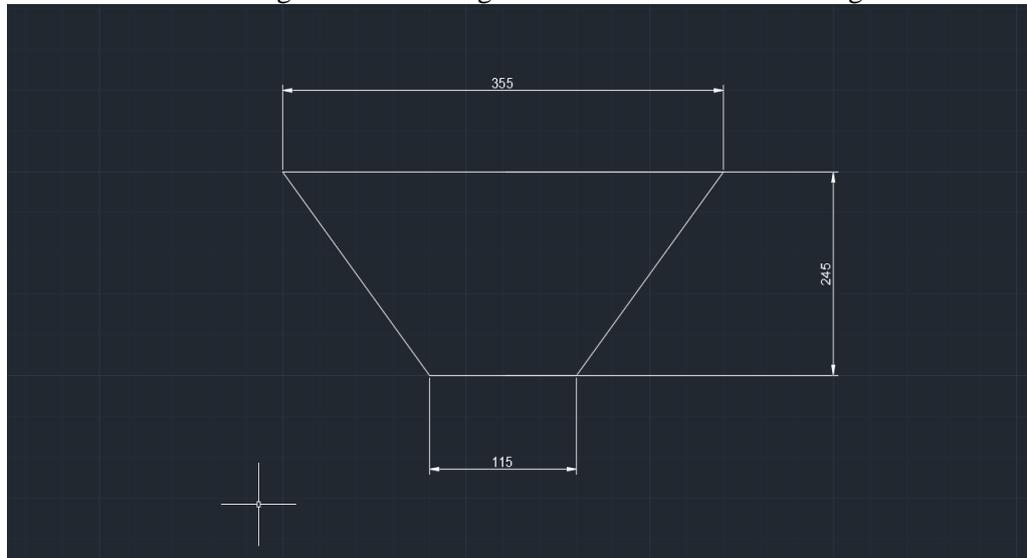
3.3 Pemecahan Masalah

Analisa dilakukan dengan cara menemukan penyebab lalu kemudian melakukan upaya perbaikan dan upaya untuk untuk menghilangkan penyebab masalah tersebut. Penyebab proses gasifikasi yang tidak stabil adalah karena terjadinya kemacetan pada *feeder*. Penyebab gangguan tersebut adalah tidak adanya pengaturan atau pengendalian pada saat *feeding* sehingga yang terjadi saat ini adalah *feeding* yang berlebihan. Agar kemacetan pada *feeder* tidak terulang lagi,

maka sumber dari masalah yang menyebabkan hal tersebut harus dihilangkan. Berikut ini adalah solusi untuk mengatasi masalah tersebut :

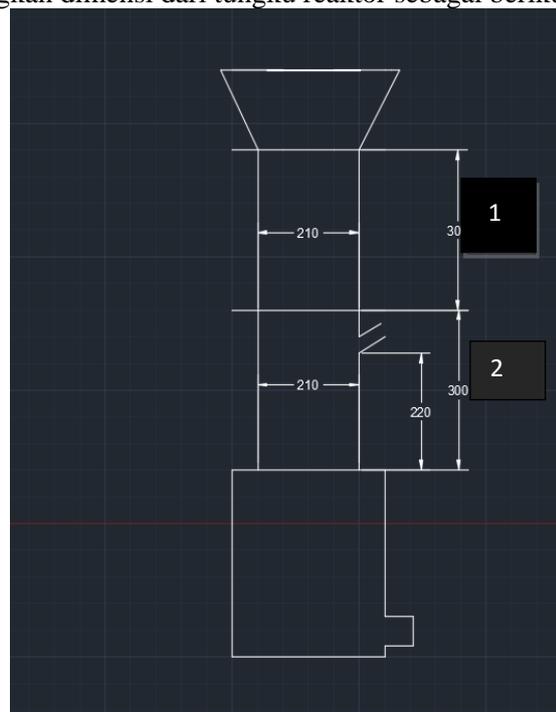
1. Penambahan katup *slider* pada corong reaktor

Dimensi corong reaktor dan tungku reaktor saat ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Dimensi Corong Reaktor

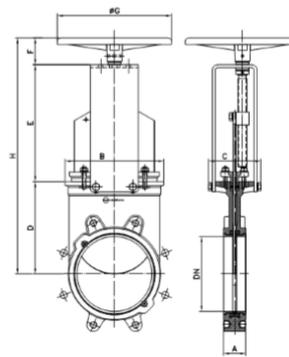
Sedangkan dimensi dari tungku reaktor sebagai berikut :



Gambar 3.3 Dimensi tungku reaktor

Menurut katalog katup slider merek *Orbinox* maka spesifikasi katup slider yang mendekati dari dimensi corong reaktor dan tungku reaktor adalah DN 100 agar tidak banyak mengubah dimensi dari corong dan tungku reaktor.

- Standard manual actuator
- Consists of:
 - Handwheel
 - DN 50-300: Aluminum
 - DN ≥ 350: EN GJS 400 (GGG40)
 - Stem
 - Stem nut
 - Yoke
- Available from DN 50 to DN 600
- Options (on request):
 - Locking Device
 - Extensions
 - Square Nut Drive
 - Chainwheel



DN (mm)	A	B	C	D	E	F	ØG	H
50	45	124	125	105	144	63	225	312
80	50	149	125	124	177	63	225	364
100	50	169	125	142	202	63	225	407
125	50	190	125	165	226	63	225	454
150	60	217	125	190	252	63	225	505
200	60	268	142	250	317	73	310	640
250	70	356	142	308	372	73	310	753
300	70	396	142	360	422	73	310	855
350	96	429	197	348	509	98	410	955
400	100	472	197	398	559	98	410	1055
450	106	527	270	442	611	98	550	1151
500	110	592	270	495	671	98	550	1264
600	110	695	270	590	771	98	550	1459

Reserves the right to change specifications without notice
ORBINOX S.A. Pol. Ind. s/n-20270 ANCETA (Spain) Tel: +34 943 699200 - Fax: +34 943 652066 e-mail: info@orbinox.com www.orbinox.com
 ORBINOX S.A. POL. IND. S/N-20270 ANCETA (SPAIN) TEL: +34 943 699200 - FAX: +34 943 652066 E-MAIL: INFO@ORBINOX.COM WWW.ORBINOX.COM

CBX 05/17
 Rev.4

Gambar 3.4 Dimensi katup slider

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat sementara adalah sekam yang masuk ke dalam tungku reaktor harus secara teratur dan kontinyu jika dilakukan *feeding* yang berlebihan mengakibatkan kemacetan pada *feeder* dan menimbulkan efek terhambatnya proses *feeding* dan mengakibatkan proses gasifikasi tidak stabil. Maka untuk mengatasi masalah itu dipasanglah katup *slider* diantara corong reaktor dengan tungku reaktor 1 agar *feeding* berlangsung secara kontinyu dan teratur.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]Felly Rihlat Gibran Simatupang, Optimasi Secondary Air Intake Pada Reaktor Tipe Fixed Bed Downdraft Gasifikasi Biomassa Sekam Padi, Skripsi Sarjana, Universitas Indonesia, 2016.
- [2]Joe Don Nevill, Biomass Gasification Feed System Design and Evaluation, Tesis Doktor, Texas Tech University, May 2001.
- [3]<http://www.orbinox.com/ex-ser10-unidirectional> (akses 08 Juli 2018)
- [4]<https://www.kwsmfg.com/engineering-guides/screw-conveyor/types-of-screw-conveyors/#vertical>, Screw Conveyor (akses 30 Mei 2018).

PERBAIKAN STIRER PADA REAKTOR GASIFIER BIOMASSA DI PT. X

Ahmad Nurfawzi¹⁾, Seto Tjahyono²⁾

Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok 16425

Email: ahmadnurfawzi210714@gmail.com

Abstrak

Gasifier adalah sebuah teknologi gasifikasi biomassa yang dapat menghasilkan syngas yang kemudian dijadikan sebagai sumber energi panas menggunakan bahan baku limbah biomassa (sampah daun, sekam padi, dan lain-lain) untuk menggantikan bahan bakar fosil. Gasifier yang dimaksud berlokasi di laboratorium gasifikasi fakultas teknik Universitas Indonesia, Depok. Gasifier yang dikaji merupakan tipe *downdraft fixed bed* terdiri dari beberapa komponen, yaitu: kontrol panel, primary blower, reaktor, cyclone, tar kondensor, tabung filter, blower hisap dan cyclone burner. Berdasarkan pengujian, masalah reaktor gasifier adalah kemacetan pada stirer. Kemacetan ini dapat menyebabkan proses gasifikasi berhenti karena proses pembuangan residu tidak berjalan dengan baik, sehingga menimbulkan penumpukan dan suhu di dalam reaktor tidak stabil.

Oleh karena itu pada penelitian ini bertujuan untuk menemukan penyebab dan mencegah kerusakan yang terjadi pada stirer muncul kembali. Kerusakan pada stirer disebabkan oleh overloasnya sekam padi, maka perlu dilakukan tindakan mengenai pengaturan volume dan waktu feeding yang tepat agar tidak terjadi penumpukan dan kemacetan pada stirer. Masalah penyumbatan pada grate dapat diatasi dengan memberikan improvement berupa perluasan celah pada grate dan juga dapat diberikan bushing tambahan untuk memperbesar clearance. Pemberian bushing tersebut untuk memperbesar clearance antara agitator stirer dengan permukaan grate, dengan dibesarkannya clearance tersebut diharapkan tidak terjadi kemacetan.

Setelah dilaksanakannya perbaikan kerusakan pada stirer, kerusakan-kerusakan yang biasanya terjadi dapat hilang. Dengan adanya standar volume dan waktu feeding diharapkan penumpukan sekam padi atau overloud tidak terjadi lagi, sehingga tidak menyebabkan kemacetan pada stirer. Serta diharapkan improvement yang diberikan dapat meningkatkan performa dari stirer tersebut. Dan permasalahan yang terjadi pada stirer tidak muncul kembali.

Kata Kunci: gasifikasi, reaktor, stirer, agitator, grate

Abstract

Gasifier is a biomass gasification technology that can produce syngas which is then used as a source of heat energy using raw materials of biomass waste (leaf litter, rice husk, etc.) to replace fossil fuels. The gasifier is located in the Engineering Faculty gasification laboratory of University of Indonesia, Depok. The gasifier is a fixed-bed *downdraft* type consisting of several components, namely: control panel, primary blower, reactor, cyclone, condenser tar, filter tube, suction blower and cyclone burner. Based on testing, the gasifier reactor problem is the stirrer bottleneck. This congestion can cause the gasification process to stop because the residue disposal process is not running properly, causing buildup and temperature inside the unstable reactor.

Therefore in this study aims to find the cause and prevent damage that occurs in the stirrer reappear. Damage to the stirrer is caused by overloading the rice husks, it is necessary to take action on the proper volume adjustment and feeding time to avoid stacking and jamming on the stirrer. The problem of clogging on the grate can be overcome by providing improvement in the form of gap expansion on the grate and also can be given additional bushing to enlarge clearance. Giving the bushing to enlarge the clearance between the stirer agitator with the grate surface, with the expansion of the clearance is not expected to occur congestion.

After the repair of damage to the stirrer, the damage that usually occurs can be lost. With the standard volume and feeding time is expected to build up the rice husk or overloud does not happen again, so it does not cause congestion on the stirrer. And expected improvement given to improve the performance of the stirrer. And the problems that occur on the stirrer do not reappear.

Keywords: gasification, reactor, stirer, agitator, grate

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gasifikasi biomassa adalah proses konversi bahan baku biomassa padat menjadi bahan bakar gas yang dapat dibakar (*combustible gas*) dengan suplai udara yang terbatas (Basu, 2010). Biomassa dianggap sebagai sumber alternatif energi terbarukan untuk bahan bakar fosil yang memungkinkan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Sekam padi merupakan salah satu jenis biomassa berupa limbah pertanian yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Namun, pemanfaatan sekam padi dalam sektor energi terbarukan masih relatif jarang. Hasil gasifikasi biomassa berupa gas producer dapat digunakan sebagai bahan bakar motor diesel untuk membangkitkan listrik.

Gasifier adalah sebuah teknologi gasifikasi biomassa yang dapat menghasilkan syngas yang kemudian dijadikan sebagai sumber energi panas dengan menggunakan bahan baku limbah biomassa (sampah daun, sekam padi, dll) untuk menggantikan bahan bakar fosil. *Gasifier* yang dimaksud berlokasi di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok. *Gasifier* terdiri dari beberapa komponen, yaitu : kontrol panel, reaktor, primary blower, cyclone, tar kondensor, tabung filter, blower hisap dan cyclone burner.

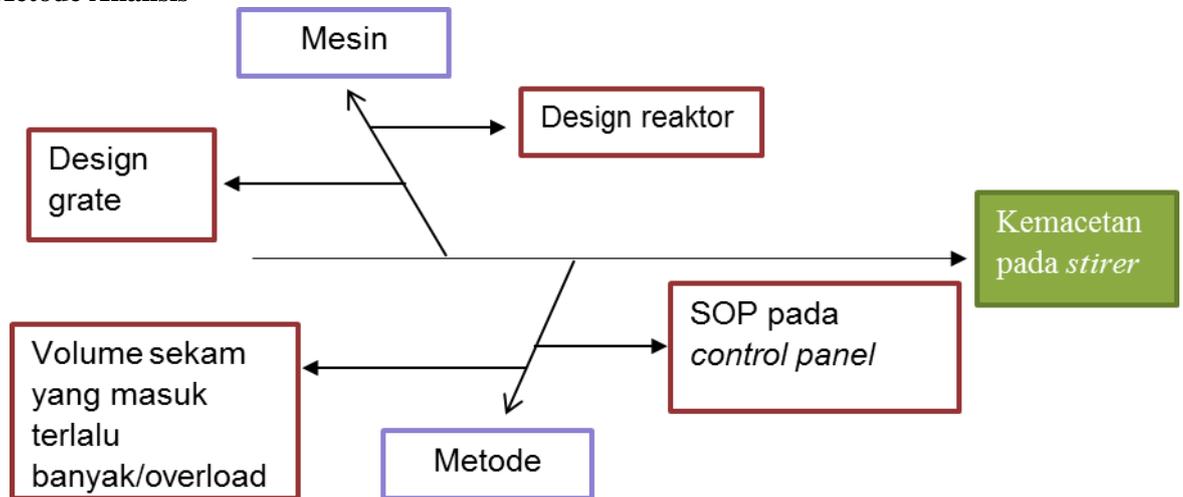
Reaktor adalah komponen utama dalam *gasifier* yang berfungsi sebagai tempat terjadinya gasifikasi. Diantara beberapa proses yang terjadi dalam reaktor terjadi proses pengadukan dan pemisahan antara bahan yang sudah terbakar dengan yang belum terbakar yang dilakukan oleh *stirer*. Proses ini bertujuan agar residu yang sudah terbakar bisa diturunkan dan dibuang agar tidak menumpuk dalam reaktor serta untuk menjaga suhu dalam reaktor stabil. Tetapi dalam praktiknya, penumpukan terjadi dan menyebabkan kemacetan sehingga residu tidak bisa keluar dan suhu dalam reaktor tidak stabil.

1.2 Tujuan

- Dapat mengetahui penyebab kemacetan yang terjadi pada *stirer*.
- Dapat menemukan solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi pada *stirer*.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Analisis



Gambar.1 Metode Fishbone

Kategori-kategori penyebab kemacetan pada *stirer*:

1. Mesin

a. *Design Grate*

Design grate yang terdapat pada reaktor *gasifier* memiliki celah yang kecil yaitu 0,4 [cm]. Sedangkan ukuran sekam padi pada umumnya memiliki panjang 1-2 [cm] dan tebal 0,5[cm]. Dan Sekam padi merupakan bahan berlignoselulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50 % selulosa, 25 – 30 % lignin, dan 15 – 20 % silika (Ismail and Waliuddin, 1996). Dalam prosesnya seringkali terbentuk silika ketika proses pembakaran berlangsung. Hal ini pun dapat menyebabkan kemacetan, karena sifatnya silika yang mengeras sehingga menyebabkan penumpukan sekam padi pada *grate* dan menyebabkan kemacetan.

b. *Design Reaktor*

Design reaktor yang masih belum optimal merupakan salah satu penyebab dari kerusakan berupa kemacetan. *Design* reaktor saat ini belum memiliki tutup pada bagian atasnya.

2. Metode

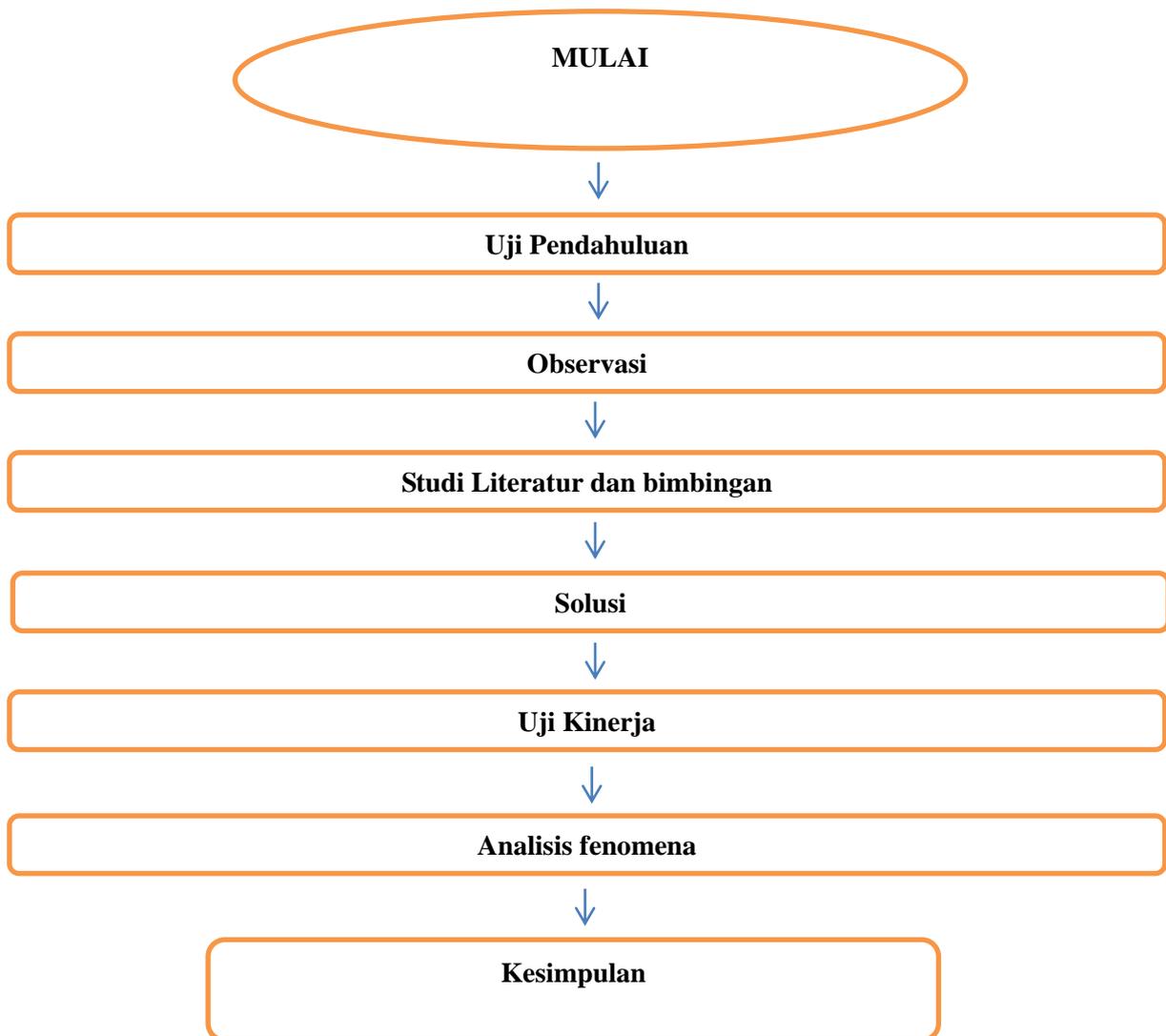
a. *Overload*

Hal ini menyebabkan kinerja motor *stirer* semakin berat dan dapat menyebabkan motor *stirer* mengalami *overheat* dan mengalami kemacetan.

b. *SOP Control Panel*

Kecepatan motor *stirer* berpengaruh pada menumpuk atau tidak sekam padi pada reaktor. Kecepatan motor *stirer* harus sesuai dengan jumlah sekam dan cepatnya proses pembakaran yang terjadi. Jika kecepatan motor *stirer* tidak sesuai, hal ini sangat rentan menyebabkan kemacetan karena terjadi penumpukan.

2.2 Skema Penelitian



Gambar. 2 Skema Penelitian

Penjelasan Skema Penelitian

- a. Uji pendahuluan
Melakukan *running gasifier* untuk mengetahui kondisi mesin.
- b. Identifikasi masalah
Menyelidiki permasalahan yang terjadi dan mengidentifikasi penyebab dari masalah tersebut.
- c. Studi literatur dan bimbingan

Proses pengumpulan data untuk mendukung perbaikan yang akan diberikan. Serta melakukan bimbingan dengan pembimbing guna mendapatkan masukan-masukan yang membangun.

d. Pemberian solusi

Pemberian solusi dilakukan dengan harapan permasalahan dapat terselesaikan. Pemberian solusi juga harus hati-hati, karena jika salah akan berdampak ke semuanya.

e. Uji kinerja

Uji kinerja dilakukan untuk melihat keadaan mesin setelah diberikan solusi. Apakah ada perubahan atau tidak dengan kondisi pada saat uji pendahuluan.

f. Analisis fenomena

Analisis fenomena dilakukan bersamaan ketika dilakukannya uji kinerja. Analisis fenomena ini dilakukan untuk memastikan fenomena yang terjadi ketika kerusakan muncul tidak kembali muncul. Bagian ini juga menentukan apakah solusi yang diberikan sudah tepat atau belum.

g. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan proses akhir dari penelitian. Proses ini menyimpulkan semua tindakan yang diberikan dan dampaknya terhadap mesin.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembahasan

3.1.1 Solusi Design



Gambar. 3 *Design* corong reaktor yang tidak memiliki tutup

Penjelasan gambar:

Gambar. 3 merupakan *design* lama corong reaktor yang belum memiliki tutup. Seringkali ketika running syngas keluar melalui corong ini dan menyebabkan tar menempel pada gearbox.

3.1.2 Solusi SOP



Gambar.4 penerapan SOP yang benar dalam menggunakan control panel

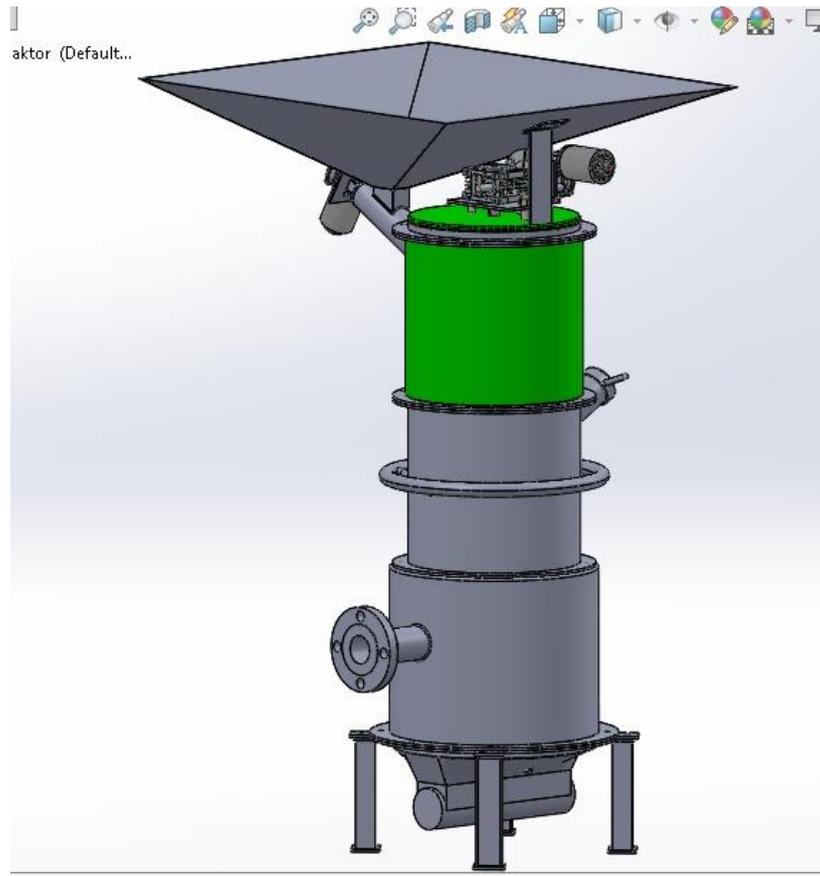
Penjelasan gambar:

Penerapan SOP yang tepat dan benar dalam menggunakan control panel sangat dibutuhkan. Karena jika penerapan SOP tidak tepat maka akan mempengaruhi ketepatan waktu feeding dan pembuangan residu. Jika ini terjadi maka akan menyebabkan penumpukan residu atau bahkan dapat membuat syngas tidak konstan.

3.2 Hasil

Setelah melakukan observasi mengenai penyebab dari kemacetan pada *stirer*. Didapatkan dua penyebab yang signifikan yaitu dari *design* dan *Standart Operating Procedure* (SOP) menggunakan reaktor *gasifier*.

3.2.1 Design



Gambar.5 *Design* baru reaktor yang memiliki tutup

Penjelasan gambar:

Gambar.5 merupakan *design* baru reaktor sebagai solusi dalam mengatasi permasalahan yang terjadi. Dengan tertutupnya corong atas reaktor, motor *stirer* tidak terpapar asap panas dan terjadi *overheat* kembali. *Design* ini masih dalam proses manufaktur lebih lanjut.

3.2.2 Standart Operating Procedure (SOP)

STANDART OPERATING PROCEDURE REAKTOR GASIFIER			
NO.	KEGIATAN	PENJELASAN	KETERANGAN
1.	Menghidupkan mesin <i>gasifier</i> .	Pastikan sumber listrik sudah terhubung. Tunggu sampai lampu <i>indicator</i> berwarna hijau.	

2.	Proses ignisi reaktor.	Tekan tombol <i>feeder</i> untuk menghidupkan motor <i>feeder</i> . Reaktor di isi sekam padi sampai tumpukan sekam padi berada tepat di atas primary air intake. <i>Feeding</i> pertama dilakukan sebanyak 4 centong atau sebanyak 6 [liter]. Kemudian matikan motor <i>feeder</i> jika telah selesai melakukan <i>feeding</i> sebanyak 4 centong. Selanjutnya, katalis berupa solar DEX ditambahkan ke tumpukan sekam padi secara merata untuk mempercepat proses penyalaan. Setelah di tuang secara merata, nyalakan api untuk membakar sekam padi.	
3.	Menghidupkan blower tiup/ <i>primary blower</i> .	Tekan tombol <i>primary</i> untuk menghidupkan blower tiup. Blower tiup digunakan untuk mempercepat proses pembentukan bara. Gunakan <i>speed</i> 4 untuk mempercepat proses pembentukan bara.	Proses pembentukan bara berlangsung selama 5-10 [menit].
4.	Proses <i>feeding</i> .	Setelah terbentuk bara ditandai dengan munculnya asap yang tebal dan suhu secara perlahan mulai meningkat. Tekan tombol <i>feeder</i> untuk menghidupkan motor <i>feeder</i> guna melakukan <i>feeding</i> . Masukkan sekam padi sebanyak 4 centong atau 6 [liter] sekam padi ke dalam reaktor. Proses <i>feeding</i> dilakukan setiap 4 [menit] sebanyak 4 centong atau 6 [liter].	Turunkan <i>speed</i> dari blower tiup menjadi <i>speed</i> 2 dari <i>speed</i> 4.
5.	Proses <i>stiring</i> .	Setelah dilakukan <i>feeding</i> sekam padi yang sudah menjadi abu akibat terbakar harus dikeluarkan agar tidak terjadi penumpukan di dalam reaktor. Proses ini dilakukan setiap kali, selama mesin dalam keadaan hidup agar tidak terjadi penumpukan. Gunakan <i>speed</i> 2 pada motor <i>stirer</i> .	

6.	Proses pembuangan residu.	Hidupkan motor <i>ash removal</i> dengan menekan tombol yang bertuliskan <i>ash removal</i> . Motor <i>ash removal</i> dihidupkan setiap 2 kali proses <i>feeding</i> . Hal ini dilakukan agar abu yang sudah diturunkan oleh <i>stirer</i> tidak menumpuk di bagian penampung residu. Oleh karena itu di keluarkan oleh <i>ash removal</i> agar tidak terjadi kemacetan. Hidupkan selama 1 [menit].	Matikan kembali ketika proses pembuangan telah selesai.
----	---------------------------	--	---

Tabel.1 Standart Operating Procedure

IV. KESIMPULAN

- a. Setelah melaksanakan identifikasi masalah pada *stirer* ditemukan kesalahan pada *design* dan *Standart Operating Procedure* (SOP).
- b. *Design* reaktor yang lama menimbulkan permasalahan berupa asap panas yang mengenai motor *stirer* sehingga motor *stirer* mengalami *overheat*.
- c. SOP menggunakan reaktor *gasifier* terbaru sudah sesuai dengan volume sekam padi yang masuk dengan waktu *feeding* dan kombinasi dari *speed* motor *stirer* dan *ash removal*. Sehingga kemacetan yang disebabkan oleh penumpukan residu dapat teratasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Felly Rihlat Gibran Simatupang, *OPTIMASI SECONDARY AIR INTAKE PADA REAKTOR TIPE FIXED BED DOWNDRAFT GASIFIKASI BIOMASSA SEKAM PADI*, Depok, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia, 2016.
- [2] Fernando Nahampun , *KAJIAN PENGELUARAN RESIDU PROSES GASIFIKASI PADA REAKTOR GASIFIKASI SEKAM PADI TIPE DOWNDRAFT*, Bogor, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, 2017.
- [3] Adiwirabrata, M., *Studi perbaikan kinerja fixed bed downdraft gasifier melalui modifikasi konstruksi throat gasifier*, Depok, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia, 2012.
- [4] Purwantana, Bambang, *PENGATURAN DEBIT PENGELUARAN ABU UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS SUHU PADA GASIFIKASI LIMBAH PADAT BIOMASS*, prosiding Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA, Mataram 8 – 9 Agustus 2009.
- [5] PT. Rekayasa Energi Global, <http://www.regeneration.id/> (Akses pada 05 Mei 2018).

PERBAIKAN TURBIN ANGIN HYBRIDA DI KAMPUNG BUNGIN BEKASI

M Triyanto¹ ; Seto Tjahyono²,
Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok 16425
Email: mtriyanto127@gmail.com

Abstrak

Turbin angin tipe HAWT-500W yang berlokasi tepatnya di pesisir kampung bungin, kecamatan muara gembong, kabupaten bekasi, dapat menghasilkan daya listrik sebesar 500 Watt, konstruksi turbin terdiri dari blade, poros, generator dan dipasang dengan ketinggian 10 meter. Turbin mengkonversi energi kinetik dari aliran angin menjadi energi mekanik melalui baling-baling dan poros. Energi mekanik ini dapat dikonversikan lebih lanjut, untuk menjadi bentuk energi lainnya sesuai dengan kebutuhan. Salah satunya adalah dikonversikan menjadi energi listrik. Turbin beroperasi sejak bulan januari 2017 dan di awal bulan february blade mengalami kerusakan, sampai saat ini berhenti karena ketiga bladennya mengalami kerusakan berupa patahan. Sehingga turbin angin tidak dapat beroperasi dan listrik di kampung bungin bekasi tidak tersuplai. Permasalahan yang menyebabkan blade patah adalah karena ketidak mampuan dalam menerima beban akibat aliran angina, serta kerapuhan karena lingkungan yang mengandung garam. Ada indikasi spesifikasi bahan yang di gunakan untuk membuat blade tidak sesuai dengan ketentuan, serta proses pembuatan tidak sesuai dengan design semula dan karena tidak adanya quality control saat pembuatan blade.

pemilihan ulang jenis material untuk blade harus di lakukan untuk mendapatkan material yang kuat serta peningkatan quality control pada saat proses pembuatan blade sehingga akan diperoleh blade yang lebih kuat. Material yang dipilih harus berdasarkan sifat fisik dan sifat mekaniknya, umumnya material blade terbuat dari kayu dan setiap kayu memiliki karakteristik masing-masing. Saat proses pembuatan blade, proses treatment harus di maksimalkan seperti proses pengeringan dengan menggunakan oven dan pengecatan yang rata serta proses pembentukan profil menggunakan mesin CNC.

adanya perbaikan pada proses pembuatan blade serta penggantian material, maka blade turbin angin memiliki performa yang lebih baik dan turbin angin dapat beroperasi kembali.

kata kunci : blade, turbin angin, quality control, treathnment.

Abstract

Wind turbine type HAWT-500W which is located precisely in the coastal of Bungin Village, Subdistrict of Muara Gembong, District of Bekasi, can generate electric power of 500 Watts. The construction of the turbine consists of a blade, shaft, generator and mounted at a height of 10 meters. Turbines convert the kinetic energy of wind flow into mechanical energy through the propeller and shaft. This mechanical energy can be converted more, to become another energy in accordance with the needs. One of them can be converted into the electrical energy. Turbines operated since January 2017 and in an early February, the blade was damaged. Turbines still stopped until now because the three blades were broken off. Thus, the wind turbines cannot operate well and the electricity in the Bungin Bekasi village is not well-supplied. The problems that cause the blade broken off are due to the inability to accept a load of wind flow as well as the fragility of the salt-containing environment. There are some indications of the material specifications used to make the blade is not in accordance with the provisions, as well as the process of production is not in accordance with the original design and because of the lack of the quality control during the blade production.

The re-selection of the blade material should be done to obtain the powerful material and enhance the quality control during the process of blade production, hence, the powerful blade will be obtained. The material selected should be based on physical and mechanical properties, generally, the material of the blade is made of the wood and each wood has its own characteristics. When the blade-production process, the treatment process should be maximized as the drying process by using the oven, painting the whole, and profiling process using the CNC machine.

The existence of the enhancements in the blade-production process and the material replacement, in conclusion, the wind turbine blade would have better performance and the wind turbine could operate again.

Key words: *blade, wind turbine, quality control, treatment.*

I. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi umat manusia. Energi listrik dapat mendorong manusia menjadi lebih produktif dengan menggunakan setiap waktunya sebaik-baiknya. Permasalahan yang terjadi saat ini adalah energi listrik tidak tersedia secara merata bagi masyarakat, terutama bagi negara berkembang, seperti Indonesia. Pada tahun 2012 sudah 76,56% penduduk Indonesia menikmati energi listrik, meningkat cukup besar dibandingkan dengan tahun 2011 dan 2010, yaitu 72,95% dan 67,15%. Namun, dapat disimpulkan bahwa 23,44% dari masyarakat Indonesia masih belum menikmati energi listrik menurut Statistik Ketenagalistrikan (2013).

Energi listrik di Indonesia sebagian besar diproduksi oleh PLN. Pembangkitan listrik yang dilakukan oleh PLN utamanya menggunakan bahan bakar fosil, seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam. Selain itu, Pembangkitan energi listrik di Indonesia juga telah menggunakan energi terbarukan, walau masih terbatas dalam penggunaannya. Menurut data statistik ketenagalistrikan 2013, 85,94% energi listrik yang dibangkitkan berasal dari penggunaan bahan bakar fosil menurut Statistik Ketenagalistrikan (2013).

Mengurangnya persediaan bahan bakar fosil menjadi masalah dalam sistem pembangkit listrik. Maka dari itu di perlukan energi alternative, salah satu energi alternative yang saat ini populer adalah turbin angin. Turbin angin memiliki beberapa kategori kapasitas listrik yang di hasilkan dan di tunjukan pada table di bawah.

Table.1 Tipe Turbin Angin Berdasarkan Kapasitasnya

Kategori	P (kW)	R (m)
<i>Micro</i>	1	1.5
<i>Mid-range</i>	5	2,5
<i>Mini</i>	20+	5

Pada tahun 2014 peneliti dari universitas Indonesia telah memasaang Kincir angin skala kecil dengan kapasitas listrik yang di hasilkan sebesar 500 *Watt* di Muara Gembong, tujuan penelitiannya adalah untuk mengetahui potensi kecepatan angin di daerah tersebut. Pesisir Kecamatan Muara gembong di Kabupaten Bekasi termasuk daerah yang terisolir dan daerah terpencil sehingga pas untuk pemasangan turbin angin, dan hasil listrik dari turbin angin dapat di dimanfaatkan oleh warga sekitar seperti untuk penerangan jalan. Namun berjalannya waktu turbin angin yang di pasang mengalami kerusakan pada baling-balingnya, ketiga baling-baling patah padahal pemasangannya baru 1 bulan yaitu pada awal bulan januari 2017 dan mengalami kerusakan pada awal bulan february 2017. Kerusakannya seperti gambar di bawah ini.

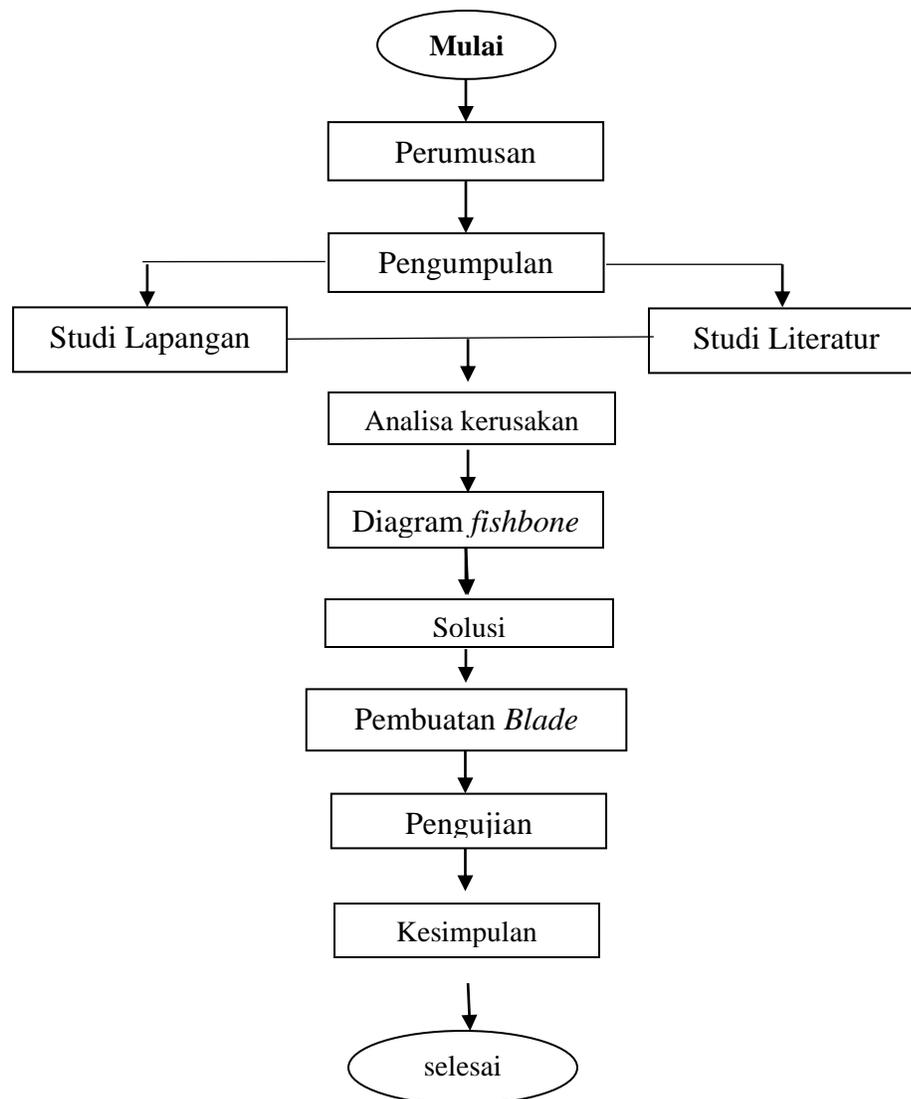


Gambar.1 *Blade* patah

maka dari itu penulis ingin menganalisa kerusakan yang terjadi pada baling-baling atau blade turbin angin, agar sumber kerusakan dapat di ketahui dan memberikan solusi yang tepat agar kerusakan tersebut tidak terulang kembali.

II. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian analisa kerusakan dan perbaikan pada *blade* terdiri dari beberapa tahap yaitu perumusan masalah kemudian pengambilan data dari sumber studi pustaka dan lapangan, lalu menganalisa kerusakan serta memberikan solusi yang tepat, lalu proses pembuatan *blade* yang baru dengan menggunakan metode *modern* kemudiaan uji *performa blade* kincir angin,dan terakhir adalah kesimpulan. Untuk mempermudah dalam menganalisa kerusakan dan memberikan solusi maka di ditampilkan dalam bentuk bagan seperti di bawah ini.Untuk mempermudah pengerjaan kami menggunakan diagram alir seperti gambar di bawah ini.

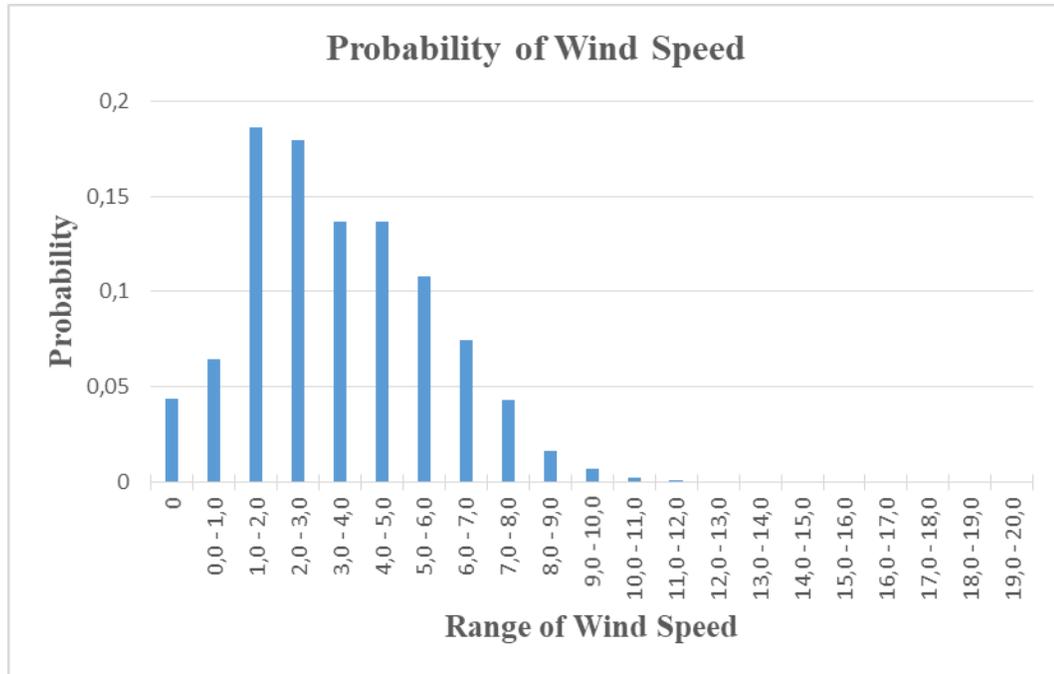


Gambar.2 Diagram Alir Metode Pelaksanaan

III. Hasil dan Pembahasan

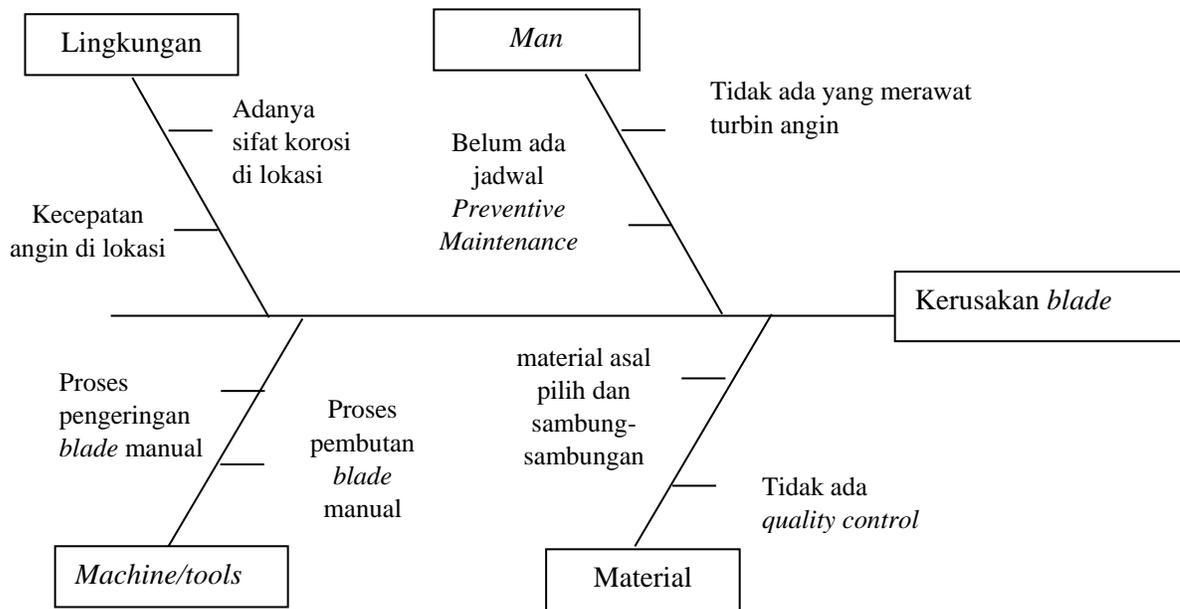
3.1 Data Kecepatan Angin

Gamabr di bawah ini adalah Pengukuran data angin di kampung bungin dimulai sejak bulan November 2014 sampai bulan Mei 2015. Untuk sumbu Y dari grafik merupakan presentase probabilitas kemunculan degan satuan persen sedangkan untuk sumbu X nya adalah interval dari kecepatan angin dengan satuan m/s. Namun saat melakukan pengukuran langsung di lokasi ternyata ada data angin yang tidak terbaca dan tersimpan di memori penyimpanan kecepatan angin. Pengukuran di lapangan, kecepatan anemometer saat terjadi badai adalah 119 km/jam yang artinya 33 m/s. ini menunjukkan bahwa gaya yang terjadi pada blade turbin angin adalah melebihi spesifikasi.



Gambar.3 probality kecepatan angin

3.2. Analisa kerusakan blade menggunakan diagram sebab-akibat (*Fishbone*)



Gambar 4.3 Diagram *FishBone*

3.3 Analisa Penyebab

a. Lingkungan

-kecepatan angin di lokasi.

Daerah bungen termasuk pesisir pantai di mana aliran angin sangat tinggi karena tidak ada penghalang antara angin dengan turbin angin, sehingga angin langsung mengenai *blade* di mana

kecepatan angin tertinggi yang tercatat sebesar 33 m/s. kecepatan tersebut melebihi kecepatan maksimal yang di ijin, artinya blade mengalami 3 kali lipat beban maksimal.

-Adanya sifat korosi di lokasi

Daerah bungin merupakan pesisir pantai yang artinya mengandung garam di mana garam mempunyai sifat korosi sehingga dapat mengurangi umur dari *blade*, karena saat kandungan garam yang terbawa oleh angin mengenai blade maka blade lama-kelamaan akan terkorosi dan mengalami kerapuhan dengan di tandai mulai mengikisnya *blade*, dari sifat korosi inilah *blade* mengalami umur yang pendek.

b. *Machine/tools*

- proses pembuatan *blade* manual

Proses pembuatan *blade* menggunakan metode manual yaitu dengan di serut setiap permukaan atau bentuk profil *blade* di serut satu-persatu. Hal ini akan menyebabkan perbedaan permukaan antara *blade* yang satu dengan yang lainnya sehingga tidak terjadi ke *homogenan* dan penambahan dempul pun di lakukan untuk mendapatkan *kehomogenan*.

- Proses pengeringan *blade* manual

Pada proses pengeringan *blade* menggunakan cara di jemur di bawah terik matahari hal ini dapat menyebabkan pengurangan kadar air tidak merata sehingga setiap posisi material mengandung kadar air yang berbeda-beda.

c. Material

- material asal pilih

Pada awal proses pembuatan blade pemilihan material di pilih yang paling murah, karena ingin dapat di produksi dan di jual sehingga harga terjangkau. kemudian saat memilih material tidak mengetahui spesifikasi kekuatan kayu tersebut dan ternyata setelah di buat kemudian di pasang belum ada sebulan langsung patah.

- material tidak 1 bahan

Material yang di buat adalah material yang sambung-sambungan dengan menggunakan lem, hal ini dipastikan kekuatan bahan lemah karena tidak satu rangka dan terlihat di data kerusakan di lapangan bahwa setiap permukaan yang patah mempunyai batas-batas sendiri.

- tidak ada *quality control*

Saat proses pengecatan pada *blade*, kayu masih dalam keadaan basah atau kadar airnya masih banyak namun pengecatan blade terus di lanjutkan hal ini dapat mempengaruhi umur blade karena kayu tersebut mengalami pembusukan di dalam akibat dari kadar air yang masih banyak.

d. *Man*

-Tidak ada yang merawat turbin angin

Dari awal pemasangan turbin angin sampai beroperasi menghasilkan listrik, tidak ada perawatan yang di lakukan terhadap turbin angina, karena memang tidak ada orang yang di tugaskan khusus untuk merawat turbin angin.

-tidak ada jadwal *Preventive Maintenance*

Dari awal turbin angain beroperasi belum terbuat jadwal perawatan yang baik hal ini mengakibatkan makin cepat turbin angin mengalami kerusakan.dan akibat dari Penjadwalan *preventive maintenance* yang tidak lengkap menyebabkan tidak adanya tindakan perawatan yang baik serta penanggulangan yang tepat.

3.4 Solusi

Dari hasil analisis diagram *fishbone* maka solusi yang di tawarkan adalah

1. Harus ada perawatan terhadap turbin angin

2. Metode pembuatan harus menggunakan metode *modern* agar hasilnya lebih presisi dan setiap tahapnya di proses dengan baik.
3. Material yang di gunakan harus di naikan *grade* kekuatannya dan harus *homogen*.
4. Membuat *blade* yang baru

IV. Kesimpulan

1. Dalam turbin angin komponen yang baling kritis adalah baling-baling/*blade* sehingga *blade* harus tangguh dan kuat terhadap beban yang mengenainya.
2. Material yang di gunakan tidak *homogen* sehingga mudah rusak.
3. Metode yang di gunakan untuk membuat *blade* adalah metode tradisional, sehingga setiap permukaan *blade* berbeda-beda.
4. Belum adanya perawatan pada turbin angin.
5. Saat ini proses penelitian baru sampai pada tahap solusi dan tahap pembuatan serta tahap pengujian masih dalam proses.

V. Daftar Pustaka

- [1] ESDM. Statistik Ketenagalistrikan. 2013.
- [2] Direktorat Kawasan Khusus dan Daerah Tertinggal. Laporan Akhir Hasil Evaluasi Kebijakan Perencanaan Pembangunan Kawasan Tertinggal :BAPPENAS Jakarta. 2007
- [3] Damayanti, A. dan Handayani, T. “PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN (PIT) DAN KONGRES IKATAN GEOGRAF INDONESIA (IGI)”, di Singaraja, 17-18 Oktober 2003.
- [4] http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Diagram_Fisbone.pdf
- [5] Hugh Piggott. A Wind Turbine Recipe Book Januari 2009.
- [6] Azad, A.K. & Kaysar, M.M . *Design of a horizontal axis wind turbine for electricity generation in low speed windy sites*. International journal of advanced renewable energy research, p 363-373, 2012

PERAWATAN GASIFIER BIOMASSA PT. X

Sufyan Mahfud¹⁾, Seto Tjahyono²⁾,

Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jalan Prof. Dr. G A. Siwabessy, Kampus UI Depok 16425

Email : mahfudsofyan7@gmail.com

Abstrak

GAS-PRO adalah sebuah teknologi gasifikasi biomassa yang dapat menghasilkan syngas yang kemudian dijadikan sebagai sumber energi panas menggunakan bahan baku limbah biomassa (sampah daun, sekam padi, kayu, dan lain lain) untuk menggantikan bahan bakar fosil. GAS-PRO yang kami maksud berlokasi di laboratorium gasifikasi fakultas teknik Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat. GAS-PRO yang kami kaji merupakan tipe downdraft fixed bed yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: kontrol panel, primary blower, reaktor, dry cyclone, tar kondensor, tabung filter, blower hisap, dan cyclone burner. Hasil dari pengujian reaktor GAS-PRO beberapa waktu yang lalu menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain adalah adanya gangguan pada sistem mekanik pada GAS-PRO, yang pertama adalah macet pada sistem mekanik reaktor ; yang kedua adalah penyumbatan pada cyclone , tar kondensor , blower hisap , dan filter. Penyebab dari permasalahan diatas adalah karena belum adanya jadwal pemeliharaan rutin yang diterapkan pada mesin GAS-PRO .

Dengan durasi pengoperasian mesin 24 jam per hari maka mesin GAS- PRO membutuhkan program pemeliharaan yang rutin. Permasalahan yang terjadi adalah adanya gangguan serius yang mengarah pada tingkat kerusakan secara mekanik. Maka dibutuhkan tindakan pemeliharaan yang terjadwal agar GAS-PRO dapat beroperasi pada keandalan yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan jadwal preventive maintenance beserta SOP-nya.

Dengan adanya jadwal pemeliharaan yang rutin, maka kegiatan pemeliharaan GAS-PRO dapat dilaksanakan sesuai jadwal yang telah dibuat dan permasalahan yang terjadi pada GAS-PRO dapat dihindarkan. Hasil akhir kegiatan ini adalah pembuatan jadwal pemeliharaan harian, bulanan, dan tahunan beserta SOP dari pemeliharaan dan instalasi tersebut serta tercapainya lifetime lebih lama dan kinerja optimal.

Kata Kunci : GAS-PRO , Pemeliharaan , Syngas , Permasalahan

Abstract

Gas-PRO is a biomass gasification technology that can produce syngas that is then used as a source of thermal energy using waste biomass feedstocks (rice husk, leaf litter, wood, etc) to replace fossil fuels. GAS-PRO we mean a laboratory located in the Faculty of engineering of the University of Indonesia gasification, Depok, West Java. Gas-PRO that we review the fixed bed downdraft is a type that consists of several main components, namely: control panel, primary reactor, dry blower, cyclone, tar condenser, blower suction filters, tubes, and cyclone burner. Results from testing reactor GAS-PRO some time ago poses some problems, among others, is the presence of interference on the mechanical system of GAS-PRO, the first is jammed on the mechanical system of the reactor; the second is a blockage on the cyclone, the tar condenser, blower, and suction filter. The cause of the problem above is because not schedule routine maintenance are applied on GAS engines-PRO.

The duration of operation of the machine 24 hours a day then the GAS engine-PRO requires a routine maintenance program. Problems occurred is the existence of a serious disorder that leads to the degree of damage in mechanics. Then scheduled maintenance action is required in order for the GAS-PRO can operate on the reliability is good. This research was conducted to determine the schedule of preventive maintenance along with the SOP.

With the routine maintenance schedule, then GAS-PRO maintenance activities may be executed in the schedule have been made and the problems that occur on the GAS-PRO can be avoided. The end result of this activity is the making of a maintenance schedule daily, monthly, and yearly with SOP from the maintenance and the installation as well as the achievement of a longer lifetime and optimal performance.

Keywords: GAS-PRO, Maintenance, Syngas, Problems

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

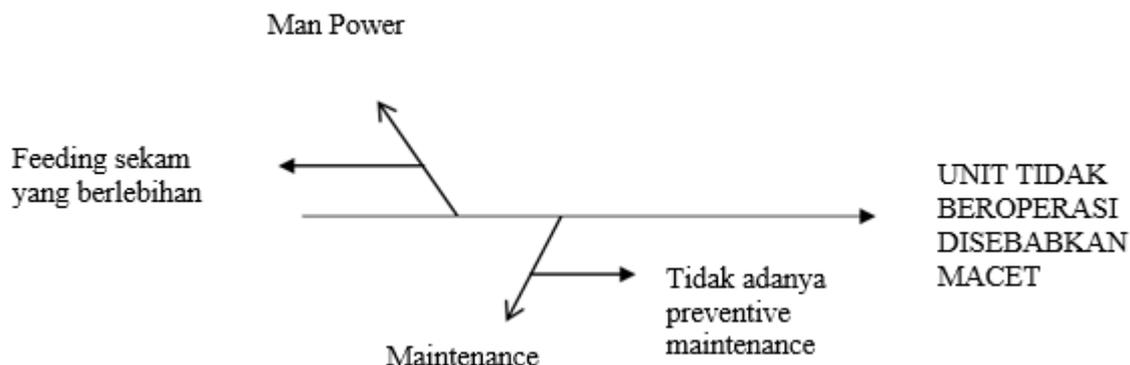
Gasifier Biomassa adalah sebuah teknologi gasifikasi biomassa yang dapat menghasilkan syngas yang kemudian dijadikan sebagai sumber energi panas dengan menggunakan bahan baku limbah biomassa (sampah daun, sekam padi, dan lain-lain) untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Dengan durasi pemakaian mesin yang setiap hari maka mesin membutuhkan pemeliharaan rutin dan berkala. Permasalahan yang terjadi adalah adanya gangguan pada system mekanik pada Gasifier tersebut, antara lain macet pada system mekanik Reaktor ; sisa Tar yang menyumbat aliran pada Cyclone , Tar Kondensor , Blower Hisap , dan Filter ; dan lain-lain. Permasalahan tersebut dapat mengakibatkan downtime yang cukup lama dan berkurangnya syngas yang dihasilkan dari Gasifier tersebut.

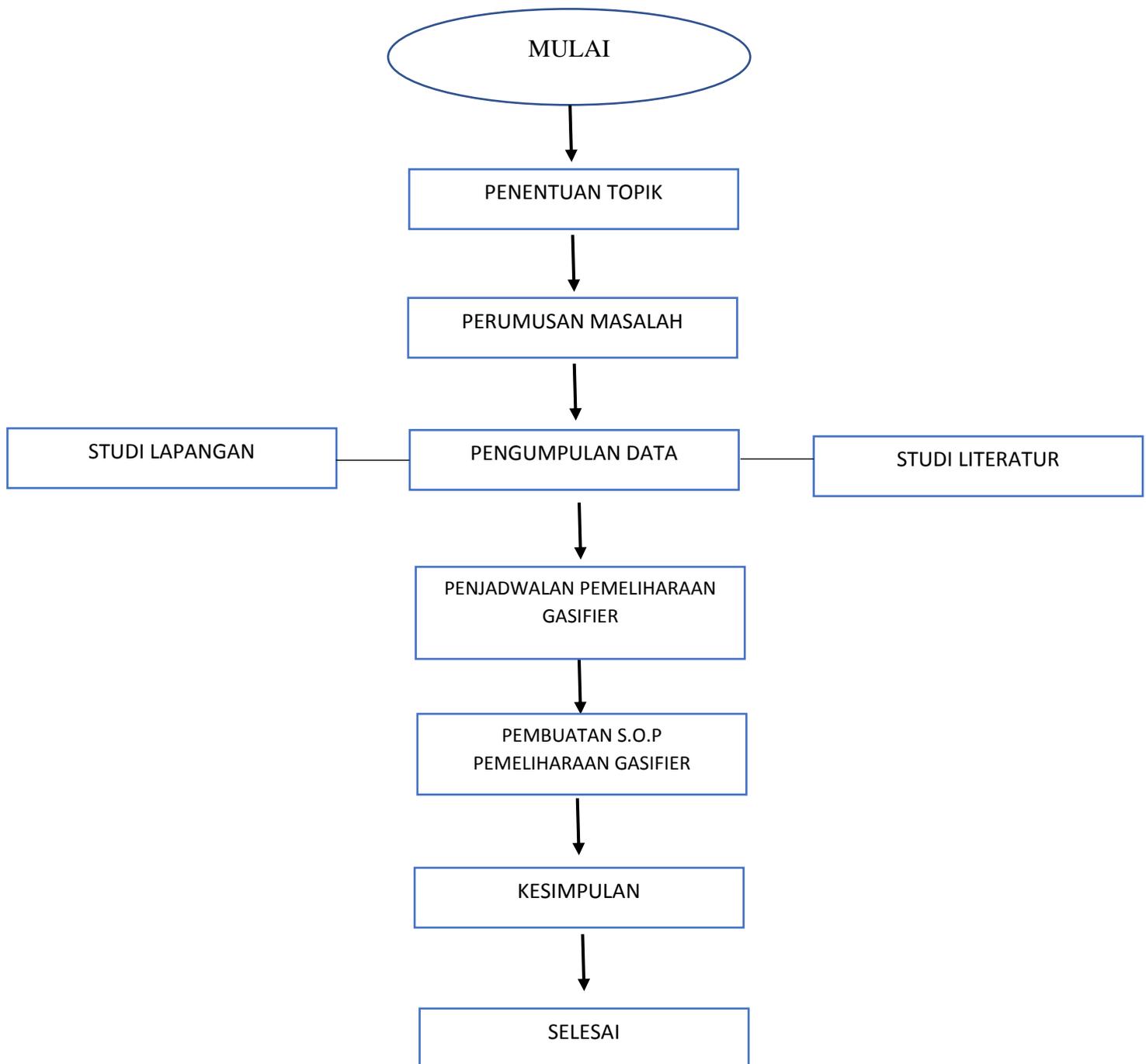
Maka dari itu unit Gasifier memerlukan pemeliharaan yang baik agar dapat beroperasi secara optimal dan terhindar dari kerusakan. Maka dari itu pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa berdasarkan data yang didapat dan membuat jadwal pemeliharaan yang baik dan benar sesuai dengan SOP (Standard Operating Procedure) fabrikasi mesin tersebut.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang di gunakan dalam menganalisa penyebab kemacetan yang terjadi pada Gasifier Biomassa adalah dengan menggunakan diagram *fishbone* serta untuk mendapatkan data Gasifier Biomassa dengan cara melakukan . Gambar diagram *fishbone* akan di tujukan di bawah ini.



Permasalahan utama dari Gasifier Biomassa adalah kemacetan yang terjadi pada unit-unit tertentu pada Gasifier Biomassa yang disebabkan oleh 2 faktor yaitu maintenance dan man power. Untuk mempermudah dalam menganalisa kerusakan dan memberikan solusi maka di tampilkan dalam bentuk bagan seperti di bawah ini.



Penjelasan Skema Penelitian

1. Penentuan topik
Penentuan topik diperoleh dari hasil wawancara dengan bagian Maintenance di PT. X, serta melakukan pengamatan langsung terhadap kerusakan komponen pada Gasifier Biomassa.
2. Perumusan masalah
Dari hasil pengamatan langsung dan wawancara dalam proses penentuan topik didapatkan gambaran mengenai permasalahan yang ada pada Gasifier Biomassa.
3. Studi lapangan
Pada tahapan ini dikumpulkan informasi yang tidak ditemukan pada literatur. Wawancara dilakukan bersama teknisi yang menangani masalah kerusakan (breakdown) pada Gasifier Biomassa.
4. Studi pustaka

Studi pustaka bertujuan untuk menemukan teori-teori yang sesuai dengan masalah yang sedang dibahas guna membantu memecahkan masalah tersebut. Hal ini dilakukan dengan cara membaca dan mencari literatur, buku manual tentang mesin tersebut, dan segala jenis laporan yang berkaitan dengan topik yang dibahas.

5. Pengumpulan data
Tahap ini merupakan tahap mengumpulkan semua data yang diperoleh baik dari observasi maupun studi pustaka untuk selanjutnya dilaksanakan proses pembuatan jadwal pemeliharaan unit Gasifier Biomassa.
6. Perencanaan pemeliharaan dan penjadwalan
Pembuatan jadwal pemeliharaan Gasifier Biomassa dengan melihat studi lapangan dan studi pustaka sebagai referensinya.
7. Pembuatan SOP (Standart Operating Procedure) pemeliharaan unit Gasifier Biomassa
Penyusunan Standart Operating Procedure bertujuan untuk menjelaskan tahap-tahap pekerjaan pemeliharaan secara mendetil kepada teknisi agar kegiatan pemeliharaan tersebut dapat berjalan dengan baik.
8. Kesimpulan
Kesimpulan ini menunjukkan jawaban atas tujuan yang telah dikemukakan dalam topik permasalahan yang diangkat pada penelitian serta memberikan saran agar kegiatan preventive maintenance berjalan dengan baik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



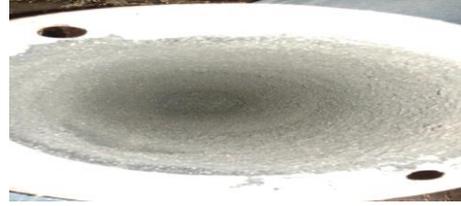
Gambar 1.Indikasi adanya kemacetan pada Gasifier karena syngas yang berkurang

Penjelasan gambar:

Gambar 1 merupakan kondisi produksi syngas yang berkurang cukup signifikan yang diduga karena adanya kemacetan di beberapa bagian Gasifier.



Gambar 2. Tar yang menyumbat Tar kondensor.



Gambar 3. Tar yang menyumbat Dry Cyclone.



Gambar 4. Tar yang menyumbat Blower Hisap.



Gambar 5. Sisa sekam yang menyumbat Reaktor

Penjelasan gambar:

Gambar 2 Setelah dilakukan pembongkaran pada pipa tar kondensor , terdapat sisa tar yang menyumbat pada pipa tar kondensor.

Gambar 3 Setelah dilakukan pembongkaran pada dry cyclone, terdapat sisa tar yang menyumbat pada pipa tar kondensor.

Gambar 4 Setelah dilakukan pembongkaran pada Blower Hisap, terdapat sisa tar yang menyumbat pada pipa Blower Hisap.

Gambar 5 Setelah dilakukan pembongkaran pada Reaktor, terdapat sisa tar yang menyumbat pada pipa Reaktor.

Belum adanya program pemeliharaan yang rutin merupakan penyebab utama dari kemacetan Gasifier tersebut. Diperlukan pemeliharaan rutin berupa pemeliharaan harian , mingguan , bulanan , dan tahunan serta

SOP pemeliharannya untuk mengatasi permasalahan yang ada di Gasifier tersebut salah satunya adalah mampatnya beberapa unit Gasifier yang menyebabkan Gasifier macet.

Tabel 1. Jadwal Pemeliharaan *Gasifier Biomassa*

JADWAL PEMELIHARAAN	
Nama Mesin	Tanggal Penyusunan
<i>Gasifier Biomassa</i>	
Deskripsi Kegiatan Pekerjaan Pemeliharaan	Frekuensi Waktu
Reaktor	
1. Cleaning pada Screw Feeder.	M/M
2. Cleaning pada Poros Stirer.	M/M
3. Cleaning pada Bagian dalam Reaktor.	M/M
4. Pengecekan Insulasi Termal.	M/B
5. Pengecekan getaran dan suara dari gearbox stirrer.	M/H
6. Pengecekan keausan pada gearbox stirrer.	M/B
7. Pengecekan tegangan belt feeder.	M/H
8. Pengecekan keausan alur pulley belt feeder.	M/M
Dry Cyclone	
1. Cleaning pada bagian dalam dry cyclone.	M/H
2. Periksa kekencangan baut antara dry cyclone dengan tar kondensor.	M/M
Tar Kondensor	
1. Cleaning pada bagian dalam tar kondensor.	M/M
2. Periksa kebocoran pada pipa tar kondensor.	M/M
3. Penggantian Air pada bak tar kondensor.	M/M
4. Pemeriksaan sambungan pipa.	M/M
Filter	

1. Cleaning pada bagian dalam Filter.	M/2M
2. Penggantian Jerami dan busa.	M/B
Blower Hisap	
1. Cleaning pada bagian impeller .	M/M
2. Cleaning pada tutup blower hisap.	M/M
3. Pemeriksaan terhadap baut-baut pengikat .	M/M
Cyclone Burner	
1. Cleaning pada bagian dalam Cyclone Burner.	M/B
2. Pemeriksaan sambungan Cyclone Burner .	M/H
Umum	
	M/M
	M/M

Mketerangan pada kolom frekuensi :

- M = Ahli Mekanik
- E = Ahli Elektrik
- /H = Harian
- /M = Mingguan
- /B = Bulanan
- /3B = 3 Bulanan
- /6B = 6 Bulanan
- /T = Tahunan



Gambar 5. Kondisi Blower Hisap setelah dilakukan cleaning



Gambar 6. Kondisi Filter setelah dilakukan cleaning



Gambar 7. Kondisi Reaktor setelah dilakukan cleaning



Gambar 8. Kondisi Reaktor setelah dilakukan cleaning

Gambar 3. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan preventive maintenance.

Penjelasan gambar:

Gambar 5 Merupakan kondisi setelah dilakukannya cleaning pada bagian blower hisap sehingga tidak ada tar yang menyumbat.

Gambar 6 Merupakan kondisi setelah dilakukannya cleaning pada filter hisap sehingga tidak ada tar yang menyumbat.

Gambar 7 Merupakan kondisi setelah dilakukannya cleaning pada bagian reaktor sehingga tidak ada tar yang menyumbat.

Gambar 8 Merupakan kondisi setelah dilakukannya cleaning pada bagian reaktor sehingga tidak ada tar yang menyumbat.

Salah satu SOP Pemeliharaan unit dry cyclone pada Gasifier Biomassa

1. Siapkan peralatan pemeliharaan yang diperlukan seperti WD 40 , Kunci Pas 14 , Sikat Kawat , dan Thinner.
2. Lepaskan 4 baut dan mur yang terletak diatas dry cyclone yang mengikat antara dry cyclone dengan elbow yang berada diatas dry cyclone.
3. Angkat elbow dan pindahkan ke tempat yang lain.
4. Siram thinner pada Tar yang masih basah , apabila sisa tar yang ditemuakn kering , tidak perlu disiram thinner.
5. Bersihkan sisa tar yang menyumbat dengan menggunakan sikat kawat hingga bersih.
6. Pasang kembali elbow ke dry cyclone dengan baik dan benar (ke posisi semula).
7. Pasang kembali 4 baut dan mur dengan baik dan benar.

Hasil Penelitian

Setelah dilakukannya preventive maintenance yang berupa pemeliharaan rutin baik harian , mingguan , bulanan , maupun tahunan dan SOP dari pemeliharaan rutin Gasifier , didapatkan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Syngas yang dihasilkan oleh Gasifier stabil.
2. Kemacetan yang terjadi pada beberapa unit Gasifier dapat teratasi.
3. Teknisi atau operator dapat melaksanakan Pemeliharaan Rutin dengan prosedur yang baik dan benar.



Gambar 4. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan preventive maintenance.

Penjelasan gambar:

Gambar 4 merupakan kondisi setelah dilakukannya preventive maintenance yang membuat syngas yang dihasilkan kembali flammable (dapat dirubah menjadi api)

IV. KESIMPULAN

1. Berkurangnya syngas yang dihasilkan merupakan gejala awal dari kemacetan Gasifier.
2. Kemacetan Gasifier Biomassa disebabkan karena belum adanya program pemeliharaan yang rutin.
3. Diperlukan program pemeliharaan yang rutin dan SOP pemeliharaan yang benar untuk mengatasi kemacetan tersebut.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih banyak kepada seluruh karyawan PT Rekayasa Energi Global yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ansori. Nachnul, 2013, Sistem Perawatan Terpadu, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [2] Corder, Antony, 1988, Teknik Manajemen Pemeliharaan, Erlangga, Yogyakarta.
- [3] OPTIMASI SECONDARY AIR INTAKE PADA REAKTOR TIPE FIXED BED DOWNDRAFT GASIFIKASI BIOMASSA SEKAM PADI

**PERBAIKAN LINER OUTLET CHUTE 361-CV1 UNTUK MENINGKATKAN
KETAHANAN TERHADAP LAJU KEAUSAN**

Dwiki Yudia Basuki¹, Seto Tjahyono², Ahmad Nur Musta'in³

¹Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Raw Mill & Kiln Tuban 1 Mechanical Team Superintendent

dwikiyudia.holcim@gmail.com

Abstrak

Rantai konveyor merupakan salah satu alat transportasi material dalam industri semen yang memanfaatkan rantai untuk meneruskan gerakan dari motor. Pergerakan rantai akan menggerakkan batang penggaruk yang difungsikan sebagai alat penggaruk bahan baku pembuatan semen (batu kapur, tanah liat, pasir silika, pasir besi) yang tidak tergiling di dalam penggiling bahan baku semen (Raw Mill) yang biasa disebut material sisa. Bagian – bagian utama rantai konveyor yakni rantai, batng penggaruk, sprocket, motor, rangka, dan pengumpan (chute). Permasalahan yang terjadi pada rantai konveyor dengan kode atau Holcim Asset Code (HAC) 361 – CV1 yakni pengumpan keluar (outlet chute) mengalami keausan pada pelat pelapis (liner). Keausan pelat pelapis pengumpan keluar tersebut ditandai dengan kebocoran pada rangka pengumpan keluar rantai konveyor (361-CV1), hal ini akan menyebabkan aliran material sisa penggiling bahan baku semen (Rawmill) mengalami kebocoran dan membuat kotor pada area bangunan penggiling bahan baku semen (Rawmill) Tuban 1. Outlet chute yang mengalami kebocoran terjadi di beberapa titik pada rangka, sehingga perlu diadakan perbaikan agar kejadian kebocoran bisa diminimalisir dan juga untuk mengurangi biaya perawatan pengumpan keluar rantai konveyor.

Perbaikan dilakukan dengan mengganti material pelat pelapis dari sebelumnya yaitu wear plate HB500 dengan tebal 10 mm menjadi hardfacing plate 650 4on6 dengan pertimbangan kekerasan material lalu disambung menggunakan metoda pengelasan untuk memasang material pelat pelapis serta penambahan pelat siku yang dilas pada sisi luar pengumpan keluar yang mengalami gesekan dengan material sisa penggiling bahan baku semen (Raw Mill) untuk mengurangi risiko kebocoran.

Dengan dilakukannya perbaikan pada pengumpan keluar maka dapat mengurangi kebocoran sehingga polusi lingkungan berkurang, kondisi tidak aman terminimalisir, memangkas biaya suku cadang dan jasa perbaikan pada pengumpan keluar rantai konveyor (361-CV1) serta perbaikan ini diharapkan dapat diterapkan pada pengumpan di mesin lainnya.

Kata Kunci : Rantai konveyor, Material sisa, Pengumpan, Pelat pelapis.

Abstract

Chain Conveyor is one of the material transportation tool in cement industry that utilizes chains to continue the motion of the motor. The movement of the chains drive the scrappers which function as tool of the rake of the materials of cement manufacture (limestone, clay, silica sand, iron sand) which are not milled in cement mill (Raw Mill), commonly called material reject. The main parts of chain conveyor are chain, scrapper, sprocket, motor, casing, and chute. Problems that occurred in the chain conveyor with the code or Holcim Asset Code (HAC) 361-CV1 was wear of the outlet chute and tear on the liner. The wear of the outlet chute liner was marked by a leak on the outlet chute of the chain conveyor (361-CV1). This caused Raw Mill's rejected material flow to leak and dirty in the Rawmill building Tuban 1. The leaked chute outlet occurred at several points on the casing, so it needed to be modified so that the incidence of leakage can be minimized and also to reduce the cost of care outlet chute chain conveyor.

Modification was done by replacing liner material from the previous wearplate 500 with a thickness of 10 mm to dualplate 650 4on6 with the consideration of material hardness that is connected using a welding method to install liner material and the addition of angle beam welded on the outer side of chute outlet chassis that is friction with reject material to reduce the risk of leakage.

By modifying the chute outlet it can reduce the leakage so that the environmental pollution is reduced, the insecurity condition is minimized, cut the spare part and repair service at the chute chain conveyor outlet (361-CV1) and this modification is expected to be applied to the chute in other equipment.

Keywords: Chain Conveyor, Material reject, Chute, Liner.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

PT. Holcim Indonesia Tbk Tuban Plant menggunakan *Raw mill* untuk menggiling bahan baku yang terdiri dari batu kapur (*limestone*), tanah liat (*clay*), pasir silica (*silica sand*), dan pasir besi (*iron sand*) sampai menjadi tepung yang siap untuk dibakar di dalam *kiln*.

Dalam prosesnya, bahan baku yang sudah halus akan tertarik hisapan *ID Fan (induced draught fan)* dan diteruskan untuk disimpan di dalam *blending silo*. Tetapi selama proses penggilingan tersebut bahan baku tidak 100% tergiling halus didalam *Raw mill*, namun akan terlempar jatuh ke bawah *table mill*. Bahan baku yang tidak tergiling disebut *reject material*. *Reject material* tersebut disirkulasikan kembali agar digiling kembali kedalam *Raw mill*. Di bawah *table mill* terdapat *scrapper* yang berfungsi untuk menyapu *reject material* tersebut ke *outlet chute Raw mill*. Kemudian masuk ke dalam *chain conveyor (361-CV1)* untuk diteruskan ke *bucket elevator (361-BE1)* dan menuju *belt conveyor (331-BC2)* untuk diumpankan kembali kedalam *Raw mill*.

Selama setahun yang lalu, *361-CV1* mengalami masalah pada *outlet chute*. Masalahnya adalah ausnya *liner outlet chute*. Karena masalah ini, tim mekanik mengevaluasi dan melakukan perbaikan untuk meningkatkan umur *outlet chute*. Rusaknya *outlet chute* adalah masalah yang sulit karena outlet chute hanya bisa diperbaiki sesara total dalam *stop operation yang lama*, namun dalam keadaan operasi tim mekanik hanya bisa melakukan *doubling, patching* atau *box stone* jika ada lubang pada *outlet chute*.



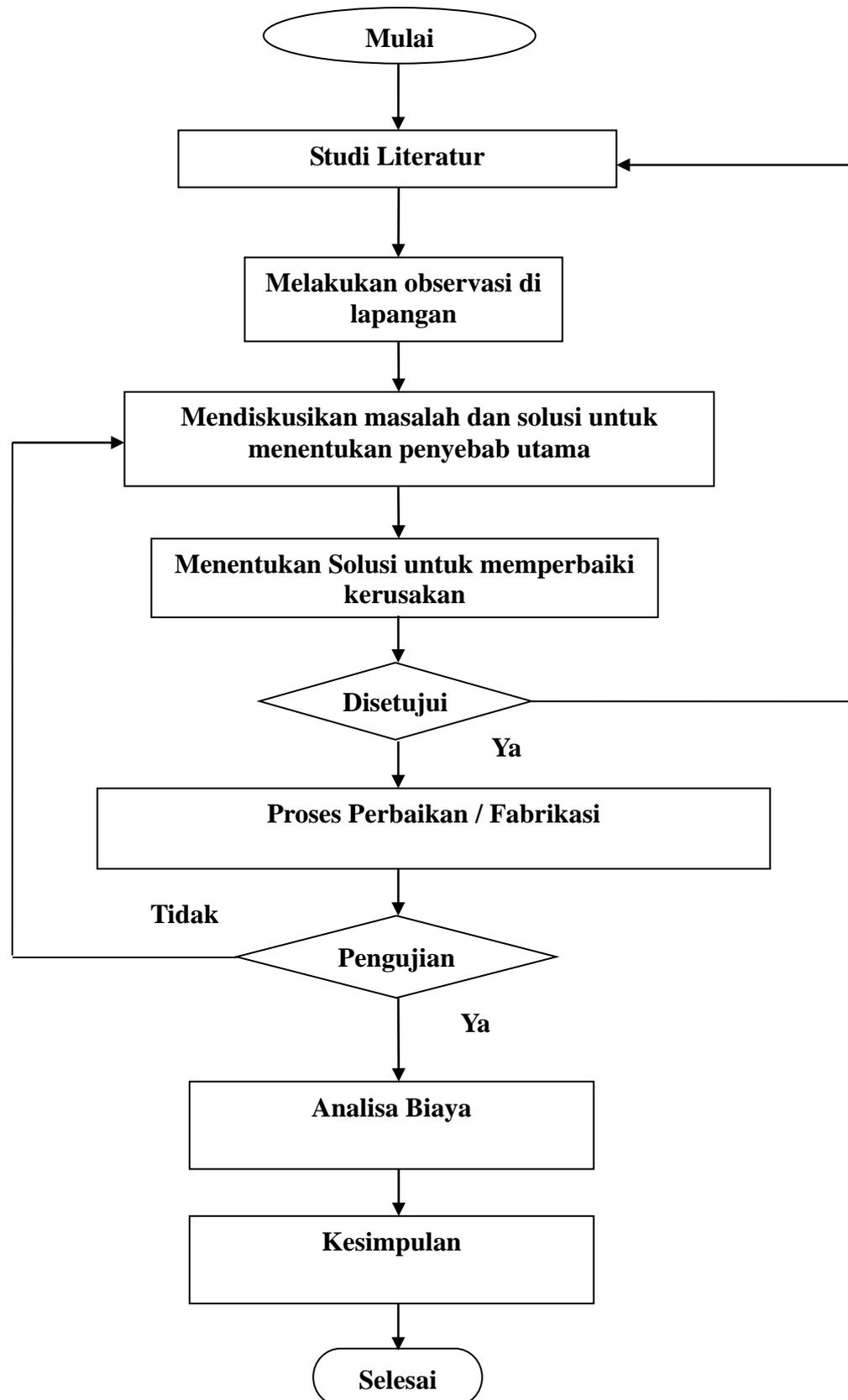
Gambar.1 Kondisi Outlet Chute 361-CV1

1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah melakukan perbaikan *liner outlet chute chain conveyor* dengan kode atau *Holcim Asset Code (HAC) 361-CV1* untuk meningkatkan ketahanan terhadap laju keausan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan, digambarkan dengan diagram alir dibawah ini :



Gambar.2 Diagram Alir Metode Penelitian

2.1 Mulai

Tugas akhir ini dapat dikatakan mulai apabila judul telah ditentukan dan proposal telah disusun.

2.2 Studi Literatur

Melakukan studi literatur yang berkaitan dengan tugas akhir, contohnya mengenai *chain conveyor*, cara kerja, serta informasi lain yang mendukung dan terkait dengan tugas akhir.

2.3 Melakukan Observasi di Lokasi

Melakukan observasi di lokasi pada area tempat tugas akhir akan diaplikasikan. Dalam hal ini area yang dimaksud adalah area *chain conveyor* dengan kode atau *Holcim Asset Code (HAC) 361 – CV1* . Observasi yang dilakukan adalah dengan menganalisa kebocoran *reject* material yang ditransportasikan oleh *chain conveyor 361 – CV1* saat proses pengembalian material ke *bucket elevator* dengan kode atau *Holcim Asset Code (HAC) 361 – BE1*

2.4 Mendiskusikan masalah untuk menentukan penyebab utama

Berdasarkan hasil observasi di lapangan, maka dilakukan diskusi mengenai masalah tersebut mengenai kebocoran material sisa saat proses pengembalian material dari *chain conveyor* dengan kode atau *Holcim Asset Code (HAC) 361 – CV1* ke *bucket elevator* dengan kode atau *Holcim Asset Code (HAC) 361 – BE1*. Diskusi dilakukan dengan melibatkan pembimbing di lapangan, dalam hal ini *superintendent maintenance mechanical Rawmill Kiln 1 department* di PT Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban, dan dosen pembimbing tugas akhir dari Politeknik Negeri Jakarta.

2.5 Menentukan Solusi Untuk Memperbaiki Kebocoran

Modifikasi dilakukan dengan mengganti material liner dari sebelumnya yaitu wear plate HB500 dengan tebal 10 mm menjadi *hardfacing plate 650 4on6* dengan pertimbangan kekerasan material yang disambung menggunakan metoda pengelasan untuk memasang material *liner* serta penambahan pelat siku yang dilas pada sisi luar *outlet chute* yang mengalami gesekan dengan material sisa untuk mengurangi risiko kebocoran.

2.6 Disetujui

Jika solusi yang dikemukakan tidak disetujui maka kembali ke poin dua yaitu studi literatur. Jika solusi yang dikemukakan disetujui maka dilanjutkan ke langkah berikutnya.

2.7 Proses Perbaikan dan Fabrikasi

Proses fabrikasi dilakukan di bengkel mekanik PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban dan proses perbaikan *chute* dilakukan pada saat *overhaul*.

2.8 Pengujian

Jika data yang diperoleh dari modifikasi *outlet chute* tidak benar, maka kembali ke poin empat yaitu Mendiskusikan masalah untuk menentukan penyebab utama. Tetapi jika data yang diperoleh tersebut sesuai dengan luaran yang diharapkan, maka dilanjutkan ke langkah berikutnya.

2.9 Analisa Biaya

Analisa biaya dilakukan untuk menentukan seberapa besar penghematan biaya yang akan didapatkan setelah dilakukan perbaikan *outlet chute chain conveyor* dengan kode atau *Holcim Asset Code (HAC) 361 – CV1* .

2.10 Kesimpulan

Kesimpulan didapatkan dari hasil evaluasi yang diperoleh setelah dilakukannya perbaikan pada *outlet chute chain conveyor* dengan kode atau *Holcim Asset Code (HAC) 361 – CV1* dan tercapainya tujuan dari tugas akhir ini.

2.11 Selesai

Tugas akhir ini dapat dikatakan selesai apabila laporan tugas akhir telah disusun, sidang tugas akhir telah dilakukan, nilai akhir tugas akhir yang didapatkan memenuhi syarat, dan laporan tugas akhir telah direvisi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kebutuhan Konsumen

Dalam kasus ini, konsumen (*raw mill and kiln production* Tuban 1) ingin masalah yang terjadi di *chain conveyor* diatasi, dikarenakan masalah tersebut membuat aliran *reject material Rawmill* mengalami kebocoran dan membuat kotor pada area bangunan Rawmill Tuban 1 yang membuat konsumen (*raw mill and kiln production* Tuban 1) harus melakukan pembersihan material yang bocor. Perbaikan ini diharapkan mampu meningkatkan ketahanan terhadap laju keausan dari *outlet chute chain conveyor 361-CV1*.

3.2 Perbaikan

3.2.1 Pengamatan desain *outlet chute* lama

Dilihat dari desain sebelumnya, material *liner outlet chute chain conveyor 361-CV1* menggunakan *wear plate HB500*. Ketika beroperasi, *reject material* dari *Rawmill* bergesekan langsung dengan *liner*. Semakin lama *liner* aus karena kontak *reject material* dengan *liner* dan mengakibatkan casing berlubang hingga membuat *reject material* bocor mengotori area di *bottom bucket elevator 361-BE1*. Dari masalah tersebut, diperlukan sebuah perbaikan yang dapat mengurangi frekuensi kebocoran *outlet chute 361-CV1*.

3.2.2 Pemilihan material

Pemilihan jenis material ini dikondisikan sesuai dengan kondisi kerja dari *outlet chute chain conveyor 361-CV1*. Adapun kondisi kerja dari *outlet chute chain conveyor* tersebut antara lain yakni gesekan.

Dari penjelasan di atas, maka dibutuhkan pelat yang mampu bertahan dalam kondisi gesekan, maka dipilihlah pelat jenis *wear plate* agar mampu bertahan dalam kondisi kerja yang telah disebutkan. Berikut perbandingan antara *wear plate HB500* tebal 10 mm dengan *hardfacing plate 650 4on6* yang ada di *warehouse PT Holcim Indonesia Tuban Plant* :

Tabel.1 Perbandingan Wear Plate

<i>Perbandingan Wear Plate</i>		
<i>Jenis</i>	<i>wear plate HB500</i>	<i>hardfacing plate 650</i>
<i>Tebal</i>	<i>10 mm</i>	<i>4on6</i>
<i>Produsen</i>	<i>PT Bima Bisalloy</i>	<i>PT Bima Bisalloy</i>
<i>Spesifikasi</i>	<i>Bisplate 500</i>	<i>Bisclad 650</i>
<i>Kekerasan</i>	<i>512 HB</i>	<i>642 HB</i>

3.2.3 Desain outlet chute baru

Berikut adalah perbaikan *outlet chute* yang baru untuk mengurangi frekuensi kebocoran *outlet chute chain conveyor* 361-CV1.



Gambar.3 Desain outlet chute baru

3.3 Biaya Perbaikan *Outlet Chute*

Berikut biaya koping perbaikan saat terjadi kebocoran pada *outlet chute chain conveyor* 361-CV1 :

Tabel.2 Biaya Man Power

No.	Nama Item	Biaya (Jam)	Jumlah (Orang)	Waktu (Jam)	Total
1	Man Power Civil Work	Rp28.267,00	2	6,5	Rp367.471,00
2	Man Power Mechanical Work	Rp30.920,00	2	6,5	Rp401.960,00
3	Man Power Scaffolding Work	Rp33.553,00	3	6,5	Rp654.283,50
Total					Rp1.423.714,50

Tabel.3 Biaya Alat dan Suku Cadang

No.	Nama Item	Biaya
1	Alat lengkap	Rp 174.000,-
2	Bisplate 500 (1500 x 3000 x 10)	Rp11.300.000
Total		Rp11.474.000,00

3.4 Biaya Penggantian *Outlet Chute*

Berikut rincian biaya penggantian *liner outlet chute 361-CV1* :

The screenshot shows the SAP Cost Accounting interface for order PM01 150001209449. The main cost breakdown table is as follows:

Group/Dscrptn	Est. costs	Plan costs	Act. costs	C.
Costs	0	231,885,780	231,956,600	IDR
• Labour own Maint.	0	5,156,320	5,156,320	IDR
• Maintenance Material	0	5,457,780	5,528,600	IDR
• Wear Parts	0	221,271,680	221,271,680	IDR

Gambar.4 Rincian biaya modifikasi *outlet chute 361-CV1*

3.5 Frekuensi Kerusakan *Outlet Chute*

Berikut frekuensi kerusakan *outlet chute 361-CV1* :

Tabel.4 Frekuensi Kerusakan *Outlet Chute 361-CV1*

Frekuensi Kerusakan <i>Outlet Chute Chain Conveyor 361-CV1</i>										
Keterangan	Sebelum dilakukan penggantian liner			Setelah dilakukan penggantian liner						
Tahun	2017			2018						
Bulan	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
Jumlah Perbaikan	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penyebab bocornya *outlet chute chain conveyor* 361-CV1 karena *liner* yang mengalami keausan lebih cepat.
2. Perbaikan *liner outlet chute chain conveyor* 361-CV1 berdampak baik terhadap ketahanan aus dan masalah kebocoran dapat terminimalisir.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih di ucapkan kepada Bapak Seto Tjahyono, S.T, M.T., Bapak Ahmad Nur Mustain, karyawan dan kontraktor PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban atas kerja samanya di kegiatan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Polysius, *Raw mill Quadropol Manual Book*, 2013
- [2] Aumund, *Manual Book of Chain conveyor*, 2012
- [3] Technical Information System (TIS) PT Holcim Indonesia Tbk. <http://hc-tb-tis-srv/km/>
- [4] NATA. (2017). *Test Certificate*. Bekasi: PT BIMA BISALLOY.

PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN SISTEM PENGHUBUNG MOTOR PENGGERAK CIRCULAR KNIVES PADA BAG SHREDDER 661 – SH1 DI INDUSTRI SEMEN

Syam Eko Dwi Prasetyo¹, Seto Tjahyono², Essa Abubakar Wahid³

1. Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta
2. Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
3. Engineer Support, Maintenance Department, PT. Holcim Indonesia. Tbk

syameko.holcim@gmail.com

Abstrak

Tahap akhir dalam suatu proses industri semen mencakup proses penggilingan akhir pada Cement Mill, proses pengepakan pada Packer Machine, dan proses pendistribusian pada Palletizer dalam bentuk semen kantong serta proses pendistribusian pada Cement Silo dalam bentuk semen curah. Proses pengepakan menghasilkan dua jenis kantong semen yaitu kantong semen tipe kertas dan plastik. Dan pada proses pengepakan tersebut pula terdapat suatu equipment yang berfungsi untuk menghancurkan kantong semen yang tidak layak untuk didistribusikan yang disebut dengan Bag Shredder. Komponen utama pada Bag Shredder meliputi Circular knives dan Rotary Screen. Prinsip kerja Bag Shredder adalah kantong semen dihancurkan dengan putaran Circular Knives, hasil dari penghancuran tersebut akan memisahkan semen dengan potongan kantong semen. Proses pemisahan atau penyaringan tersebut memanfaatkan putaran Rotary Screen. Potongan kantong semen akan didaur ulang, sedangkan semennya akan diproses kembali melalui Screw Conveyor. Permasalahan yang sering terjadi pada Bag Shredder 661 – SH1 adalah kerusakan sistem penghubung yaitu kopling fleksibel motor penggerak Circular Knives. Kerusakan terjadi pada gigi/ rahang penahan kopling yang hancur sehingga tidak dapat mencekam satu dengan lainnya. Umumnya, kerusakan kopling diakibatkan beban yang melebihi batas dari spesifikasi kopling dan juga tidak tepatnya jenis kopling yang digunakan. Dalam kasus kopling pada 661-SH 1, beban yang dimaksud adalah beban torsi dari motor dan beban tambahan dari kantong semen jenis plastik. Kantong semen tipe plastik memberikan beban tambahan pada poros circular knives dari proses pemotongan yang tidak sempurna yang mengakibatkan plastik membelit pada poros circular knives. Dampak dari kerusakan kopling ini antara lain sistem penimbangan tidak dapat dipakai sehingga berat kantong semen yang didistribusikan tidak konsisten, dan bertambahnya biaya maintenance akibat frekuensi penggantian kopling yang cukup tinggi. Kerusakan macam ini dapat dikurangi dengan melakukan pemilihan ulang kopling fleksibel yang tepat sehingga frekuensi penggantian kopling dapat ditekan seminimal mungkin. Dan dari minimnya tingkat shutdown sistem penimbangan, maka berat kantong semen yang didistribusikan dapat terus terkontrol.

Kata Kunci : Bag shredder, semen kantong, kopling

Abstract

The final stage in a cement industry process includes final milling process on the Cement Mill, packing process on Packer Machine, and distribution process on Palletizer in the form of bag cement and distribution process at Cement Silo in the form of bulk cement. The packing process produces two types of cement bags: paper and plastic cement bags. And in the packing process there is also an equipment that serves to destroy the cement bag that is not feasible to be distributed, called Bag Shredder. The main components of Bag Shredder include Circular Knives and Rotary Screen. The working principle of Bag Shredder is cement bags crushed by rotating Circular Knives. The result of the destruction then separates cement and the cement bags. The separation or filtering process utilizes Rotary Screen. After that, the pieces of the cement bag is recycled, while the cement is processed again through Screw Conveyor. The problem that often occurred in Bag Shredder 661 - SH1 is the damage to the connecting system which is flexible coupling motor of Circular Knives. The damage occurred is the teeth / jaw coupling holder destroyed so it could not grip one another. Generally, coupling damage is due to the loads that exceeded the limits of the coupling specification and also not exactly suitable to the type of coupling used. In the case of coupling at 661-SH 1, the intended load is the torque load of the motor and the auxiliary load of the plastic type cement bag. Plastic-type cement bags provide an additional burden on the circular knives shaft from the imperfect cutting process that leads to plastic twisted on the circular knives shaft. The impact of damage to this coupling included weighing systems could not be used so that the weight of the cement bags were distributed inconsistently, and an increase in maintenance costs due to the frequency of replacement coupling was quite high. This kind of damage can be reduced by re-selection of the right flexible coupling so that the coupling replacement frequency can be minimized. And from the minimal shutdown rate of the weighing system, the weight of the distributed bag of cement can continue to be controlled.

Keywords : Bag Shredder, cement bag, coupling

1. PENDAHULUAN

PT. Holcim Indonesia Tbk. selalu mengutamakan kepuasan konsumen untuk menjaga kepercayaan yang telah diberikan. Dalam hal ini penjualan dalam bentuk semen kantong harus memiliki bobot yang stabil dan tidak berubah-ubah. Peran sistem penimbangan dalam hal ini sangat diperlukan untuk memastikan berat semen kantong sesuai dengan yang ditentukan.

Conveyor scale/ belt weigher adalah alat yang digunakan untuk menimbang berat semen kantong yang akan didistribusikan. Semen kantong yang memiliki berat yang tidak sesuai akan di *reject* yang nantinya akan ditransport ke *bag shredder*. *Bag shredder* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengancurkan semen kantong yang memiliki berat yang tidak sesuai.

1.1 Latar Belakang

Penggunaan *bag shredder* bertujuan untuk memisahkan antara kantong semen dengan semen, sehingga semen yang telah terpisah dari kantong dapat digunakan kembali untuk produksi. Bobot semen bag yang terdeteksi tidak sesuai pada *belt weigher* akan langsung dijatuhkan menuju pisau potong/ *circular knives* pada *bag shredder* untuk dihancurkan. [1]

Dikarenakan beban yang melebihi spesifikasi kopling akibat beban tambahan dari semen kantong tipe plastik dan juga kurang tepatnya jenis kopling fleksibel motor penggerak *circular knives* yang terpasang saat ini, berdampak pada seringnya kerusakan kopling dan juga seringnya penggantian kopling tersebut. Rusaknya kopling akan mematikan *bag shredder* dan otomatis mematikan sistem penimbangan semen kantong.

Akibatnya, bobot semen kantong yang akan didistribusikan menjadi tidak terkontrol dan berdampak pada proses distribusi yang terganggu karena tonase pesanan yang tidak sesuai akan dikembalikan dan dicampur lagi setelah terdeteksi pada jembatan timbang. Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan pemilihan ulang kopling motor penggerak *circular knives* pada *bag shredder* 661 – SH1 yang sesuai.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan modifikasi ini untuk mengetahui jenis dan spesifikasi kopling yang sesuai untuk pemilihan ulang kopling pada motor penggerak *circular knives* pada *bag shredder* 661 – SH1. Dan manfaat yang diharapkan setelah selesainya modifikasi antara lain dapat mengurangi frekuensi kerusakan kopling motor penggerak *circular knives* pada *bag shredder* 661-SH1, dapat mengurangi *downtime* sistem penimbangan pada 661-BW1 akibat perbaikan dan penggantian kopling motor penggerak *circular knives* pada *bag shredder* 661-SH1, serta dapat mengurangi kerugian dari kerusakan kopling tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Observasi

Pada tahap ini, penulis melakukan pengamatan kondisi kopling secara langsung dan melakukan pengambilan data melalui pengecekan dan pengukuran terhadap objek-objek yang berhubungan dengan modifikasi ini, yaitu kopling dari motor penggerak *circular knives* pada *bag shredder* 661 – SH1. Data yang diperoleh antara lain :

1. Dimensi poros *circular knives* 661 – SH1.
2. Spesifikasi kopling dan motor penggerak *circular knives* 661 – SH1 yang terpasang saat ini.

2.2 Kebutuhan Konsumen

Pada tahap ini, penulis mencari informasi mengenai kebutuhan konsumen terkait dengan pemilihan ulang kopling. Konsumen yang dimaksud dalam hal ini adalah Departemen *Maintenance – Mechanic Finish Mill & Dispatch* (FMD). Sehingga diperoleh poin-poin kriteria yang harus dipenuhi dengan alat tugas akhir ini.

2.3 Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mengumpulkan dan mencari referensi terkait tugas akhir dari buku, jurnal-jurnal penelitian, katalog, dan akses internet, serta mempelajari mengenai elemen mesin tentang perhitungan pembebanan pada poros.

2.4 Modifikasi

Pada tahap ini, penulis melakukan modifikasi berdasarkan pemilihan konsep dan studi literatur dengan melakukan beberapa tahapan antara lain :

1. Perhitungan kekuatan poros *circular knives*.
2. Pemilihan kopling.

2.5 Diskusi

Pada tahap ini, penulis melakukan diskusi dengan pihak *Mechanic Finish Mill & Dispatch*, dosen, dan pihak terkait lainnya untuk mendapatkan solusi dan masukan yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

2.6 Realisasi

Pada tahap ini, penulis melakukan proses realisasi dari hasil modifikasi, berikut proses realisasi yang dilakukan dengan berbagai tahap, antara lain :

1. Persiapan dan penyediaan kopling baru,
2. Persiapan dan penyediaan tools yang diperlukan untuk pemasangan,
3. Pemasangan kopling baru langsung dilapangan dengan dibantu oleh karyawan dan kontraktor.

2.7 Uji Coba dan Pengamatan Hasil

Pada tahap ini, penulis melakukan uji coba dari kopling yang telah selesai direalisasikan dan dipasang pada *bag shredder* 661 – SH1, kemudian melakukan pengamatan terhadap dampak yang ditimbulkan antara kondisi aktual dan hasil modifikasi, seperti tingkat vibrasi sebelum dan setelah dilakukan modifikasi. Serta melakukan perbandingan data frekuensi kerusakan sebelum dan setelah dilakukan modifikasi sebagai tingkat keberhasilan proses realisasi tugas akhir ini.

2.8 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, penulis mengemukakan kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan dari uji coba yang dilakukan terhadap alat tugas akhir. Serta memaparkan berbagai saran yang dapat memperbaiki dan membangun alat tugas akhir yang telah direalisasikan agar mencapai kualitas yang lebih lebih baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Kebutuhan

Pemilihan ulang kopling dilatar belakangi oleh kenaikan jumlah semen kantong *reject* tipe plastik yang masuk pada *bag shredder* sehingga membuat beban pada kopling bertambah. Beban tersebut disebabkan oleh proses penggilingan semen kantong yang tidak sempurna, sehingga sisa kantong yang digilas ikut terlilit dan berputar pada bagian poros dan circular knives tersebut.

Hal tersebutlah yang membuat kopling mengalami beban tambah yang berakibat rusaknya kopling tersebut. Oleh karena itu proses pemilihan kopling disesuaikan dengan kriteria konsep yang telah disusun berdasarkan kebutuhan konsumen.

Kriteria konsep yang telah disusun antara lain :

1. Membutuhkan *quick actions* dalam pemilihan kopling.
2. Mudah dalam proses Instalasi dan Re-Instalasi.
3. Mudah dalam proses perawatan.
4. Kopling mudah didapat.
5. Harga kopling terjangkau.

3.2 Modifikasi Alat Tugas Akhir

Dalam tahap modifikasi terdapat dua proses yang dibahas, yaitu :

1. Melakukan proses perhitungan kekuatan poros *circular knives*,
2. Melakukan proses pemilihan kopling.

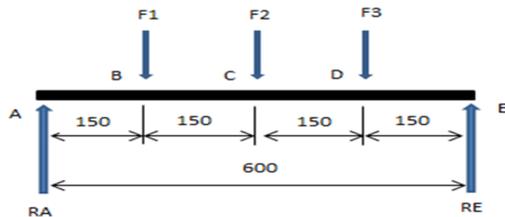
Perhitungan kekuatan poros

Proses perhitungan kekuatan poros dilakukan untuk mengetahui kekuatan poros ketika terdapat beban dari semen kantong, sekaligus untuk mengetahui kekuatan kopling.

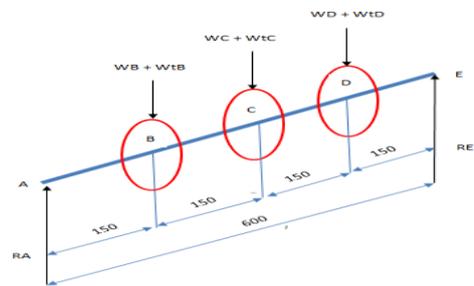
Pada perhitungan poros, nilai yang harus dicari adalah nilai gabungan dari momen puntir dan momen bending poros, dan memastikan diameter poros aman untuk beban-beban tersebut. Berdasarkan hasil observasi dan studi literatur pada *bag shredder* 661-SH1, diperoleh data sebagai berikut :

Diketahui : **Bahan poros S45 C-8**

- Tegangan tarik (σ_t) = 84 N/mm^2 [berdasarkan (ASME)]
- Safety factor (v) = 4
- Tegangan tarik yang diijinkan : (σ_{tallow}) = $\frac{\sigma_t}{v} = \frac{84}{4} = 21 \text{ N/mm}^2$ [Persamaan 1]
- Tegangan geser : (τ) = $0.6 \times \sigma_t = 0.6 \times 84 = 50.4 \text{ N/mm}^2$ [Persamaan 2]
- Tegangan geser yang diijinkan : (τ_{allow}) = $\frac{\tau}{v} = \frac{50.4}{4} = 12.6 \text{ N/mm}^2$ [Persamaan 3]
- Faktor kombinasi shock dan fatigue untuk bending (K_m) = 1.5
- Faktor kombinasi shock dan fatigue untuk torsi (K_t) = 1



Gambar 3.1 Free Body Diagram



Gambar 3.2 Pembebanan pada poros circular knives

Diketahui :

- Daya motor (P) = 4 kW
- Putaran motor (N) = 1460 rpm
- Diameter circular knives (ϕB) = 400 mm
($\phi B = \phi C = \phi D$)
- Berat/ beban semen kantong titik B (WB) = 50 kg
(WB = WC = WD)
- Jarak/ panjang tiap titik/ circular knives = 150 mm
- Jarak/ panjang total = 600 mm

Mencari torsi transmisi/ motor :

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi N} = \frac{(4 \times 10^3) \times 60}{2\pi \times 1460} \dots\dots\dots [Persamaan 4]$$

$$= 26.17 \text{ N-m}$$

$$= 26.17 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Mencari gaya tiap titik :

$$WtB = \frac{\text{Torsi transmisi}}{\text{jari-jari CK B}} = \frac{T}{rB} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 5}]$$

$$= \frac{26.17 \times 10^3}{200} = 130.85 \text{ N-m} \quad (WtB = WtC = WtD)$$

$$F1 = WB + WtB = 50 + 130.85 \\ = 180.35 \text{ N-m} \quad (F1 = F2 = F3)$$

Mencari reaksi tumpuan titik E :

$$\sum MA = 0$$

$$(F1 \times 0.15) + (F2 \times 0.3) + (F3 \times 0.45) - (RE \times 0.6) = 0 \dots\dots\dots [\text{Persamaan 6}]$$

$$RE = \frac{(F1 \times 0.15) + (F2 \times 0.3) + (F3 \times 0.45)}{0.6} = \frac{(180.85 \times 0.15) + (180.85 \times 0.3) + (180.85 \times 0.45)}{0.6}$$

$$= \frac{(27.13) + (54.26) + (81.39)}{0.6} = \frac{162.78}{0.6} = 271.3 \text{ N-m}$$

Mencari reaksi tumpuan titik A :

$$\sum ME = 0$$

$$RA - F1 - F2 - F3 + RE = 0 \dots\dots\dots [\text{Persamaan 7}]$$

$$RA = F1 + F2 + F3 - RE = (180.85 + 180.85 + 180.85) - 271.3 \\ = 542.55 - 271.3 = 271.3 \text{ N-m}$$

Mencari momen tiap titik :

$$MA = 0 \quad ME = 0$$

$$MB = RA \times 0.15 = 271.3 \times 0.15 = 40.7 \text{ N-m} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 8}]$$

$$MC = RA \text{ atau } RE \times 0.3 = 271.3 \times 0.3 = 81.4 \text{ N-m} \quad \rightarrow \text{Momen terbesar}$$

$$MD = RE \times 0.15 = 271.3 \times 0.15 = 40.7 \text{ N-m}$$

Mencari momen puntir equivalent :

$$Te = \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2} = \sqrt{(1.5 \times 81.4)^2 + (1 \times 26.17)^2} \\ = \sqrt{(122.1)^2 + (27.17)^2} = \sqrt{14908.41 + 738.21} = \sqrt{15646.62} \\ = 125.09 \text{ N-m} = 125.09 \times 10^3 \text{ N-mm} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 9}]$$

Mencari momen bending equivalent :

$$Me = \frac{1}{2} \left(Km \times M + \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2} \right) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 10}] \\ = \frac{1}{2} \left(1.5 \times 81.4 + \sqrt{(1.5 \times 81.4)^2 + (1 \times 26.17)^2} \right) \\ = \frac{1}{2} \left(122.1 + \sqrt{(122.1)^2 + (26.17)^2} \right) = \frac{1}{2} \left(122.1 + \sqrt{14908.41 + 684.87} \right) \\ = \frac{1}{2} \left(122.1 + \sqrt{15593.28} \right) = \frac{1}{2} (122.1 + 124.88) = \frac{1}{2} \times 246.98 \\ = 123.49 \text{ N-m} = 123.49 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

Mencari diameter poros :

$$\tau_{allow} = \frac{T_e}{W_p} \dots\dots\dots [Persamaan 11]$$

$$12.6 = \frac{125.09 \times 10^3}{\frac{\pi D^3}{16}}$$

$$D^3 = \frac{2001440}{\pi \times 12.6}$$

$$D = \sqrt[3]{50561.76}$$

$$D = 36.98 \text{ mm}$$

$$\sigma_{allow} = \frac{M_e}{W_b}$$

$$21 = \frac{123.49 \times 10^3}{\frac{\pi d^3}{32}}$$

$$d^3 = \frac{3951680}{\pi \times 21}$$

$$d = \sqrt[3]{59898.04}$$

$$d = 39.13 \text{ mm}$$

Berdasarkan diameter poros *circular knives* aktual yaitu 38 mm, maka dengan perhitungan tersebut poros masih aman untuk digunakan.

Metode pemilihan standar

Pemilihan kopling yang terhubung motor elektrik dengan daya 4 kW, putaran 1460 rpm, yang menggerakkan pisau potong/ *circular knives* untuk kertas. Diameter poros untuk motor adalah 28 mm, dan untuk *circular knives* adalah 38 mm.

1. Menentukan torsi sistem

$$\begin{aligned} \text{Torsi sistem [Nm]} &= \frac{\text{Power [kW]} \times 9550}{\text{Speed } \left[\frac{\text{r}}{\text{min}}\right]} \dots\dots\dots [Persamaan 12] \\ &= \frac{4 \times 9550}{1460} = \frac{38200}{1460} \\ &= 26.17 \text{ Nm} \end{aligned}$$

2. Service Factor

Menentukan *service factor* dapat dilihat dari tabel *service factor* berdasarkan pengaplikasiannya. Berdasarkan tabel tersebut didapatkan nilai *service factor* untuk jenis pengaplikasian *paper mills – cutter* adalah 2. [4]

3. Coupling rating

Menentukan *coupling rating* minimum yang dibutuhkan dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Coupling rating} &= \text{Service factor} \times \text{Torsi [Nm]} \dots\dots\dots [Persamaan 13] \\ &= 2 \times 26.17 \\ &= 52.34 \text{ Nm} \end{aligned}$$

4. Ukuran kopling

Berdasarkan tabel produk kopling yang dipilih, ukuran kopling 38 adalah pilihan tepat berdasarkan pada rating torsi 190 Nm yang melebihi nilai minimum 52.34 Nm yang diperlukan serta mengakomodasi persyaratan diameter *drive* dan poros penggerak. [4]

5. Pertimbangan lain

Kapasitas kecepatan 3600 (kopling ukuran 38) melebihi kecepatan yang dibutuhkan 1460 rpm. Kapasitas bore maksimum 48 mm melebihi diameter poros yang dibutuhkan sebesar 38 mm dan 28 mm. *Service factor* yang dihasilkan adalah 3.63. Ini akan memberikan layanan umur yang sangat baik untuk kopling dan tingkat keandalan yang tinggi. [4]



Gambar 3.3 Kopling sebelum modifikasi



Gambar 3.4 Kopling setelah modifikasi

Analisa *cost saving*

Setelah dilakukan modifikasi kopling penggerak *circular knives* pada *bag shredder* 661-SH1 didapatkan biaya penghematan dari segi biaya maintenance dan dari segi produksi.

Tabel 3.1 Biaya penggantian sebelum modifikasi [5]

No.	Nama Item	Harga	Jumlah	Total
1	Flender Coupling (N-EUPEX B-80)	Rp 1.250.000	1	Rp 1.250.000
2	WD-40	Rp 75.000	1	Rp 75.000
3	Man Power	Rp 250.000	4	Rp 1.000.000
Total				Rp 2.375.000

- Biaya man power dihitung perhari kerja yaitu 8 jam sebesar Rp 250.000 untuk setiap pekerja.
- Dari 4 man power, 2 orang sebagai mekanik untuk mengganti kopling dan 2 orang lainnya untuk melakukan alignment.
- Total biaya tersebut dihitung per-penggantian, dan total penggantian dalam satubulan sebanyak 4 kali penggantian. Itu berarti biaya Rp 2.375.000 x 4 = Rp 9.500.000 (per-bulan)

- Dan dalam kurun waktu 4 bulan kopling hasil modifikasi belum pernah mengalami penggantian. Itu berarti biaya penggantian $\text{Rp } 9.500.000 \times 4 = \text{Rp } 38.000.000$ (per-4 bulan)

Tabel 3.2 Kerugian *downtime equipment* [5]

Date	Downtime (h)	Rate Tonase	Cost/hour	Total
21-11-17	8	307.560	Rp 696.648	Rp 5.573.184
27-11-17	8	176.887	Rp 711.673	Rp 5.693.384
04-12-17	8	457.165	Rp 649.069	Rp 5.192.552
06-12-17	8	136.298	Rp 687.409	Rp 5.499.272
Total				Rp 21.958.392

- Total kerugian *downtime equipment* diatas dihitung perbulan, itu berarti kerugian *downtime equipment* selama penggantian adalah $\text{Rp } 21.958.392 \times 4 = \text{Rp } 87.833.568$ (per-4 bulan)

Tabel 3.3 Biaya penggantian modifikasi [5]

No.	Nama Item	Harga	Jumlah	Total
1	ROTEX Coupling 38	Rp 1.890.000	1	Rp 1.890.000
2	WD-40	Rp 75.000	1	Rp 75.000
3	Man Power	Rp 250.000	4	Rp 1.000.000
Total				Rp 2.965.000

Berdasarkan ketiga tabel diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Kerugian total = Biaya maintenance/ penggantian + kerugian *downtime equipment*
 $= \text{Rp } 38.000.000 + \text{Rp } 87.833.568$
 $= \text{Rp } 125.833.568$
2. Saving cost = Kerugian total – biaya penggantian modifikasi
 $= \text{Rp } 125.833.568 - \text{Rp } 2.965.000$
 $= \text{Rp } 122.868.568$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil modifikasi kopling motor penggerak *circular knives* pada *bag shredder* 661-SH1 adalah :

- Terjadi penurunan frekuensi penggantian akibat kerusakan kopling, sebelum penggantian frekuensi kerusakan 4 kali perbulan. Itu berarti terjadi kerusakan sekali perpekan. Dan sampai saat ini memasuki 4 bulan belum pernah terjadi kerusakan pada kopling.
- Terjadi kenaikan waktu operasi equipment *bag shredder* 661-SH1 setelah penggantian. Waktu operasi dari 338.58 jam per bulan menjadi 451.64 jam perbulan.
- Terjadi kenaikan jumlah semen kantong *reject* yang masuk ke *bag shredder* 661-SH1. Jumlah sebelumnya 6118 bag menjadi 7744 bag.
- Proses produksi semen kantong menjadi lancar dan berat semen kantong yang didistribusikan menjadi lebih terkontrol.
- Menghemat biaya sebesar Rp 122.868.568 setiap penggantian kopling hasil modifikasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] HAVER & BOECKER Machine. *Bag Crusher*. Translation of the original instructions Operating instructions. 2012.
- [2] Khurmi, R.S. J.K. Gupta. *A Textbook of Machine Design*. S.I. Units. Eurasia Publishing House (Pvt) Ltd. New Delhi. 2005.
- [3] Verlag Europa Lehrmittel, "*Mechanical and Metal Trades Handbook*", Haan-Gruiten, 1st English Edition, 2006.
- [4] Wibbeling, Reinhard. *Flexible ROTEX® Couplings*. The manufacturer-KTR Systems GmbH, D-48432 Rheine. 2014.
- [5] **Technical Information System (TIS) PT. Holcim Indonesia Tbk.** <http://hc-tb-tis-srv/km/>

**USULAN KEBIJAKAN MAINTENANCE
MENGUNAKAN METODE
RAM ANALYSIS DAN RCM DI PT XYZ**

Anisa Endah Sulistyowati¹, Judi Alhilman², Nurdinintya Athari²

¹Teknik Industri, Universitas Telkom,

²Prodi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
anisaendahsulistyowati@gmail.com,

Abstrak

Transportasi memegang peranan penting dalam aktivitas ekspor impor. Untuk memindahkan muatan dari dermaga menuju kapal diperlukan towing winch. Towing winch memiliki beberapa bagian diantaranya frame assy. PT XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi APKL (Alat & Peralatan Kapal Laut). Mesin yang biasa digunakan untuk memproduksi APKL, khususnya frame assy adalah mesin Waldrich Siegen yang memiliki enam subsistem. Dengan menggunakan risk matrix diperoleh tiga subsistem kritis, yaitu meja, lengan, dan hidrolik. Mesin Waldrich Siegen sering mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan analisis RAM (Keandalan, Ketersediaan, dan Kemampurawatan). Berdasarkan hasil pengolahan data RAM, pada $t = 570$ nilai keandalan hidrolik (25%), lengan (19%), meja (17%) dan keseluruhan sistem kritis 0,79%. Maka waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan kondisi semula adalah meja berkisar 4 jam (82%), hidrolik 2 jam (85%), lengan 4 jam (80%). Nilai ketersediaan inheren sistem 99,16% dan nilai ketersediaan operasional 92,18%. Berdasarkan evaluasi menggunakan indikator capaian maintenance, nilai ketersediaan indikator utama sudah mencapai target, sedangkan indikator keterlambatan belum mencapai target. Oleh karena itu perlu dilakukan kebijakan maintenance yang lebih baik. Kebijakan maintenance dapat ditentukan dengan metode RCM. Berdasarkan metode RCM didapatkan kebijakan preventive maintenance yang tepat 8 pendeteksian awal, 3 perbaikan, 5 scheduled penggantian komponen. Dengan menggunakan metode RCM, PT XYZ dapat menghemat biaya perawatan sebesar Rp 504.835.261,05.

Kata Kunci: Keandalan, Ketersediaan, Kemampurawatan, Indikator capaian maintenance, dan RCM.

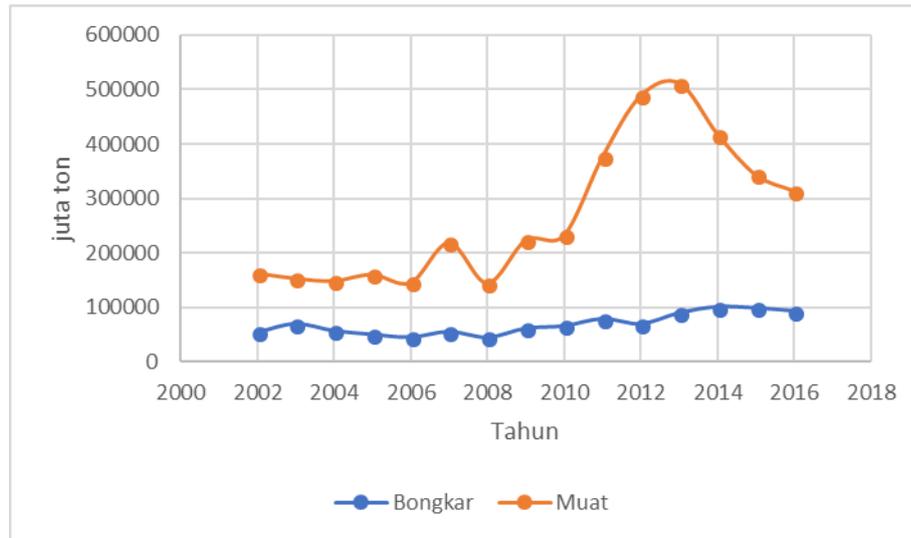
Abstract

Transportation has an important role in import export activities. To move the cargo from the dock to the ship required towing winch. Towing winch has several parts including frame assy. PT XYZ is a company that produces APKL (Tools & Equipment of Ships). The machine commonly used to produce APKL, especially frame assy is Waldrich Siegen machine which has six subsystems. By used the risk matrix obtained three critical subsystems, they were table, arm, hydraulic. The Waldrich Siegen machine was often damaged, so RAM analysis was required. Based on RAM data processing, at $t = 570$ reliability value of hydraulic (25%), arm (19%), table (17%) and overall critical system 0,79%. Then the time required to restored the original condition were the table range from 4 hours (82%), hydraulic 2 hours (85%), arm 4 hours (80%). Inherent Availability Value system 99.16% and Operational Availability value 92.18%. Based on the evaluate used world class maintenance key performance indicator, the leading availability indicator value was reached the target, while the lagging was not reached the target. Therefore it is necessary to do better maintenance policies. Maintenance policies were determined by the RCM method. Based on RCM method, we got the optimum preventive maintenance policies there were 8 scheduled on condition task, 3 scheduled restoration task, 5 scheduled discard task. By used RCM method, PT XYZ could save maintenance cost Rp 504.835.261,05

Keywords: Reliability, Availability, Maintainability, Key Performance Indicator, and RCM.

I. PENDAHULUAN

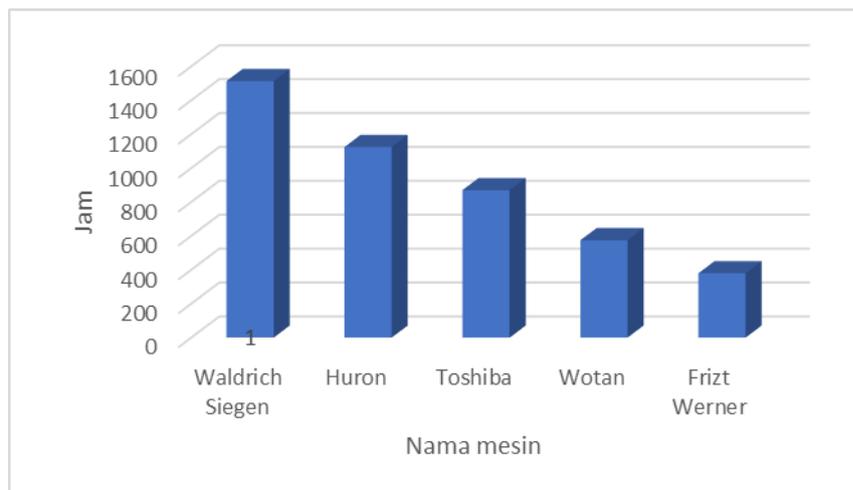
Transportasi memegang peranan penting dalam perdagangan ekspor dan impor. Hal yang perlu diperhatikan dalam menunjang kelancaran pendistribusian barang dan jasa adalah armada yang digunakan. Kegiatan ekspor dan impor banyak dilakukan dengan melewati jalur laut, hal ini dibuktikan dengan banyaknya bongkar muat barang pelayaran luar negeri yang dilakukan di pelabuhan Indonesia seperti ditunjukkan pada Gambar.1.



Gambar.1 Perkembangan Bongkar Muat Barang Pelayaran Luar Negeri di Pelabuhan Indonesia [1].

Alat transportasi merupakan bagian penting yang menunjang terselenggaranya kegiatan ekspor impor berjalan lancar. Kapal mempunyai peranan penting dalam menjamin terselenggaranya mobilitas barang antar pulau. Untuk memindahkan barang dari dermaga ke kapal diperlukan alat bantu berupa *towing winch*. Produk *towing winch* PT XYZ biasa digunakan untuk memindahkan muatan dengan beban lebih dari 50 ton seperti produk besi dan baja. *Towing winch* tersusun dari beberapa komponen *assembly*, diantaranya adalah *frame assy*, *rope drum*, *warping end*, *main shaft*, *gear*, *brake assy*, *gear cover*, dan *motor hydraulic*.

PT XYZ merupakan perusahaan BUMN yang bergerak dalam bidang Alutsista (Alat Utama Sistem Persenjataan) dan beberapa produk komersial. Salah satu produk komersial yang dihasilkan PT XYZ adalah APKL (Alat & Peralatan Kapal Laut) yang meliputi produk *towing winch*. Pada Divisi Alat Berat terdapat beberapa mesin diantaranya yaitu Waldrich Siegen, Huron, Toshiba, Wotan dan Fritz Werner. Pada penelitian tugas akhir ini penulis memilih mesin Waldrich Siegen sebagai objek penelitian. Pemilihan mesin Waldrich Siegen didasarkan pada data *downtime* mesin Divisi Alat Berat pada tahun 2015 – 2017.



Gambar.2 Data *Downtime* Mesin Divisi Alat Berat PT XYZ tahun 2015 – 2017

Mesin Waldrich Siegen digunakan untuk memproduksi APKL, khususnya *frame assy* yang merupakan komponen penyusun produk *towing winch*. Banyaknya *downtime* yang terjadi menyebabkan terhambatnya proses produksi *frame assy* dan tingginya biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan *corrective maintenance*.

Dalam mengatasi hal tersebut maka perlu adanya pengaturan penjadwalan *maintenance* yang baik untuk mencegah terjadinya kegagalan sistem dan mengurangi *downtime* mesin. Metode yang dapat digunakan pada penelitian ini adalah *RAM Analysis* dan *Reliability Centered Maintenance*. Penggunaan metode *RAM Analysis* digunakan untuk memprediksi dan mengevaluasi kinerja sistem. Sedangkan metode *RCM* digunakan untuk menentukan kebijakan perawatan *preventive* sehingga mengembalikan keandalan pada sistem dengan biaya minimal.

Integrasi antara *RAM Analysis* dan *RCM* dapat membantu mencapai efisiensi sistem yang tinggi dan berkontribusi dalam mengoptimalkan kebijakan perawatan guna mengurangi masalah kritis dan juga berdampak dalam meningkatkan efisiensi dan ketersediaan sistem operasi [2].

II. METODE PENELITIAN

2.1 RISK MATRIX

Risk Matrix digunakan untuk melakukan penilaian risiko. Penentuan tingkat risiko menggunakan dua parameter yaitu *likelihood* dan *severity*. *Likelihood* merupakan parameter yang menunjukkan probabilitas kemungkinan risiko bahaya terjadi. *Severity* merupakan parameter yang menunjukkan tingkat keparahan dari bahaya yang diidentifikasi [3].

2.2 RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABILITY (RAM)

Reliability, Availability, Maintainability (RAM) Analysis merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi kinerja keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*), kemampuan perawatan (*maintainability*) dari suatu sistem atau komponen. Indikator kinerja utama dalam RAM yaitu *availability* yang merupakan bagian dari waktu saat sistem tersebut berfungsi secara penuh. *RAM analysis* adalah cara yang digunakan untuk memprediksi dan memperbaiki kinerja sistem. Informasi yang diperoleh dari analisis membantu manajemen dalam peningkatan kinerja sistem. Metode *RAM Analysis* memberikan dasar kuantitatif mengenai peralatan yang digunakan, dalam memfasilitasi kegiatan perbaikan, prioritas seluruh keandalan, dan keputusan ketersediaan di masa depan. Faktor-faktor yang memengaruhi RAM meliputi mesin, kondisi operasi, dan kondisi perawatan [2].

2.3 RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)

Reliability Centered Maintenance adalah suatu proses/ metode yang digunakan untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan supaya asset fisik atau suatu sistem berjalan sesuai dengan yang direncanakan [4].

Tujuan *RCM* sebagai berikut [5] :

1. Untuk menetapkan prioritas yang terkait dengan desain yang dapat mendukung pemeliharaan *preventive*.
2. Untuk mendapatkan informasi yang berguna dalam meningkatkan desain komponen yang memiliki keandalan yang tidak memuaskan.
3. Untuk mengembangkan kegiatan yang terkait dengan pemeliharaan *preventive* yang dapat mengembalikan keandalan dan keamanan pada tingkat peralatan yang sebenarnya saat peralatan atau sistem sedang menurun.
4. Untuk mencapai tujuan tersebut dengan biaya minimum.

2.4 PREVENTIVE TASK

Kegiatan *preventive task* terbagi menjadi tiga kategori yaitu *Scheduled On-condition Task, Scheduled Restoration Task, dan Scheduled Discard Task* [4].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PENENTUAN SISTEM KRITIS MENGGUNAKAN *RISK MATRIX*

Mesin *Waldrich Siegen* memiliki enam subsistem, yaitu *table, arm, hydraulic, control panel, electrical cabinet, dan coolant*. Berdasarkan *risk matrix*, terdapat tiga subsistem yang dikatakan kritis, yaitu *table, hydraulic, dan arm*. Subsistem *table* memiliki nilai risiko sebesar 20, serta *hydraulic* dan *arm* sebesar 12. Penilaian risiko dilakukan berdasarkan wawancara terhadap perusahaan dengan menyesuaikan literatur yang ada [3].

3.2 PENENTUAN DISTRIBUSI *TIME TO REPAIR* SUBSISTEM KRITIS

Penentuan distribusi *Time to Failure* dilakukan menggunakan data historis kerusakan mesin Waldrich Siegen. Data kerusakan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data kerusakan dari Januari 2015 – Desember 2017. Perhitungan *Time to Repair* (TTR) pada subsistem kritis menggunakan uji Anderson-Darling yang diperoleh menggunakan *software* Minitab 17 yang dapat dilihat pada Tabel.1.

Tabel.1 Distribusi *Time to Repair* dan MTTR Subsistem Kritis

Subsistem	Distribusi	Parameter	(1+(1/β))	Tabel Gamma	MTTR (Jam)
<i>Table</i>	Normal	μ	2,34089		2,34089
<i>Hydraulic</i>	Weibull	η	1,18604	1,57	0,89049
		β	1,73986		
<i>Arm</i>	Normal	μ	2,51839		2,51839

Distribusi yang terpilih untuk subsistem *table* dan *arm* adalah normal. Sedangkan subsistem *hydraulic* berdistribusi Weibull.

3.3 PENENTUAN DISTRIBUSI *TIME TO FAILURE* SUBSISTEM KRITIS

Penentuan distribusi *Time To Failure* dilakukan menggunakan data historis kerusakan mesin Waldrich Siegen. Data kerusakan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data kerusakan dari Januari 2015 – Desember 2017. Perhitungan *Time To Failure* (TTF) pada pada subsistem kritis menggunakan uji Anderson-Darling yang diperoleh menggunakan *software* Minitab 17 yang dapat dilihat pada Tabel.2.

Tabel.2 Distribusi *Time to Failure* dan MTTF Subsistem Kritis

Subsistem	Distribusi	Parameter	(1/β+1)	Tabel Gamma	MTTF (Jam)
<i>Table</i>	Weibull	η	643,739	1,49	0,88595
		β	2,02699		
<i>Hydraulic</i>	Weibull	η	957,617	1,43	0,88604
		β	2,33904		
<i>Arm</i>	Weibull	η	926.046	1,37	0,88931
		β	2,68012		

Distribusi yang terpilih untuk ketiga subsistem kritis adalah Weibull. Seluruh subsistem memiliki nilai parameter $\beta > 1$ yang berarti subsistem memiliki laju kerusakan tinggi dikarenakan usia mesin yang berada pada fase *wear out*.

3.4 PERHITUNGAN *RELIABILITY*

Reliability merupakan suatu probabilitas yang menunjukkan bahwa suatu komponen atau sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang dibutuhkan dalam periode waktu tertentu saat digunakan dalam kondisi operasi. Keandalan dari sebuah sistem dapat menurun sesuai dengan bertambahnya waktu [6].

Perhitungan *reliability* menggunakan parameter MTTF. MTTF pada ketiga subsistem berdistribusi Weibull, maka perhitungan *reliability* menggunakan rumus berikut :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-r}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.1)$$

Berdasarkan *Reliability Block Diagram*, subsistem yang ada pada sistem kritis tersusun secara seri sehingga *reliability* sistem dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$RS1 = Table \times Arm \times Hydraulic \quad (3.2)$$

Tabel.3 merupakan hasil perhitungan *reliability* pada sistem kritis dan subsistem yang ada di dalamnya.

Tabel.3 Perhitungan *Reliability* Sistem Kritis

t(hours)	Table	Hydraulic	Arm	Reliability System
30	91%	93%	92%	77,53%
60	83%	86%	84%	60,10%
90	75%	80%	77%	46,59%
120	69%	75%	71%	36,12%
150	62%	69%	65%	28,00%
180	57%	64%	59%	21,71%
210	52%	60%	54%	16,83%
240	47%	56%	50%	13,05%
270	43%	52%	46%	10,12%
300	39%	48%	42%	7,84%
330	35%	45%	38%	6,08%
360	32%	42%	35%	4,71%
390	29%	39%	32%	3,65%
420	27%	36%	30%	2,83%
450	24%	33%	27%	2,20%
480	22%	31%	25%	1,70%
510	20%	29%	23%	1,32%
540	18%	27%	21%	1,02%
570	17%	25%	19%	0,79%

Reliability subsistem dari yang paling tinggi hingga yang paling rendah pada t = 570 jam adalah *hydraulic* (25%), *arm* (19%), dan *table* (17%). subsistem *table* memiliki nilai *reliability* terendah, yang berarti bahwa peluang subsistem *table* pada mesin waldrich siegen berjalan sesuai dengan fungsinya pada t =570 jam yaitu sebesar 17%. subsistem *table* memiliki nilai MTTF terendah diantara subsistem kritis yang lain, dimana MTTF memiliki hubungan berbanding lurus dengan *reliability*. maka untuk menaikkan nilai *reliability* mesin maka harus menaikkan nilai MTTF dengan cara membuat *maintenance task* yang lebih efisien. pembuatan *maintenance task* usulan dilakukan pada metode RCM.

3.5 PERHITUNGAN MAINTAINABILITY

Maintainability adalah probabilitas bahwa suatu tindakan pemeliharaan pencegahan maupun perbaikan dilakukan dalam interval waktu yang ditentukan sesuai dengan prosedurnya. parameter yang digunakan dalam *maintainability* adalah MTTR. persamaan untuk mendapatkan nilai *maintainability* adalah sebagai berikut :

$$M(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{MTTR}\right). \quad (3.3)$$

Tabel.4 merupakan hasil perhitungan *maintainability* subsistem kritis mesin Waldrich Siegen.

Tabel.4 Hasil Perhitungan *Maintainability* Sistem Kritis

t(hours)	Table	Hydraulic	Arm
1	35%	61%	33%
2	57%	85%	55%
3	72%	94%	70%
4	82%	98%	80%
5	88%	99%	86%
6	92%	100%	91%
7	95%	100%	94%
8	97%	100%	96%
9	98%	100%	97%
10	99%	100%	98%
11	99%	100%	99%
12	99%	100%	99%
13	100%	100%	99%
14	100%	100%	100%
15	100%	100%	100%

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki sistem kritis mesin Waldrich Siegen berkisar antara $t = 1-14$ jam. MTTR digunakan sebagai parameter dalam melakukan perhitungan *maintainability*, semakin kecil MTTR maka nilai *maintainability* semakin besar, sehingga subsistem tersebut membutuhkan waktu yang lebih cepat dalam perbaikan.

Sistem akan kembali berfungsi secara sempurna apabila telah dilakukan perbaikan table selama 13 jam, arm 14 jam, dan hydraulic 6 jam. Variasi lama waktu perbaikan dapat diakibatkan karena jenis kerusakannya yang berbeda. Nilai *maintainability* pada setiap subsistem lebih besar dibandingkan nilai MTTR, hal ini dapat terjadi akibat usia mesin yang telah mencapai fase wear out sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk diperbaiki.

Nilai t merupakan variabel bebas yang digunakan untuk menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan sistem pada kondisi tertentu. Berdasarkan nilai MTTF subsistem table mengalami kerusakan rata-rata setiap 570,32 jam. Nilai reliability subsistem table pada $t = 570$ adalah sebesar 17%, maka waktu perbaikan yang dibutuhkan untuk mengembalikan reliability subsistem table menjadi 100% adalah berkisar selama 4 jam dengan nilai *maintainability* sebesar 82%, hydraulic 2 jam sebesar 85%, dan arm 4 jam sebesar 80%. Dari analisa yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa subsistem pada sistem kritis memiliki waktu perbaikan yang cukup lama. Maka untuk menaikkan nilai *maintainability* diperlukan nilai MTTR yang kecil sehingga perlu dilakukan maintenance task yang efisien pada sistem kritis. Maintenance task dapat dilakukan dengan menggunakan metode RCM.

3.6 PERHITUNGAN AVAILABILITY

3.6.1 PERHITUNGAN INHERENT AVAILABILITY

Inherent Availability adalah kesiapan suatu sistem pada saat dievaluasi dalam kondisi lingkungan yang ideal [6]. Perhitungan *Inherent Availability* adalah sebagai berikut :

$$A_i = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (3.4)$$

Tabel.5 Perhitungan *Inherent Availability* Sistem Kritis

Table	Hydraulic	Arm	Availability System
99.59%	99,88%	99,70%	99,16%

Pada Tabel 5 diketahui nilai *inherent availability* sistem kritis adalah sebesar 99,16%. Berdasarkan *leading indicator* menggunakan IVARA *World Class Target for Key Performance Indicator* sebesar 95%, maka *availability* mesin Waldrich Siegen telah mencapai target [7].

3.6.2 PERHITUNGAN OPERATIONAL AVAILABILITY

Operational Availability adalah ukuran kesiapan sistem yang mempertimbangkan seluruh jenis *downtime* yang dipengaruhi oleh logistik, administrasi, *delay*, *corrective maintenance*, dan *preventive maintenance*. Perhitungan *Operational Availability* adalah sebagai berikut :

$$A_o = \frac{\text{Uptime}}{\text{Siklus Operasi}} \quad (3.5)$$

Tabel.6 Perhitungan *Operational Availability* Sistem Kritis

Table	Hydraulic	Arm	Availability System
97,36%	98,42%	96,20%	92,18%

Pada Tabel 6 diketahui nilai *operational availability* sistem kritis adalah sebesar 92,18%. Berdasarkan *lagging indicator* menggunakan IVARA *World Class Target for Key Performance Indicator* sebesar 95%. Maka *availability* mesin Waldrich Siegen belum mencapai target. Hal ini dapat diakibatkan karena banyaknya *downtime* yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan perbaikan kebijakan *maintenance* menggunakan metode RCM untuk mengurangi waktu *downtime*.

3.7 FAILURE MODE AND ANALYSIS

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menjelaskan beberapa modus kegagalan yang mungkin dapat terjadi pada subsistem kritis serta dampak yang ditimbulkannya. FMEA setiap kegagalan pada subsistem kritis mesin Waldrich Siegen dapat dilihat pada Tabel.7

Tabel.7 FMEA Subsistem Kritis Mesin Waldrich Siegen

Information Worksheet RCM		Sistem		Waldrich Siegen			
Function		Functional Failure (Loss of Fuction)		Failure Mode (Cause of Failure)		Failure Effect (What Happens When it Fails)	
1	Menyambungkan komponen satu dengan yang lainnya.	1.1	Gagal menyambungkan komponen satu dengan yang lainnya	1.1.1	Beban terlalu berat	1.1.1	Joint patah
	Menahan beban (sebagai dudukan) ketika meja bergeser. Bergerak secara statis.	1.2	Gagal menahan beban ketika meja bergeser	1.2.1	Beban terlalu berat	1.2.1	Steel ball hancur
				1.2.2	Oli tidak jalan	1.2.2	Bearing macet
	Menahan beban (sebagai dudukan) ketika meja bergeser. Bergerak secara dinamis.	1.3	Gagal menahan beban ketika meja bergeser	1.3.1	Ballscrew aus	1.3.1	Pergerakan table terhambat
	Memindahkan kecepatan	1.4	Gagal memindahkan kecepatan	1.4.1	Spul melemah	1.4.1	Gigi tidak dapat berpindah
				1.4.2	Beban terlalu berat	1.4.2	Kupling aus
	Menggerakkan axis X,Y,Z, dan spindle dengan baik	1.5	Gagal menggerakkan axis x,y,z dan spindle dengan baik	1.5.1	Terdapat short body	1.5.1	Putaran tidak normal
				1.5.2	Beban terlalu berat	1.5.2	Putaran tidak normal
				1.5.3	Beban terlalu berat	1.5.3	Motor panas (suhu tidak boleh lebih dari 40°)

2	Menutup dan membuka saluran sehingga fluida dapat mengalir	2.1	Gagal menutup dan membuka saluran sehingga fluida tidak dapat mengalir	2.1.1	Solenoid valve macet	2.1.1	Over pressure
	Mengalirkan fluida	2.2	Gagal mengalirkan fluida	2.2.1	Selang tersumbat kotor	2.2.1	System hydraulic tidak jalan
				2.2.2	Selang regas	2.2.2	System hydraulic tidak jalan
Menyambungkan sisi dengan sisi yg lain pada subsystem hydraulic.	2.3	Gagal menyambungkan sisi dengan sisi yang lain pada subsystem hydraulic.	2.3.1	Connector tersumbat	2.3.1	Pressure tertutup sehingga oli tidak mengalir	
3	Menahan beban (sebagai dudukan) ketika arm bergeser. Bergerak secara statis.	3.1	Gagal menahan beban ketika arm bergeser	3.1.1	Beban terlalu berat	3.1.1	Steel ball hancur
	Menahan beban (sebagai dudukan) ketika arm bergeser. Bergerak secara dinamis.	3.2	Gagal menahan beban ketika arm bergeser	1.3.1	Ballscrew aus	1.3.1	Pergerakan arm terhambat
	Menahan dan mendukung pergerakan arm (sebagai bantalan)	3.3	Gagal menahan dan mendukung pergerakan arm	4.3.1	Rel (linier motion guiede) aus	4.3.1	Tidak dapat membaca indikator kecepatan

3.8 PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN

Tahap perhitungan waktu interval perawatan yaitu dengan menentukan selang waktu perbaikan berdasarkan *failure mode* masing-masing kerusakan sesuai dengan *preventive task selection* yang telah ditentukan

1. *Scheduled On-condition Tasks*

Perhitungan interval waktu perawatan untuk *Scheduled On-condition Task* adalah setengah dari P-F Interval. Dimana P-F adalah nilai MTTF.

2. *Scheduled Restoration Tasks dan Scheduled Discard Tasks*

Scheduled Restoration Tasks merupakan kegiatan perawatan preventive yang dilakukan untuk mengembalikan kemampuan komponen sebelum batas umurnya tanpa memperhatikan kondisinya. Sedangkan *Scheduled Discard Tasks* merupakan kegiatan perawatan preventive dengan melakukan penggantian komponen untuk dapat mengembalikan fungsinya tanpa memperhatikan kondisinya. Perhitungan interval waktu perawatan *Scheduled Restoration Tasks* dan *Scheduled Discard Tasks* menggunakan parameter MTTF dan MTTR yang selanjutnya dilakukan perhitungan biaya perbaikan atau pergantian akibat rusaknya komponen dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [8].

$$C_f = C_r + MTTR (C_o + C_w) + \text{Biaya Tools} \quad (3.6)$$

$$T_m = \eta \times \left(\frac{C_m}{C_f (\beta - 1)} \right)^{1/\beta} \quad (3.7)$$

$$C_m = \text{Biaya Tools} + MTTR (C_o + C_w) \quad (3.8)$$

Dengan :

- Cf** = Biaya perbaikan atau penggantian karena rusaknya komponen setiap siklus perawatan.
- Cr** = Biaya penggantian kerusakan komponen (hanya pada *scheduled discard*)
- Co** = Biaya kerugian produksi
- Cw** = Biaya tenaga kerja
- Tm** = Frekuensi perawatan
- Cm** = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan.

3.9 PENENTUAN BIAYA PERAWATAN

Perhitungan biaya perawatan dilakukan menggunakan rumus berikut, dengan menyesuaikan pada *scheduled task* yang diperoleh.

$$Tc = (Cm + Cr) \times Fm \quad (3.9)$$

Dengan :

- Cm** = Biaya yang dikeluarkan untuk perawatan
- Cr** = Biaya penggantian kerusakan komponen (hanya pada *scheduled discard*)
- Fm** = Frekuensi perawatan

Hasil perhitungan interval dan biaya perawatan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel.8 Perhitungan Interval dan Biaya Perawatan Usulan

Subsistem	Information Reference			Task	Tm	Fm	Biaya Perawatan (TC)	
	F	FF	FM					
Table	1	1.1	1.1.1	Scheduled On Condition Task	285,16	18	Rp	402.518.804,66
		1.2	1.2.1	Scheduled On Condition Task	285,16	18	Rp	402.518.804,66
			1.2.2	Scheduled On Condition Task	285,16	18	Rp	402.518.804,66
		1.3	1.3.1	Scheduled Discard Tasks	541,23	9	Rp	378.795.095,36
		1.4	1.4.1	Scheduled Discard Tasks	560,77	9	Rp	340.239.332,62
			1.4.2	Scheduled On Condition Task	285,16	18	Rp	402.518.804,66
		1.5	1.5.1	Scheduled On Condition Task	285,16	18	Rp	402.518.804,66
			1.5.2	Scheduled On Condition Task	285,16	18	Rp	402.518.804,66
			1.5.3	Scheduled On Condition Task	285,16	18	Rp	402.518.804,66
Hydraulic	2	2.1	2.1.1	Scheduled Restoration Tasks	845,25	6	Rp	124.451.160,81

		2.2	2.2.1	<i>Scheduled Restoration Tasks</i>	845,25	6	Rp	124.451.160,81
			2.2.2	<i>Scheduled Discard Tasks</i>	831,11	6	Rp	131.662.265,27
		2.3	2.3.1	<i>Scheduled Restoration Tasks</i>	845,25	6	Rp	124.451.160,81
Arm	3	3.1	3.1.1	<i>Scheduled On Condition Task</i>	424,24	12	Rp	293.161.463,32
		3.2	3.2.1	<i>Scheduled Discard Tasks</i>	746,39	7	Rp	219.005.186,96
		3.3	3.3.1	<i>Scheduled Discard Tasks</i>	747,37	7	Rp	217.949.232,38

Berdasarkan hasil perhitungan, biaya yang dikeluarkan untuk melakukan kegiatan *preventive maintenance* eksisting adalah sebesar Rp5.276.632.952, sedangkan untuk kegiatan *preventive maintenance* usulan berdasarkan *scheduled task* yang diperoleh adalah sebesar Rp 4.771.79.690,95. Biaya *preventive maintenance* usulan lebih rendah dibandingkan *preventive maintenance* eksisting. Dengan menggunakan metode RCM perusahaan dapat menghemat biaya perawatan sebesar Rp 504.835.261,05.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis serta pembahasannya, didapatkan diketahui maintenance eksisting yang telah dilakukan PT XYZ belum optimal dikarenakan jumlah *downtime* yang masih tinggi. Oleh karena itu dilakukan kebijakan maintenance usulan dengan menggunakan metode RCM. Berdasarkan metode RCM yang telah dilakukan, maka diperoleh kegiatan *preventive maintenance* yang tepat untuk subsistem kritis adalah 8 *scheduled on condition task*, 3 *scheduled restoration task*, dan 5 *scheduled discard task*. Dengan menggunakan kebijakan *maintenance* usulan maka PT XYZ dapat menghemat biaya perawatan sebesar Rp 504.835.261,05.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subdirektorat Statistik Transportasi. (2016). Statistik Transportasi Laut. Indonesia: Badan Pusat Statistik.
- [2] Claudia, I. D. (2016). Integration between RCM and RAM: a case study. Emerald Group Publishing Limited.
- [3] Agnes, T., & Togar, P. W. (2015). Perancangan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada PT.Injaplast. Surabaya: Jurnal Titra.
- [4] Moubray, J. (1991). Reliability Centered Maintenance II. Oxford: Butterworth Heinemann, Ltd.
- [5] Saedudin, R., Alhilman, J., & Atmaji, F. T. (2015). *Optimization Of Preventive Maintenance Program and Total Site Crew For Base Transceiver Station (BTS) Using Reliability Centered Maintenance (RCM) and Life Cycle Cost (LCC) Method.*
- [6] Ebeling, C. E. (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Singapore: Me Graw Hill Book Co.
- [7] Weber, A., & Thomas, R. (2005). Key Performance Indicators: Measuring and Managing the Maintenance Function. Scholarly Articles: Ivara Corporation.
- [8] Havard, T. (2000). Determination of a Cost Optimal : Predetermined Maintenance Schedule.

PERENCANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN CUTTING S-250 HA EVERISING DI PT X

Indra Gunawan¹ ; Dianta Mustofa Kamal² ; Seto Tjahyono³
Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok 16425
¹*Email : indragunawan633@yahoo.com*

Abstrak

Penelitian ini didasari oleh peran penting Mesin Cutting S-250 HA sebagai alat proses pemotongan material tool steel. Latar belakang permasalahan adalah tingginya waktu downtime mesin beberapa tahun ini yaitu dari tahun 2011-2017 sudah mencapai 1750 jam, maka dibutuhkan metoda pemeliharaan preventive dengan tujuan untuk mengurangi down time tersebut. Berdasarkan latar belakang maka untuk mencapai tujuan tersebut pendekatan yang dilakukan adalah dengan menentukan interval waktu penggantian dan interval waktu pemeriksaan disertakan dengan tingkatan availability sebagai parameter keberhasilan dengan acuan JIPM. Penentuan jadwal pemeliharaan didapatkan berdasarkan kebutuhan dan pengolahan data dalam penilitan ini. Menggunakan metode diagram Pareto (Pareto chart) untuk menentukan komponen kritis lalu dilakukan perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR) berdasarkan distribusi probabilitas yang sesuai untuk mendapatkan interval penggantian dan pemeriksaan setelah itu dilakukan perhitungan Availability Total komponen kritis. Berdasarkan pengolahan data didapatkan 3 komponen kritis yaitu bearing penjepit gergaji, seal hydraulic oli dan solenoid valve. Interval penggantian 3 komponen tersebut secara terurut yaitu 4000 jam, 1850 jam dan 3950 jam. Interval pemeriksaan ketiga komponen tersebut yaitu 920 jam, 921 jam dan 2090 jam. Jadwal pemeliharaan tersusun pada Gantt Chart Preventive Maintenance berdasarkan interval penggantian dan pemeriksaan komponen kritis.

Kata kunci: Pemeliharaan pencegahan, Waktu Penggantian, Jadwal Pemeliharaan

Abstract

This study is based on an important role of S-250 HA Cutting Machine As a tool for the process of Cutting Tool Steels. The background of the problem is the high downtime in 6 years which is from 2011-2017 it has 1750 hours of downtime, because of that it needs a preventive maintenance to reduce the downtime. Based on that background then the approach taken is to determine the interval of replacement and inspection interval included with grade of availability as parameters of success with reference from JIPM. Determination of maintenance schedule is obtained based on data needs and processing the data in this research. Using Pareto chart to determine critical component then calculate Mean Time To Failure (MTTF) and Mean Time To Repair (MTTR) based on appropriate probability distribution to get interval replacement and inspection then calculate Availability Total of critical component. Based on data processing got three critical component that is saw bearing, oil hydraulic seal and solenoid valve. Interval replacement three component with sequentially that is 4000 hours, 1850 hours and 3950 hours. Interval Inspection three component with sequentially that is 920 hours, 921 hours and 2090 hours. Maintenance schedule arranged on Gantt Chart Preventive Maintenance based on interval replacement and inspection critical component.

Keywords : Preventive Maintenance, Age Replacement, Maintenance Schedule

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. X adalah perusahaan yang bergerak pada bidang produksi *tool steel*. Salah satu jenis mesin dalam proses produksi yaitu mesin *Cutting S-250HA Everising*. Berdasarkan durasi produksi yang tinggi, maka guna menjaga keandalan dan performa mesin tersebut dibutuhkan sebuah sistem perawatan berupa *Preventive Maintenance*. Sistem perawatan berupa *Preventive Maintenance* (PM) dianggap mampu mencegah penurunan fungsi produksi karena adanya *Breakdown Maintenance*.

Mesin *Cutting* adalah mesin pemotong baja sesuai dengan ukuran yang diminta oleh customer. Mesin *cutting* ini beroperasi dengan memutar gergaji pita yang digerakkan oleh motor untuk memotong material berupa baja. Untuk menjaga proses produksi tersebut maka mesin ini harus berada pada keandalan yang baik, karena jika mesin ini mengalami kendala maka pesanan pemotongan baja akan terhenti. Dari hasil observasi di lapangan serta wawancara terhadap pegawai perusahaan, diketahui mesin telah mengalami downtime sebanyak 1750 jam dalam 7 tahun kebelakang, serta proses produksi berlangsung selama 21 jam. Maka untuk menghindari *Breakdown Maintenance* dan terjadi *DownTime*, mesin *Cutting S-250HA* membutuhkan sistem perawatan berupa *Preventive Maintenance*.

Berdasarkan kebutuhan perawatan pada mesin *Cutting S-250HA Everising* yang optimal dan berkelanjutan maka dengan adanya *Preventive Maintenance* diharapkan menjadi sebuah langkah terbaik untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Dengan penjabaran diatas, penulis berusaha memberikan perencanaan *Preventive Maintenance* berupa jadwal pemeliharaan *preventive maintenance* yang tersusun kedalam *Giant Chart Preventive Maintenance* tahun 2018 sebagai solusi bagi perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Materi

2.1.1 Preventive Maintenance

Menurut Patrick (2001, p401) *preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produk mengalami kerusakan pada waktu proses produksi. Jadi, semua fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan (*preventive maintenance*) akan terjaga kontinuitas kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat.

2.1.2 Metode Perawatan Mesin

“Menurut Jardine (1973) dalam melakukan tindakan perawatan pencegahan mesin atau *preventive maintenance* ada berbagai metode yang dapat digunakan. Salah satunya adalah meminimasi *downtime* yang terjadi akibat kerusakan pada mesin” (“Analisis Perancangan”, 2012, sub2.4). Oleh karena itu pendekatan yang dipakai adalah dengan perhitungan interval penggantian dan interval waktu pemeriksaan.

2.1.3 Age Replacement

Model penggantian ini dilakukan tergantung pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika terjadi kerusakan yang menuntut dilakukan tindakan penggantian. Terdapat 2 macam siklus penggantian pada model ini yaitu (Jaka, Yosua dan Moch, 2015):

- a. Siklus pertama ditentukan oleh komponen yang telah mencapai umur penggantian (t_p) sesuai dengan apa yang telah direncanakan atau siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan (*preventive replacement*) dinotasikan dengan (T_p).
- b. Siklus kedua ditentukan oleh komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum mencapai waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya atau siklus kerusakan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan (*failure replacement*) dinotasikan dengan (T_f).

2.1.4 Diagram Pareto

Diagram Pareto (*Pareto Chart*) adalah diagram yang dikembangkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yang bernama Vilfredo Pareto pada abad ke – XIX. Diagram Pareto digunakan untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar disebelah kiri ke yang paling kecil disebelah kanan. Analisa pada diagram Pareto mengikuti prinsip 80 – 20 dimana sekitar 80 % dari nilai total persediaan mewakili oleh 20 % persediaan material (Taufik and Selly, 2015).

2.1.5 Distribusi Kerusakan

Menurut (Ebeling, 1997) model distribusi yang sering digunakan dalam bidang perawatan adalah distribusi *Exponential*, *Weibull*, *Lognormal* dan *Normal*. Berikut ini model – model distribusi tersebut ditinjau dari fungsi probabilitas, fungsi distribusi kumulatif dan fungsi keandalan (Ika, 2007, pp. 17-21).

1. Distribusi Normal (*Normal Distribution*)

Parameter yang digunakan adalah μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi)

Fungsi-fungsi dari Distribusi Normal ini yaitu :

- a. Fungsi Kepadatan Peluang
- b. Fungsi Distributif Kumulatif
- c. Fungsi Keandalan

2. Distribusi Lognormal (*Lognormal Distribution*)

Parameter yang digunakan adalah s (parameter bentuk) dan t_{med} (parameter lokasi) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan

Fungsi-fungsi dari Distribusi Lognormal adalah :

- a. Fungsi Kepadatan Peluang
- b. Fungsi Distribusi Kumulatif
- c. Fungsi Keandalan

3. Distribusi Weibul (*Weibul Distribution*)

Parameter yang digunakan yaitu θ (parameter skala) dan β yang berguna menentukan tingkat kerusakan pola data yang terbentuk.

Fungsi-fungsi dari Distribusi Weibul antara lain :

- a. Fungsi Kepadatan Peluang
- b. Fungsi Distribusi Kumulatif
- c. Fungsi Keandalan

4. Distribusi Eksponensial (*Exponential Distribution*)

Parameter yang digunakan adalah λ (laju kerusakan) yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

Fungsi-fungsi dari Distribusi ini adalah :

- a. Fungsi Kepadatan Peluang
- b. Fungsi Distribusi Kumulatif
- c. Fungsi Keandalan

2.1.6 Index Of Fit

Menurut Ronald E. Walpole *index of fit* adalah persamaan matematika yang memungkinkan kita untuk meramalkan nilai – nilai suatu peubah tak bebas dari nilai – nilai satu atau lebih peubah bebas (Paulus, Elisabeth, Ikhsan, 2013).

Nilai r berada diantara -1 sampai dengan 1, nilai r yang mendekati -1 atau 1 menunjukkan hubungan yang kuat antara dua peubah acak, sedangkan jika mendekati nol menunjukkan hubungan yang lemah bahkan tidak ada hubungan antara kedua peubah acak tersebut.

2.1.7 Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF adalah nilai rata – rata atau selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh *probability density function* f(t) (Ika, 2007, pp.23-24).
Perhitungan MTTF untuk setiap distribusi adalah :

- 1) Distribusi *Exponential* [4]

$$MTTF = 1/\lambda$$

- 2) Distribusi *Weibull* [4]

$$MTTF = \theta \times \gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

γ didapat dari tabel gamma

- 3) Distribusi Lognormal [4]

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

- 4) Distribusi Normal [4]

$$MTTF = \mu$$

2.1.8 Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah nilai rata – rata atau nilai yang diharapkan dari waktu perbaikan.
Perhitungan MTTR untuk setiap distribusi adalah :

- 1) Distribusi *Exponential* [4]

$$MTTF = 1/\lambda$$

- 2) Distribusi *Weibull* [4]

$$MTTF = \theta \times \gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

γ didapat dari tabel gamma

3) Distribusi Lognormal [4]

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

4) Distribusi Normal [4]

$$MTTF = \mu$$

2.2 Metode yang digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Metode Pemilihan Data

Metode ini digunakan untuk menentukan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, data yang dibutuhkan antara lain data historis mesin *Cutting S-250HA Everising*, data komponen kritis, data harga komponen kritis dan data rata-rata waktu pemeriksaan komponen kritis.

2. Metode Olah Data

Metode ini bertujuan untuk mendapatkan kebutuhan analisa data. Pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini tergambar pada “Diagram.1 *flowchart* penelitian”

3. Metode Analisa Data

Metode ini digunakan untuk menentukan bentuk rekomendasi jadwal pemeliharaan pada mesin *Cutting S-250HA Everising* yang tergambar kedalam *Giant Chart Preventive Maintenance*.

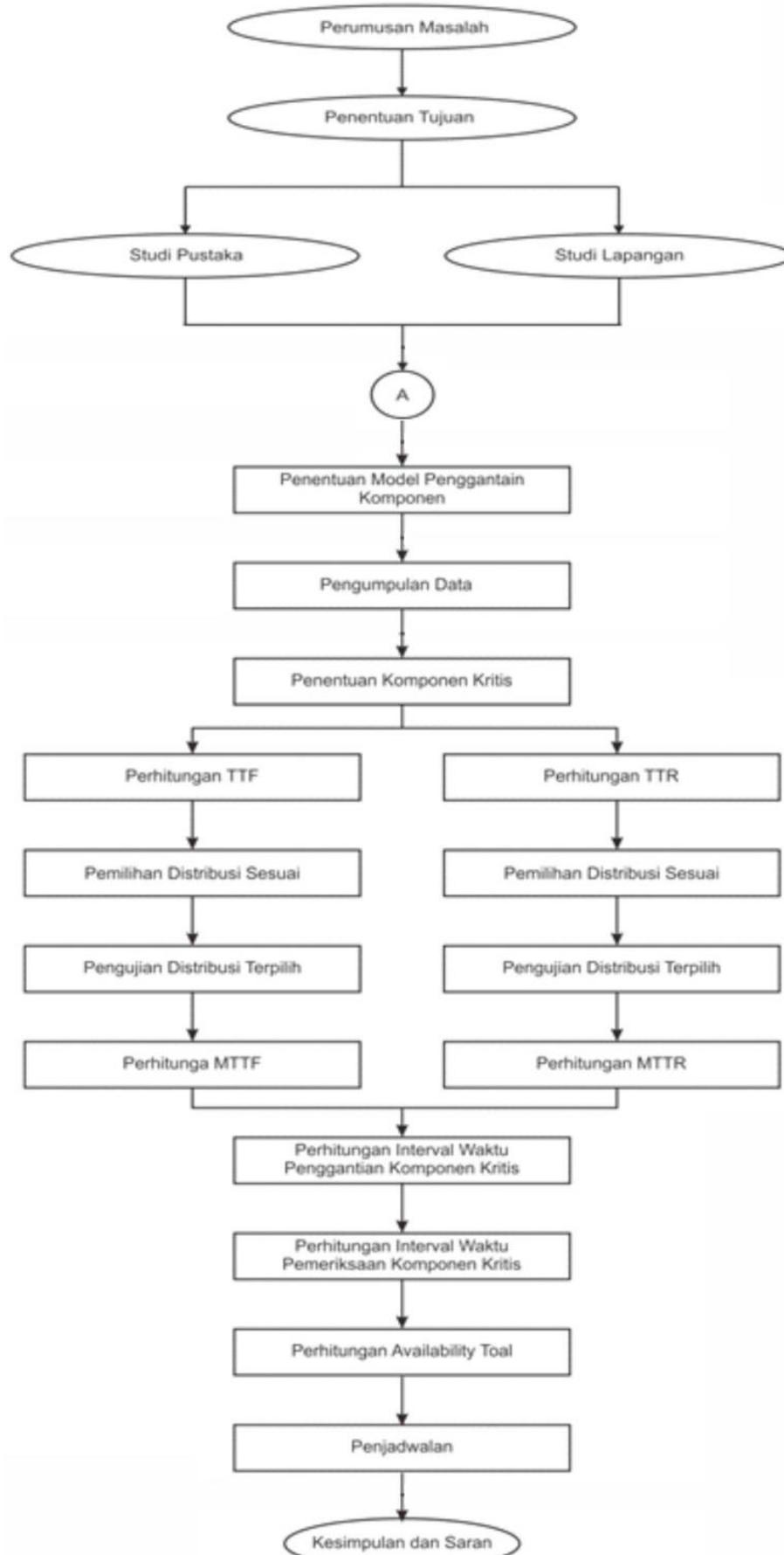


Diagram 1 *Flowchart* Penelitian

3. HASIL DAN PENELITIAN

3.1 Komponen Kritis

Tabel 1 Frekuensi Kerusakan Mesin Tahun 2011-2017

No.	Komponen	Total Downtime (Menit)	TD Kum	Presentase
1	Bearing penjepit gergaji	710	710	41%
2	Seal Hidrolik Oli	400	1110	63%
3	Solenoid Valve YUKFN-DSG-01-3C4-A110-50-50HZ	175	1285	73%
4	Bearing 32208	120	1405	80%
5	Oli Hidrolik	90	1495	85%
6	Oli Gear Box	90	1585	91%
7	Selang Hidrolik	60	1645	94%
8	Limit Switch	30	1675	96%
9	V-Belt M36	20	1695	97%
10	Karbida Penjepit	20	1715	98%
11	Pompa Hidrolik	15	1730	99%
12	Dinamo Meter	15	1745	100%

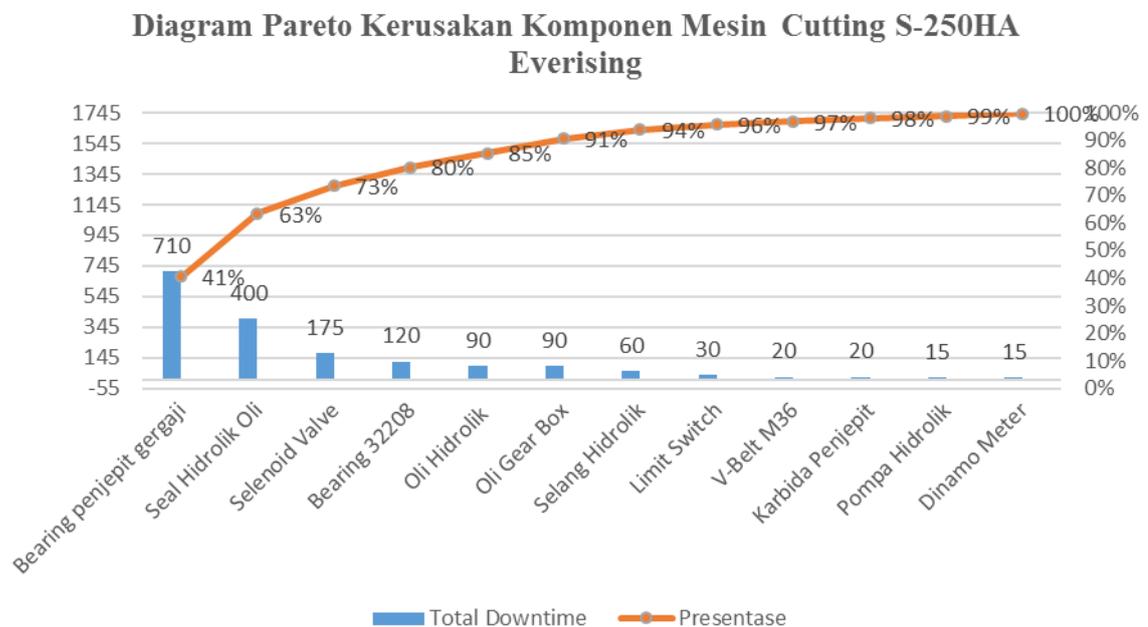


Diagram 2 Diagram Pareto

Komponen kritis yang akan ditentukan jadwal pemeliharaannya berdasarkan diagram Pareto (*Pareto chart*) yaitu :

1. *Bearing penjepit gergaji*
2. *Seal Hidrolik Oli*
3. *Solenoid Valve*

3.2 Penentuan Distribusi Sesuai Untuk Time To Failure (TTF) dan Time To Repair (TTR)

Penentuan distribusi dilakukan berdasarkan perhitungan TTF dan TTR dengan kebutuhan data historis kerusakan mesin.

Berikut merupakan rekapitulasi distribusi sesuai untuk TTF dan TTR komponen kritis.

Tabel 1 Rekapitulasi Distribusi Sesuai untuk TTF dan TTR Komponen Kritis

No.	Komponen	Time To Failure	Time To Repair
1	Bearing penjepit gergaji	Distribusi Normal	Distribusi Lognormal
2	Seal Hidrolik Oli	Distribusi Weibull	Distribusi Ekspensial
3	Solenoid Valve	Distribusi Ekspensial	Distribusi Ekspensial

Distribusi diatas sudah teruji pada tahap Pengujian Distribusi Terpilih yaitu dengan *Goodness Of Fit* pada masing distribusi TTF maupun TTR.

3.3 Perhitungan MTTF dan MTTR

Perhitungan MTTF dan MTTR komponen kritis berdasarkan rumus dan parameter masing – masing distribusi terpilih.

Berikut merupakan rekapitulasi nilai MTTF dan MTTR masing – masing komponen kritis.

Tabel 2 Rekapitulasi Nilai MTTF Komponen Kritis

No.	Komponen	Distribusi	Rumus	Parameter	Nilai MTTF
1	Bearing Penjepit Gergaji	Normal	μ	$s = 2355.7766$	4082.49 jam
				$\mu = 4082.49$	
2	Seal Hidrolik Oli	Weibul	$\Theta \times \gamma (1 + 1/\beta)$	$\Theta = 2613.6771$	2358.84 jam
				$\beta = 3.7405$	
3	Solenoid Valve	Ekspensial	$\frac{1}{\lambda}$	$\lambda = 0.000248528$	4023.6915 jam

Tabel 3 Rekapitulasi Nilai MTTR Komponen Kritis

No.	Komponen	Distribusi	Rumus	Parameter	Nilai MTTR
1	Bearing Penjepit Gergaji	Lognormal	$t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$	$s = 1.2636$	1.4275 jam
				$t_{med} = 0.6425$	
2	Seal Hidrolik Oli	Ekspensial	$\frac{1}{\lambda}$	$\lambda = 0.600600601$	1.665 jam
3	Solenoid Valve	Ekspensial	$\frac{1}{\lambda}$	$\lambda = 2.06185567$	0.485 jam

3.4 Interval Waktu Penggantian dan Pemeriksaan

Berdasarkan nilai MTTF dan nilai MTTR masing – masing komponen kritis lalu dapat dilakukan perhitungan interval waktu penggantian dan pemeriksaan. Perhitungan yang dipakai adalah dengan metode *Age Replacement* dengan kriteria minimasi waktu *downtime*.

Berikut merupakan rekapitulasi hasil perhitungan untuk mendapatkan waktu penggantian dan pemeriksaan komponen kritis.

Tabel 4. Rekapitulasi Interval Penggantian dan Pemeriksaan

No.	Komponen	Interval Penggantian	Interval Pemeriksaan
1	Bearing Penjepit Gergaji	4000 jam	920 jam
2	Seal Hidrolik Oli	1850 jam	921 jam
3	Solenoid Valve	3950 jam	2090 jam

3.5 Availability Total

Nilai *availability total* didapatkan dengan mengkalikan nilai *availability* interval penggantian dan pemeriksaan masing – masing komponen kritis

Berikut merupakan rekapitulasi nilai *availability* masing – masing komponen.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai *Availability* Total Komponen Kritis

Nama Komponen	Availability Penggantian	Availability Pemeriksaan	Availability Total
Bearing Penjepit Gergaji	0,99955893 (99,95%)	0,9985514 (99,85%)	0,99811097 (99,81%)
Seal Hidrolik Oli	0,999745781 (99,97%)	0,9985172 (99,85%)	0,998263356 (99,82 %)
Selenoid Valve	0,9999122251 (99,99%)	0,99936178 (99,93%)	0,999274061 (99,92%)

4. KESIMPULAN

Kesimpulannya adalah:

- Interval penggantian komponen *Bearing* setiap 4000 jam,
- Interval penggantian komponen *Seal Hidrolik Oli* setiap 1850 jam
- Interval penggantian komponen *Solenoid Valve* setiap 3950 jam
- Interval pemeriksaan komponen *Bearing* setiap 920 jam,
- Interval pemeriksaan komponen *Seal Hidrolik Oli* setiap 921 jam
- Interval pemeriksaan komponen *Solenoid Valve* setiap 2090 jam
- Tingkat *availability* total komponen *Bearing* Penjepit Gergaji 99,84%
- Tingkat *availability* total komponen *Seal Hidrolik Oli* 99,84%
- Tingkat *availability* total komponen *Solenoid Valve* 99,92%.

Solusi bagi perusahaan adalah dengan memberikan rekomendasi bentuk jadwal pemeliharaan yang tersusun pada *Giant Chart Preventive Maintenance Tahun 2018* yang terlampir.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sudradjat, A. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung, Indonesia:PT. Refika Adiatama, 2011
- [2]. Walpole, Ronald E. *Pengantar Statistika*. Jakarta, Indonesia: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1995
- [3]. Taufik & Selly, S. Penentuan Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis Pada Mesin Turbin Di PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkit Ombilin. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 14(2), 238-258, (2015)
- [4]. Jaka, P, Yosua, A. P, Moch, K. (2015). *Metode Age Replacement Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus*, (thesis, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2015). Retrived from http://jurnal.itats.ac.id/wp-content/uploads/2015/11/14.-Jaka-Purnama_Itats_EDITED.pdf

[5]. Paulus, T , Elisabeth, G , Ikhsan, S. (2013). Perawatan Mesin Secara Preventive Maintenance Dengan Modularity Design Pada PT. RXZ, *Jurnal Teknik Industri*, 3(3), 35-39 retrived from <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=110686&val=4128>

6. Lampiran

GANTT CHART JADWAL PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN CUTTING S-250HA EVERISING TAHUN 2018																																	
No.	Nama Kompone	Deskripsi Tindakan	Hari																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Januari			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Bearing 6000	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
2	Seal Hidrolik	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
3	Solenoid Valve	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
Februari			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
1	Bearing 6000	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
2	Seal Hidrolik	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
3	Solenoid Valve	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
Maret			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Bearing 6000	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
2	Seal Hidrolik	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
3	Solenoid Valve	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															

April			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	Bearing 6000	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
2	Seal Hidrolik	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
3	Solenoid Valve	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
Mei			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	Bearing 6000	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
2	Seal Hidrolik	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
3	Solenoid Valve	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
Juni			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	Bearing 6000	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
2	Seal Hidrolik	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
3	Solenoid Valve	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																

Juli			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	Bearing 6000	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
2	Seal Hidrolik	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
3	Solenoid Valve	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
Agustus			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	Bearing 6000	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
2	Seal Hidrolik	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
3	Solenoid Valve	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
September			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	Bearing 6000	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
2	Seal Hidrolik	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																
3	Solenoid Valve	Penggantian																																
		Pemeriksaan																																

KONVERSI ENERGI

AUDIT ENERGI PADA RUMAH SEDERHANA

Syahrul Bahari.¹⁾ Agustinus Laka.²⁾ Rosmiati.³⁾

¹⁾ Dosen Politeknik Negeri Kupang Jurusan Mesin
Telp/Fax : (0380)-881245-881246. email : syahrulb99@gmail.com

²⁾ Dosen Politeknik Negeri Kupang Jurusan Mesin

³⁾ Dosen Politeknik Negeri Kupang Jurusan Akuntansi

Abstrak

Pada artikel ini merupakan hasil penelitian energi baru terbarukan di Politeknik Negeri Kupang, dianalisis tentang daya yang dihasilkan energi surya, jumlah panel dan baterai yang diperlukan dalam pemasangannya, serta pada sudut berapa tegangan tertinggi yang dihasilkan panel terhadap sinar matahari. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh sudut terhadap intensitas cahaya, tegangan arus listrik. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah ada pengaruh terhadap perubahan sudut panel surya arah sinar matahari terhadap intensitas cahaya dan daya terpasang. Metode penelitian tindakan langsung (*action research*) yaitu tahap pendekatan rancangan, tahap pendekatan pembuatan alat dan tahap pengujian alat. Tahap pengujian melakukan pengukuran dan analisis, tahapan-tahapan dan proses perancangan alat serta system pengujian alat yang meliputi pengukuran intensitas cahaya, suhu, serta arus dan tegangan. Hasil dari penelitian ini berupa perubahan terhadap sudut datang sinar matahari berpengaruh terhadap besar kecilnya tegangan. Bertambah tinggi temperatur panel surya, maka bertambah lemah tegangannya. Arah sudut yang tepat adalah pada sudut sinar datang matahari terletak pada sudut 125 derajat. Arah sudut tergantung lokasi penempatan panel sel surya. Investasi awal relatif mahal, namun akan kembali dalam jangka waktu beberapa tahun kemudian sesuai besarnya. Kapasitas daya 3300 watt jam untuk satu unit rumah dengan menggunakan panel surya 100 WP, waktu penyinaran matahari kategori 6 jam/hari, maka diperlukan panel surya sebanyak 6 unit, kebutuhan baterai 7200/12 Volt/100 Ampere total baterai yang dibutuhkan sebanyak 6 unit 100 Ah.

Kata kunci: daya, tegangan, arah, matahari, panel surya.

Abstract

This article is the result of a research on renewable energy at the State Polytechnic of Kupang (SPK). How to calculate the power generated by solar cell energy will be discussed. The number of solar cell panels and batteries required for installation, and at what angle the highest voltage generated by the solar cell panel against the sunlight will also be discussed. The research objective is to analyse the technological innovation model of angle influence to light intensity, and electric current voltage. The problem formulation in this research is, whether there is any influence of sunlight to solar angle panel change of direction of sunlight to light intensity and power installed. The method of research is (action research), including: stage of design approach, stage approach to making the tool, and the stage of testing the tool. Tool testing stage is concerned with measurement and analysis, and stage and process of tool design and tool test system which covers measurement of light intensity, temperature, as well as current and voltage. The result of the research is the changes in the angle of the sun comes in effect on the magnitude of the voltage. The higher the temperature of the solar panels, reveals the weaker of the voltage. The better angle direction is at the angle of the sun's rays lies at an angle 125 degrees. The direction of the angle depends on the location of placement of the solar cell panels. The initial investment is relatively expensive, however it will break even point (BEP) within a few years. The power capacity of 3300 watt hours for a household by using 100 WP solar panel of 6 hours of sunlight per day requires 6 panels. Batterays 12200/12 volt/100 ampere are required 6 units of 100 Ah are also required.

Key words : power, voltage, direction, sun, solar cell panel

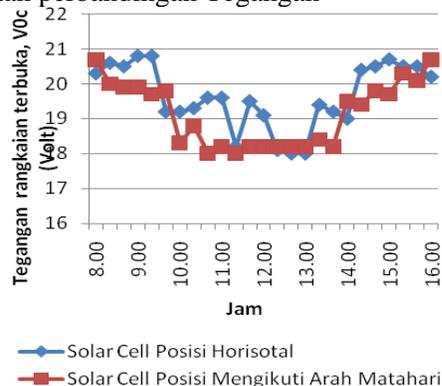
Pendahuluan

Penelitian ini membahas tentang energi baru terbarukan, menghitung daya yang dihasilkan energi surya, menentukan jumlah panel dan baterai yang diperlukan dalam pemasangannya, serta pada sudut berapa tegangan tertinggi yang dihasilkan panel surya terhadap sinar matahari. Beberapa keuntungan pemanfaatan energi matahari adalah energi ramah lingkungan dan sangat menjanjikan, sebagai salah satu alternatif untuk “menggantikan” pembangkit listrik menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel/PLTD dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap/PLTU dengan menggunakan bahan bakar minyak bumi dan batubara.

Pada saat ini penggunaan energi matahari panel surya (*solar cells panel*) masih dirasakan mahal karena tidak adanya subsidi. Listrik yang digunakan pada saat ini sebenarnya masih menggunakan listrik bersubsidi. Panel surya merupakan komponen penting Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik sepanjang hari waktu efektif sekitar 6 jam atau lebih bila di daerah panas seperti daerah panas yang kurang hujannya, gurun pasir, Waktu penyinaran matahari yang efektif adalah pada saat tengah hari dengan perkiraan waktu 4 – 6 jam [11]. Tenaga listrik pada pagi – sore disimpan dalam baterai, sehingga listrik dapat digunakan di malam hari.

Panel surya mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik dari sel silicon (sel surya) disinari matahari atau sinar datang menuju sel surya menghasilkan photon yang menghasilkan arus listrik. Satu sel surya menghasilkan kurang lebih tegangan 0,5 Volt. Satu panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel dalam hal ini menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum. PLTS tergantung kepada sinar matahari, maka untuk mengetahui tegangan yang paling tinggi pada arah sinar berapa derajat terhadap panel surya. Tahapan perencanaan PLTS, yaitu: 1). Daya yang dibutuhkan dalam pemakaian (watt). 2). Tegangan yang dihasilkan panel surya (dalam ampere jam) untuk mengetahui berapa jumlah panel surya yang harus dipasang.

Panel surya merupakan pengubah energi matahari menjadi tenaga listrik. Posisi matahari yang selalu berubah terhadap permukaan bumi mengakibatkan panel surya hanya akan bekerja optimal pada siang hari saja. Uji yang dilakukan Sudjendro, H [6] dengan mengontrol posisi arah panel sesuai arah sinar matahari mampu meningkatkan kinerja panel surya 12,84 hingga 14, 3 Volt. Penelitian yang dilakukan Yohana, E [3] disajikan pada Grafik 1. Menunjukkan perubahan perbandingan Tegangan



Grafik 1. Perbandingan Tegangan Rangkaian Terbuka Terhadap Waktu.

Hasil pengukuran yang dilakukan, maka diperoleh nilai pengukuran rata-rata tegangan rangkaian terbuka pada panel surya mengikuti pergerakan arah matahari sebesar 19.1 V dan diperoleh nilai rata-rata tegangan hubung singkat pada saat panel surya posisi horisotal sebesar 19.6 V. Perbedaan hasil tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) yang didapat dikarenakan modul surya selalu memposisikan tegak lurus terhadap matahari.

Tegangan dan Arus listrik yang dihasilkan sel surya dipengaruhi oleh tingkat intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu udara lingkungan. Semakin rendah intensitas radiasi cahaya matahari maka makin rendah pula arus dan tegangan yang dihasilkan. Temperatur lingkungan di sekitar panel surya juga memiliki kontribusi dalam perubahan temperatur pada sel-sel surya. Akibat kenaikan temperatur, maka tegangan listrik

yang diproduksi oleh panel surya menjadi berkurang. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh suatu panel surya tidak hanya tergantung kepada besarnya intensitas radiasi yang diterimanya, namun kenaikan temperatur pada permukaan panel surya juga dapat menurunkan besar tegangan listrik tersebut, dimana pada bulan September dengan suhu sekitar 27°C tegangan yang dihasilkan 19,33 V. Perubahan temperatur pada panel surya selain disebabkan oleh temperatur lingkungan sekitar, juga disebabkan oleh bahan silicon sel-sel surya yang mampu menyerap energi foton sekaligus panas dari radiasi matahari. Suryana, D. M, [7].

Pangestuningtias, DL [4], mengemukakan beberapa teori menyebutkan bahwa besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari serta suhu lingkungan sekitarnya. Pada kondisi standar sistem *photovoltaic* yang mempunyai efisiensi sebesar 10% dapat menghasilkan daya sebesar 100 Watt pada saat intensitas matahari yang diterima sebesar 1.000 W/m^2 dan pada suhu 25°C . Semakin besar intensitas matahari yang diterima oleh panel sel surya, maka semakin besar daya yang dapat dihasilkan oleh *photovoltaic* tersebut dapat dipengaruhi oleh tempat dan arah gerak semu matahari. perancangan sistem panel surya dibutuhkan sudut kemiringan sel surya yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari, menghasilkan kemiringan sel surya yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari adalah 10° walaupun untuk pengukuran radiasi setiap jamnya walaupun pada jam 09.00 sudut kemiringan yang paling tepat adalah 60° .

Salah seorang peneliti pada tahun 2015, E. Glaser Peter [2] mengatakan bahwa energi telah menjadi kunci untuk pengembangan sosial manusia dan merupakan komponen penting dalam meningkatkan kualitas kehidupan di luar kegiatan dasar yang diperlukan untuk bertahan hidup. Jumlah energi dan perubahan sumber daya yang digunakan untuk menghasilkan tenaga ditentukan oleh teknologi, ekonomi, lingkungan, dan sosial sebagai bahan pertimbangan. Energi matahari merupakan sumber daya yang dapat didistribusikan secara luas, biaya dan peralatan yang diperlukan untuk mengubahnya membuatnya menjadi tugas yang menantang untuk menemukan dan memperkenalkan metode terbaik untuk mengubahnya secara efisien dan ekonomis dalam bentuk yang berguna dalam skala yang cukup besar untuk memiliki dampak yang signifikan .

Pada tahun 2014 Akinyele.D.O [1], menyebutkan bahwa sebuah persentase yang signifikan dari permintaan energi global diperkirakan akan dipenuhi melalui masukan sumber daya energi terbarukan dalam waktu dekat. Sistem penyimpanan energi adalah salah satu solusi yang mungkin untuk mengurangi efek dari sumber daya terbarukan berselang (*intermittent*) pada jaringan, yang memungkinkan peningkatan pemanfaatan energi terbarukan, dan memberikan fleksibilitas dan layanan tambahan untuk mengelola tantangan penyediaan tenaga listrik/permintaan di masa mendatang.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan *inventor* yang sedang dikembangkan dan diharapkan menghasilkan produk prototipe yang dapat menghasilkan temuan paten (*inventor*) dengan tujuan untuk menghasilkan inovasi teknologi model konstruksi struktur wadah sel surya. Permasalahan dalam penelitian ini apakah ada pengaruh terhadap perubahan sudut sel surya arah sinar matahari terhadap terdapat intersitas cahaya. Penelitian tersebut merupakan penelitian tindakan (*action research*) artinya penelitian ini berdasarkan pada hasil penelitian dan temuan terdahulu yang dikembangkan dan dituangkan dalam bentuk produk nyata. Kita tahu bahwa ketergantungan bahan bakar minyak bumi hampir tidak dapat dihindari sehingga mengakibatkan menipis cadangannya dan juga membawa efek rumah kaca terhadap lingkungan. Maka dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu menjawab tantangan di masa yang akan datang. Penelitian ini diharapkan menghasilkan wadah energi matahari yang ramah lingkungan.

Mengingat negara Indonesia sangat kaya sumber daya alam yang patut dan sudah seharusnya disyukuri pemberian Tuhan Yang Mahakuasa tersebut. Energi matahari sangat berlimpah, maka sangat diperlukan penelitian pengembangan temuan yang berhubungan dengan energi matahari terutama dalam penelitian yang akan memfokuskan tentang struktur wadah elemen energi matahari.

Berbagai macam masalah ditemukan di lapangan tentang krisis energi yang tidak habisnya bila dibahas misalnya kenaikan harga bahan bakar minyak, kekurangan energi listrik, dan pemanasan global.

Metode Penelitian

Metode penelitian tindakan langsung (*action research*) yaitu tahap pendekatan rancangan, tahap pendekatan pembuatan alat dan tahap pengujian alat. Tahap pengujian melakukan pengukuran dan analisis, tahapan-tahapan dan proses perancangan alat serta sistem pengujian alat yang meliputi pengukuran, temperatur,

serta arus dan tegangan, serta perhitungan daya listrik surya dan jumlah panel yang akan terpasang. Alat ukur, yang digunakan dalam pengujian untuk menganalisis perubahan temperatur dan intensitas cahaya terhadap arus dan tegangan pada sel surya digunakan 1 unit multimeter yang berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan, *lux meter* untuk mengukur intensitas cahaya dan *thermometer* untuk mengukur naik turunnya temperatur dalam pengambilan data serta busur baja merupakan alat ukur sudut langsung dengan kecermataaan sampai satu derajat.

Data pengamatan berupa pengukuran kemiringan sudut 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , dan 135° yang akan dilaksanakan selama 7 hari dari pukul jam 07.00-16.00 selang dua jam, data; tegangan dalam Voltase dan temperatur dalam derajat *Celsius*. Hasil dari penelitian ini berupa intensitas cahaya yang diterima oleh panel pada sudut kemiringan ditampilkan dalam bentuk Tabel dan Grafik.

Pembahasan

PLTS adalah ramah lingkungan, dan sangat menjanjikan. Sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan pembangkit listrik menggunakan uap (minyak dan batubara). Instalasi listrik tenaga surya sebagai pembangkit listrik, diperlukan komponen panel surya mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. Sel silikon (disebut juga *solar cells*) yang disinari matahari/surya, membuat *photon* yang menghasilkan arus listrik. Nato [8] sebuah panel surya menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum). Panel surya 50 WP artinya panel surya tersebut mempunyai 50 *watt peak* (pada saat matahari terik) *Peak* 1 hari diasumsikan 4,5 jam (hitungan aman adalah 4 jam) sehingga $50 \times 4,5 = 225$ watt jam kapasitas maksimal untuk pemakaian 1 hari.

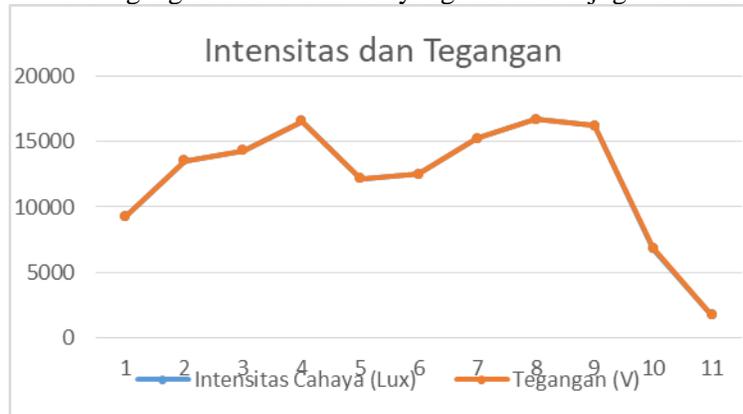
Berdasarkan hasil pengamatan berupa pengukuran yang telah dilaksanakan selama 7 hari dari jam 07.00 – 16.00, pada panel surya 50 WP maka diperoleh data dan grafik pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Pengambilan data Pengukuran Intensitas Cahaya dan Temperatur terhadap arus dan Tegangan pada panel sel surya 50 WP sudut 90 derajat.

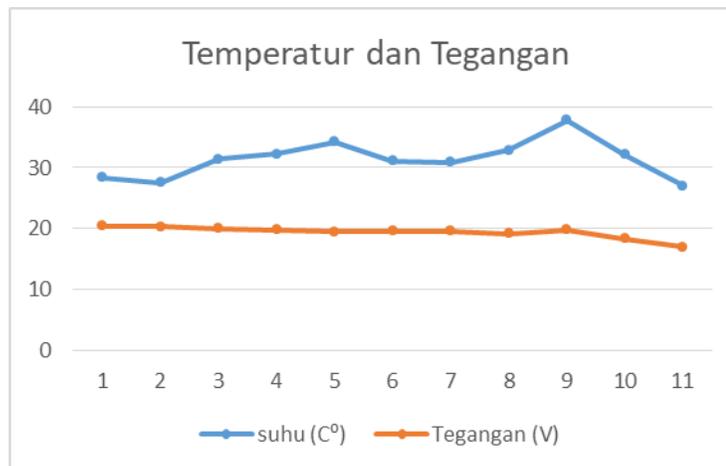
No	Waktu	Temperatur (C ⁰)	Intensitas Cahaya (Lux)	Tegangan (V)	Arus (I) mA
1	07,00	28.41	9291	20.42	2.448579824
2	08,00	27.50	13520	20.28	2.465483235
3	09,00	31.41	14322	19.99	2.501250625
4	10,00	32.20	16540	19.8	2.525252525
5	11,00	34.22	12153	19.43	2.573340196
6	12,00	37.12	12504	19.57	2.554931017
7	13,00	36.91	15231	19.57	2.554931017
8	14,00	35.92	16702	19.17	2.608242045
9	15,00	34.81	16203	19.75	2.53164557
10	16,00	32.13	6822	18.32	2.729257642
11	17,00	27.3	1724	16.93	2.953337271

Sumber: hasil pengujian

Tabel 1 menunjukkan data pengujian dengan replikasi 11 kali pengukuran, pencatatan dilakukan dalam setiap jam dengan pengukuran; temperatur, intensitas cahaya dan tegangan. Panel sel surya menggunakan 50 WP artinya panel surya dapat menyuplai daya sebesar 50 watt jam. Dari hasil pengukuran pada lokasi penelitian besarnya intensitas cahaya tertinggi sebesar 16702 lux pada jam 14.00 siang dan temperatur tertinggi 37.12^o C. Tegangan berpengaruh terhadap perubahan temperatur semakin tinggi temperatur, maka tegangannya menurun. Hal tersebut dapat dibandingkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 dimana energi cahaya yang diterima atau intensitas melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun.

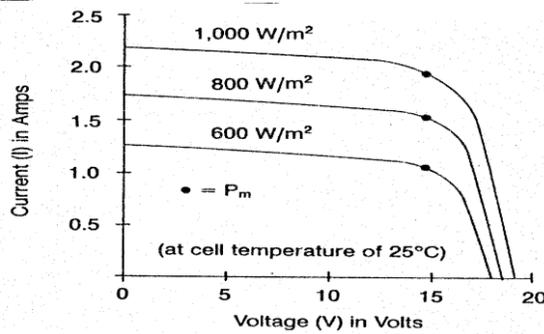


Gambar 2. Intensitas Cahaya dan Tegangan



Gambar 3. Temperatur dan Tegangan

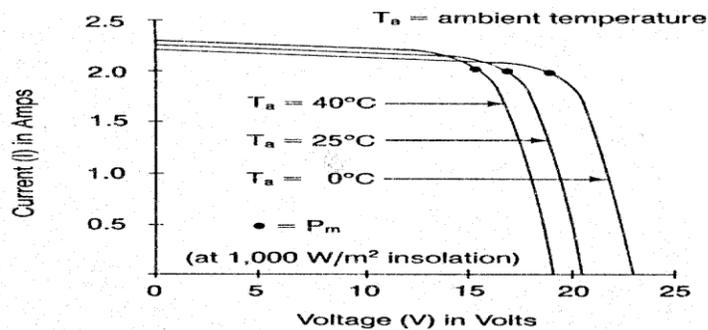
Selanjutnya bila temperatur naik, maka voltase juga akan melemah, ini bisa disebabkan oleh perubahan pemuaian pada bahan sel surya. Sebagaimana beberapa teori menyebutkan bahwa efek perubahan intensitas cahaya apabila energi cahaya yang diterima sel surya berkurang atau melemah, maka besar tegangan dan arus listrik juga akan melemah, disajikan pada Gambar 4 kurva efek perubahan intensitas.



Gambar 4 Kurva efek perubahan intensitas

Efek Perubahan Temperatur Pada Sel Surya

Sel surya akan beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25^o C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan (Voc).

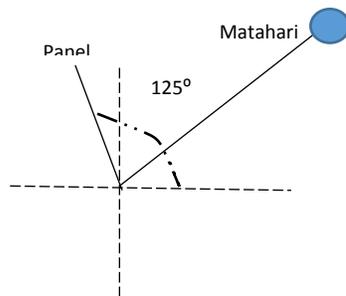


Gambar 5. Kurva efek perubahan temperatur.

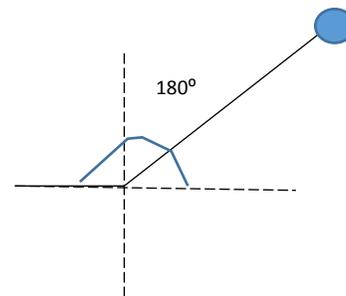
Pada pagi hari pukul 6.00 WIB tingkat kelembaban yaitu 88% dan terjadi pengembunan sambil menurunkan partikel-partikel padatan akibat polusi kendaraan bermotor dan industri ke permukaan bumi, sehingga pada saat ini kondisi atmosfer mempunyai kebeningan yang tinggi dan langit biru. Fenomena tersebut mengakibatkan pada pagi hari yang cerah pukul 9.00 WIB sel surya memiliki efisiensi terbesar yaitu dengan efisiensi 10%. Pada siang hari partikel-partikel padatan akibat polusi kembali ke angkasa, dengan meningkatnya temperatur udara gerakan partikel semakin hebat, sehingga meningkatkan hamburan radiasi surya yang masuk ke bumi. Hal ini mengakibatkan difusi rasio membesar dimana jumlah radiasi difusi lebih besar radiasi langsung, dan efisiensi sel surya pada pukul 12.00 WIB adalah sebesar 9%, lebih rendah dari pada pagi hari. Pada sore hari akibat terjadi penguapan pada siang hari dan semakin meningkatnya partikel padatan polusi di udara, sehingga indeks kecerahan terendah dimana tampak banyak awan. Selain itu radiasi surya global sangat kecil, sehingga pada sore hari sekitar pukul 17.00 WIB dengan efisiensi 3%, kemampuan sel surya menurun secara drastis. Yushardi, [4].

Hasil pengujian panel surya didapatkan bahwa temperatur lingkungan berbanding lurus dengan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, temperatur lingkungan berbanding terbalik dengan kelembaban udara. Sedangkan besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh sel surya relatif stabil, untuk pengaruh kecepatan angin dalam pengujian ini tidak memiliki dampak terhadap kinerja sel surya. Daya listrik maksimal yang dihasilkan panel surya pukul 11:00-13:00 WIB memiliki persentase rata-rata harian modul surya sebesar 50,94%. (Putro, S.) Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 05.00 WIB, kemudian akan mencapai tingkatan yang maksimum pada siang hari pukul 10.00-12.00 WIB, dan turun pada saat matahari mulai terbenam pukul 18.00 WIB.

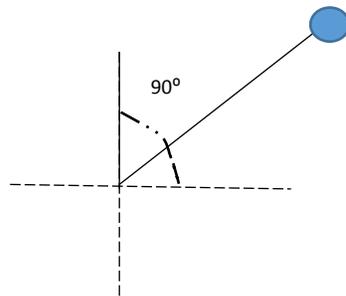
Performa panel sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari pada suatu lokasi juga dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu cuaca, sudut datang sinar matahari dilokasi tersebut. Sudut datang sinar matahari di sebuah lokasi berbeda tergantung dari garis lintangnya. Hubungan antara energi oleh suatu permukaan dengan sudut datang sinar matahari ditunjukkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 10. Dari hasil penelitian ini menunjukkan, bahwa setiap perubahan sudut antara sinar datang dengan panel surya sangat berpengaruh terhadap intensitas cahaya dan tegangan yang dihasilkan. Efek dari perubahan sudut sinar matahari dapat diukur dengan cara mengubah sudut dan permukaan panel surya, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa arah sudut panel surya yang terbaik tegangannya pada sudut 125 derajat dan yang terlemah pada sudut 180 derajat terhadap sinar datang matahari. Jelasnya disajikan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 10.



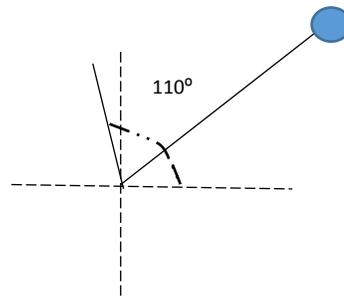
Gambar 6. Tegangan 22,00



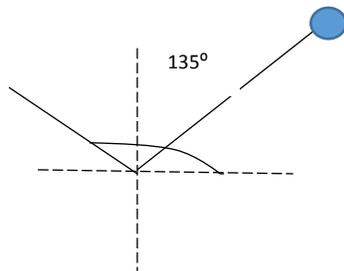
Gambar 7. Tegangan 19,64



Gambar 8. Tegangan 19,92



Gambar 9. Tegangan 20,12



Gambar 10. Tegangan

Sebagai temuan, bila diperhatikan Gambar 6 sampai Gambar 10 menunjukkan arah cahaya jatuh ke subjek akan sangat berpengaruh besarnya tegangan, arah cahaya menentukan tegangan yang ditimbulkan

terhadap objek yang dituju sekaligus menentukan sudut arah objek panel surya. Arah cahaya sinar matahari menuju objek diarahkan pada sudut 125° , 180° , 90° , 110° dan 135° . Dari sekian sudut yang diuji maka tegangan yang paling tinggi adalah pada sudut 125° .

Sinar matahari yang datang membias ke segala arah sesuai besaran sudut, bila sinar matahari terarah padat sudut 45° terhadap objek atau panel surya vertical maka tegangan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan sudut pengarah pada 35° dari sudut vertikal 90° . Gambar 6 menunjukkan tegangan tertinggi mencapai 22,00 volt dan pada gambar 8 sudut vertical sudut 90° merupakan tegangan terendah yaitu 19,92 volt. Artinya bila sinar datang terpusat pada titik tengah objek tegangannya berkuang jika dibandingkan perubahan sudut dari arah vertical objek atau arah panel panel surya terhadap sinar matahari yang datang..

Bertambah besar arah sudut arah vertikal maka tegangan juga akan menurun dan juga sebaliknya bertambah kecil sudut pengarah maka besaran tegangan juga berkurang. Perlu menjadi catatan dalam penelitian ini adalah bila temperatur tinggi maka tegangan juga akan naik, namun menjadi perhatian bila dalam keadaan temperatur tinggi kemudian di siram dengan air maka tegangan mengginggi dengan tiba-tiba dan akan normal kembali dalam beberapa saat kemudian, ini bisa disebabkan perubahan karena panas pada elemen sel surya terjadi kejutan atau perubahan struktur sifat silikon dari pasir silika. Objek keadaan horizontal Gambar 7 terjadi penurunan tegangan dapat disebabkan oleh pancaran sinar matahari terjadi pancaran kesegala arah.

Perhitungan Keperluan Daya Listrik Energi Surya

Pemasangan listrik energi surya untuk kebutuhan rumah sederhana perlu diperhatikan, yaitu: 1). menghitung watt daya yang dibutuhkan oleh masing-masing peralatan di rumah dan waktu pemakaiannya. Hasil dari perhitungan daya dalam satuan watt jam perhari. 2). Hitung jumlah baterai yang dibutuhkan sesuai dengan hasil perhitungan daya yang dipergunakan per hari. 3). Hitung berapa watt panel surya yang diperlukan untuk pengisian sejumlah baterai yang diperoleh dari hasil perhitungan. 4). Hitung berapa amper kapasitas *solar charge controller* yang dibutuhkan. 5). Hitung berapa watt kapasitas inverter arus bolak-balik (AC) ke arus searah (DC) yang diperlukan. 6). Hitung berapa biaya yang harus dialokasikan. Perencanaan tersebut meliputi: 1). Jumlah daya yang dibutuhkan dalam pemakaian sehari (watt). 2). Berapa besar arus yang dihasilkan panel surya (dalam amper jam) dalam hal ini menghitung berapa jumlah panel surya yang harus dipasang. 3). Berapa unit baterai yang diperlukan untuk kapasitas yang diinginkan (amper jam). Simbul panel surya yang ada di pasaran menggunakan WP (*watt peak*) dengan kapasitas biasanya antara 10 WP – 250 WP. Artinya bila menggunakan panel surya 100 WP, maka dapat diasumsikan bahwa dalam 1 hari kapasitas maksimum pemakaian selama 6 jam menghasilkan kapasitas daya 600 watt jam/hari.

Penerapan listrik energi surya pada sebuah rumah sederhana dengan kapasitas total daya 3300 watt jam dengan perhitungannya sebagai berikut: Lampu 10 unit x 10 watt x 12 jam = 1200 watt jam, Televisi 1 unit x 100 watt x 6 jam = 600 watt jam, Kulkas 1 unit x 125 watt x 24 jam = 1000 watt jam (Zunelfi) [9]1/3 dari total watt karena kompresor tidak selalu berputar), lain-lain 100 watt x 5 jam = 500 watt jam, sehingga total pemakaian per hari = 3300 watt jam. Jadi kapasitas daya 3300 watt jam untuk satu unit rumah sederhana dengan menggunakan panel surya 100 WP waktu penyinaran matahari katagori 6 jam/hari, maka diperlukan panel sebanyak 6 unit . Untuk kebutuhan baterai minimum kebutuhan daya diperlukan 2 kalinya, artinya daya dikalikan dengan 2, maka total kebutuhan daya minimum 6600 watt jam, jadi kebutuhan baterai 6600/12 Volt/100 Amper, sehingga total baterai yang dibutuhkan sebanyak 6 unit 100 Ah dapat menampung daya 7200 watt.

Setelah kapasitas daya dihitung, maka diperlukan memilih inverter. Inverter adalah salah satu alat yang akan mengubah arus bolak-balik (AC) ke arus searah (DC) agar dapat menyuplai listrik atau sebaliknya arus DC ke AC. Besarnya watt inverter DC ke AC yang diperlukan adalah : Jumlah pemakaian listrik peralatannya rumah sederhana 425 watt . Inverter yang dibutuhkan pada rumah sederhana tersebut adalah 1000 watt. Ukuran untuk alat pengontrol arus masuk dan keluar dari baterai ditentukan dalam satuan Amper. Untuk menghitung kebutuhan *solar charge controller*, maka karakteristik dan spesifikasi panel surya harus ditentukan terlebih dahulu, biasanya pada bagian belakang panel surya terdapat spesifikasi teknis, misalnya : *Short circuit current* (Isc) 6.33A, yang harus diperhatikan adalah angka Isc (*short circuit current*), nilainya dikalikan dengan jumlah

panel surya, hasilnya merupakan nilai berapa nilai minimal dari *charge controller* yang dibutuhkan: $6 \times 6,33 = 37,98$ Ampere (sebaiknya gunakan 60A).

Perhitungan Anggaran Pemasangan

Memang listrik energi surya akan membantu mengefisienkan penggunaan PLN, mengurangi polusi dan menjaga stabilitas ekosistem. Biaya investasi awal pemasangannya relatif cukup mahal, namun jika dibandingkan selama 25 – 30 tahun, tentu investasi yang dialokasikan memadai. Perhitungan kasar biaya yang dibutuhkan untuk dapat mendukung penggunaan listrik di rumah sebesar 425 watt: 6 unit panel surya x 100 watt x Rp. 30.000 per watt = Rp. 18.000.000,- ditambah 6 unit aki (100 Ah) x Rp. 1.650.000,- = Rp. 9.900.000,-. Inverter 1000 watt (*Charge controller*) = Rp.7.500.000,-, sehingga total biaya = Rp.35.400.000,-. Biaya tersebut di atas belum termasuk biaya pemasangan, dan kabel.

Orlando [10], bila dikaji jangka waktu pengembalian modal PBP (Pay Back Period) = Total Investasi (Penanaman Modal)/Laba Per Bulan. Tarif dasar listrik rumah tangga R-1 golongan tarif /daya R-1/1300VA non subsidi Rp 1467,28, kWh, atau voucher PLN 100.000 Rp 100.200,-. Untuk rumah tangga yang dihitung membayar *voucher* PLN 500.000 Rp 510.000,-. Perkiraan pengembalian modal selama 70 bulan (6 tahun). Biaya untuk membangun listrik energi surya rumah sederhana cukup mahal. Investasi awal yang cukup mahal ini adalah untuk jangka panjang minimal 20 tahun (umur panel surya). Untuk membandingkan mahal tidaknya investasi ini anda harus menghitung berapa tagihan listrik setiap bulan x 12 bulan x 20 tahun (rata-rata umur pakai panel surya).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian audit energi pada rumah sederhana adalah bahwa: perubahan intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap kuat dan lemahnya tegangan yang diterima panel sel surya., Perubahan terhadap sudut datang sinar matahari berpengaruh terhadap besar kecilnya tegangan. Bertambah tinggi temperatur panel surya bertambah lemah tegangannya. Arah sudut yang tepat adalah pada sudut sinar datang matahari terletak pada sudut 125 derajat. Arah sudut tergantung lokasi penempatan panel sel surya.

Kelebihan utama pembangkit listrik energi surya tidak pernah habis, bersih, ramah lingkungan, dan biaya perawatan relatif murah. Investasi awal cukup mahal, namun akan kembali dalam jangka waktu beberapa tahun kemudian. Panel surya sebagai komponen penting yang dapat mengubah sinar menjadi tenaga listrik. kapasitas daya 3300 watt jam untuk satu unit rumah tangga dengan menggunakan panel surya 100 WP, waktu penyinaran matahari katagori 6 jam/hari, maka diperlukan panel surya sebanyak 6 unit , jadi kebutuhan aki 7200 watt/12 Volt/100 Ampere, total aki yang dibutuhkan sebanyak 6 unit.. Biaya investasi awal pemasangannya cukup mahal di awal namun jika dibandingkan selama 25 – 30 tahun, tentu investasi yang dikeluarkan menjadi berbanding. Perkiraan pengembalian modal listrik surya rumah sederhana tersebut sekitar 6 tahun, umur panel surya lisensi pabrik bertahan minimal 20 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akinyele,D.O., R.K. Rayudu,2014.Review of energy storage technologies for susteinabel power network..OriginalResearch Article Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 8, December 2014, Pages 74-91
- [2] Gary M. Kassem dengan nomor publikasi WO2012033534 A2 tentang Solar panel support structure.
- [3] Yohana,E. Darmanto . uji eksperimental pengaruh sudut kemiringan modul surya 50 watt peak dengan posisi megikuti pergerakan arah matahari. MEKANIKA Volume 11 Nomor 1, September 2012. Undip Semarang.
- [4] Yushard, Pengaruh Faktor Metereologi Terhadap Pola Efisiensi Tiap Jam harian Pada Modul Sel Surya. <http://www.tumoutou.net> (akses 20 Juli 2017)

- [5] Pangestuningtyas D.L.,Hermawan,Karnoto ,Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap. Jurnal : *TRANSIENT, VOL.2, NO. 4, DESEMBER 2013, ISSN: 2302-9927, 522*. Undip Semarang
- [6] Sudjendro, H . rancang bangun kontrol posisi pada *solar cell* untuk mengoptimalkan daya keluaran pembangkit listrik tenaga surya. PPPPTK Malang. 2014.
- [7] Suryana, D. M. Marhaendra Ali. Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya). jurnal teknologi proses dan inovasi industri, vol. 2, no. 1, november 2016.
- [8] Nato, Cara Menghitung Daya Tenaga Surya. Katalog Produk. <http://katalognatopringsewu.com> (akses 5 Juni 2018).
- [9] Zunelfi, Menghitung biaya pemasangan listrik tenaga surya untuk rumah tangga. <http://www.zoelradio.com>. (akses 5 Juni 2018).
- [10]. Orlando, Menghitung PBP, BEP, dan ROI (Rumus Wajib Pengusaha) <http://orlandonotes.com>. (akses 5 Juni 2018).
- [11]. Joni,K 2016. Modul Praktikum Energi Terbarukan,Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura.

ANALISIS PEMAKAIAN CLOSE COOLING WATER FAN PADA GAS TURBIN PLTGU UJP CILEGON

Ulfa Rahmania Fitri¹, Jusafar², Emir Ridwan³
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus Baru UI Depok, 16425, Indonesia
Tel: (62-21)7863530, Fax: (62-21)8763530
ulfa.rahmania@hotmail.com

Abstrak

Sistem air pendinginan pada turbin gas merupakan sistem yang menggunakan air make up sebagai media pendingin. Peralatan pendingin pada Gas Turbin adalah Close Cooling Water (CCW). Awalnya air pendingin disirkulasi oleh Close Cycle Cooling Water Pump ke pipa-pipa pada sistem CCW untuk didinginkan dengan CCW Fan, dimana pada sistem ini terjadi pertukaran panas antara air dan udara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pemakaian Close Cooling Water Fan pada PLTGU UJP Cilegon. CCW didesain memiliki 12 Fan, dengan ketentuan 11 Fan beroperasi dan 1 Fan standby, sehingga pemakaian CCW Fan yang beroperasi selama 24 jam tidak terkontrol. Pada saat temperatur ambient yang masih rendah, operator mengoperasikan semua CCW Fan. Padahal sebenarnya masih ada potensi penghematan jumlah CCW Fan yang beroperasi. Setelah melakukan perhitungan pada pemakaian CCW Fan, didapatkan penghematan penggunaan Fan CCW.

Kata Kunci: Close Cooling Water (CCW), Close Cooling Water Fan, Temperatur

Abstrac

Water cooling system in gas turbine is using make up water as intermediary cooler. The cooling equipment in Turbine Gas is Close Cooling Water (CCW). Initially the cooling water is circulated by the Close Cycle Cooling Water Pump to the pipes in the CCW system to be cooled with a CCW Fan, where in this system there is a heat exchange between water and air. This study aims to analyze the use of Close Cooling Water Fan at PLTGU UJP Cilegon. For each CCW designed in each of Gas Turbine has 12 Fan, with 11 Fan operates and 1 Fan in standby mode, so the usage of CCW Fan that operates for 24 hours is uncontrolled. At low ambient temperatures, operators are operating all of the CCW Fans. When in fact there is still a potential for savings the number of CCW Fan that operate. After performing calculations on the usage of CCW Fan, savings obtained the usage of CCW Fan.

Keywords: Close Cooling Water (CCW), Close Cooling Water Fan, Temperature

1. LATAR BELAKANG

PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Cilegon merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga gas dan uap yang terdapat di Indonesia. Merupakan pembangkit listrik yang memiliki kapasitas terpasang sebesar 740 MW. PLTGU Cilegon merupakan pembangkit yang menerapkan sistem *combined cycle*, dimana konfigurasinya ialah 2 Gas Turbine dan 1 Steam Turbine. Hasil keluaran dari Gas Turbine dimanfaatkan kembali untuk Steam Turbine.

Sistem pendingin merupakan bagian yang sangat penting pada sistem pembangkit listrik tenaga gas dan uap. Sistem pendingin berfungsi menjaga temperatur setiap komponen sistem pembangkit pada temperatur kerjanya. Kelebihan energi atau temperatur komponen ini akan ditransfer ke fluida lain sebagai media pendingin dalam sebuah alat penukar kalor. Sistem pendingin yang digunakan Gas Turbin (GT) di PLTGU Cilegon adalah *Closed Cooling Water* (CCW). CCW memiliki 24 Fan untuk 2 Gas Turbine yaitu Gas Turbine 1 dan Gas Turbine 2 masing-masing memiliki 12 Fan.

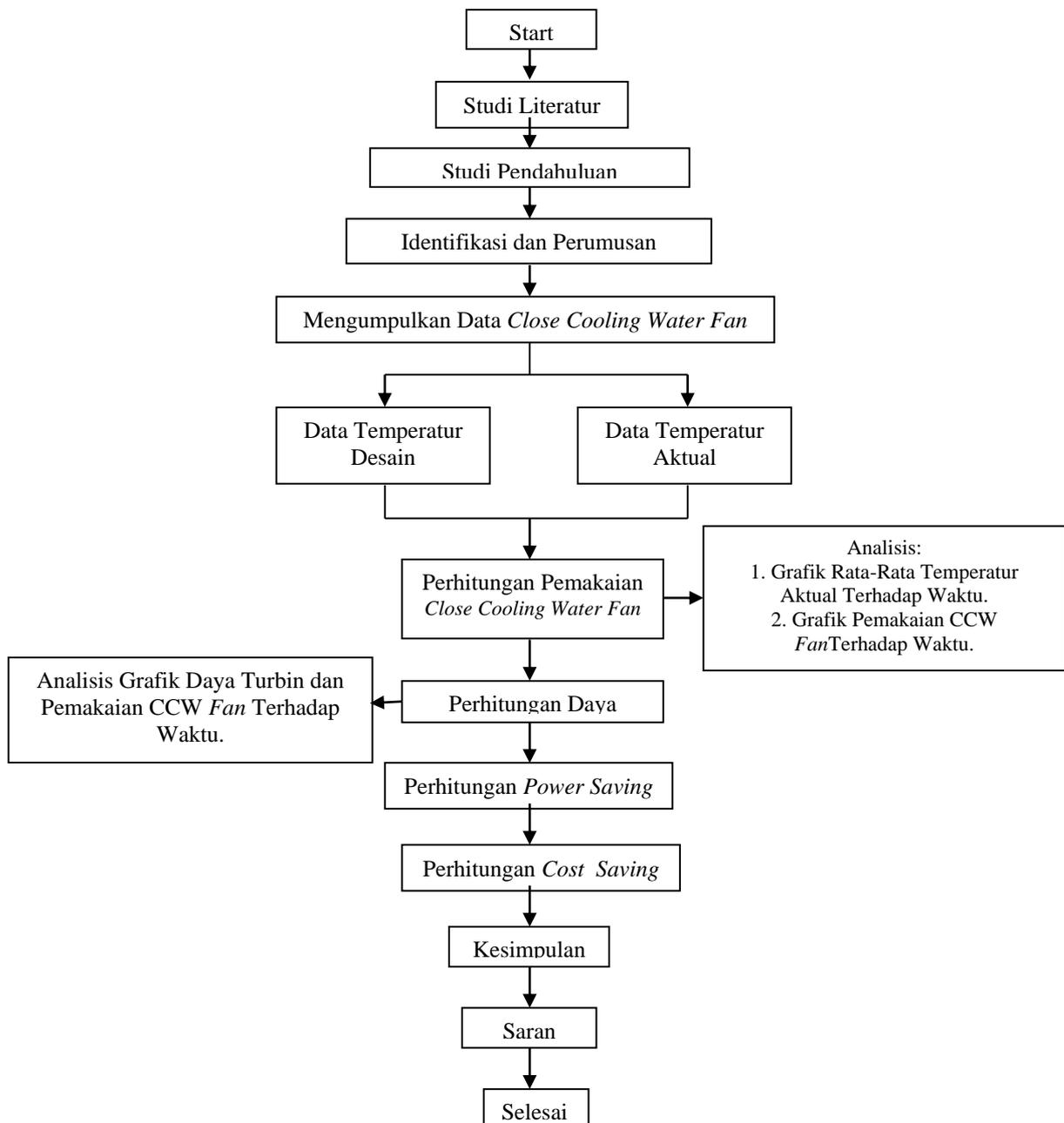
Pada saat ini *Closed Cooling Water Fan* (CCW Fan) masih beroperasi 11 fan dan 1 standby, sehingga rata-rata jumlah CCW Fan yang beroperasi dalam 24 jam tidak terkontrol. Pada waktu-waktu tertentu yaitu pada saat temperatur aktual yang masih rendah, operator mengoperasikan hingga semua CCW Fan, sehingga

terjadi kelebihan pemakaian CCW *Fan*. Padahal sebenarnya masih ada potensi penghematan jumlah CCW *Fan* yang beroperasi. Dari hasil pengamatan didapat rata-rata jumlah CCW *Fan* yang beroperasi saat ini selama 24 jam sebanyak 22 CCW *Fan*. Maka, perlu adanya sistem pengoperasian secara manual yang dapat menghemat rata-rata jumlah CCW *Fan* yang beroperasi.

2. DIAGRAM ALIR

2.1. Diagram Alir

Metode penelitian merupakan suatu proses yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir memperoleh data yang akurat sehingga mendapatkan hasil yang baik dan efektif. Berikut ini diagram alir metode penelitian:



Gambar 1 Diagram Alir

2.2 Studi Pendahuluan

Studi Pendahuluan berisi tentang literatur yang akan dijadikan referensi. Studi literatur yang dilakukan adalah mencari referensi buku dan jurnal yang berkaitan dengan judul.

2.3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan cara menentukan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini. Identifikasi masalah didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Permasalahan yang timbul pada penelitian kali ini adalah, Bagaimana melakukan penghematan penggunaan CCW Fan, sehingga tidak ada penggunaan fan berlebih pada suhu aktual yang rendah.

2.4. Mengumpulkan Data Close Cooling Water Fan

Untuk melakukan perhitungan penghematan penggunaan CCW Fan, dibutuhkan beberapa data untuk menunjang perhitungan diantaranya :

- Data Temperatur Desain

Pengambilan data temperatur desain didapat dari *manual book* yang dibuat PT. Indonesia Power UJP Cilegon.

Tabel 1 Tabel Desain Gas Turbine CCWFan.

PERFORMANCE DATA		
FLUID NAME	GT COOLING WATER (DEMINERALIZED WATER)	COOLING AIR (AMBIENT AIR)
INLET TEMP. [°C]	46	46,9
OUTLET TEMP. [°C]	53,4	40
FLOW RATE. [m ³ /s]	790	1075
PRESS. DROP. [Mpa]	0,06	-
OPE. PREWS. [Mpa]	0,5	-
DESIGN PRESS. [Mpa]	1	-
DESIGN TEMP. [°C]	60	-

- Data Temperatur Aktual

Data temperatur aktual didapat dari data harian temperatur pada PLTGU UJP Cilegon. Data tersebut diambil di *Central Control Room* (CCR) PLTGU UJP Cilegon dimana semua data parameter alat ukur yang bersangkutan terinput secara langsung.

Tabel 2 Temperatur Rata-Rata Aktual Close Cooling Water Fan

T Rata-rata	Januari		Februari	
Waktu	Temperatur			
	T OutUdara[°C]	T In Udara[°C]	T OutUdara[°C]	T InUdara[°C]
03.00	34,26452	24,96129	38,61765	27,89412
06.00	38,59677	27,8871	34,71765	24,94706
09.00	42,23548	29,90323	39,47059	28,70588
12.00	52,82581	38,1	53	38,21176
15.00	52,00323	37,25161	53,27059	38,47059
18.00	49,58387	35,81935	53,13529	38,38824
21.00	38,97419	28,29677	39,25882	28,47059
24.00	39,76129	29,02581	41,87647	29,52941

2.5. Perhitungan Untuk Operasi Close Cooling Water Fan

Berikut ini persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung kinerja CCW (energi kalor yang dilepas) menurut *JP Holman*:

- Mencatat parameter yang dibutuhkan
 - Suhu air masuk CCW (T_{in} (°C))
 - Suhu air keluar CCW (T_{out} (°C))
- Menghitung laju aliran massa

$$\dot{m} = \rho_{air} \times q_{debit} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan: \dot{m} = Laju aliran massa air masuk CCW (Kg/s)
 ρ_{air} = Massa jenis air suhu air rata-rata (Kg/m³)
 q_{debit} = Debit air masuk CCW (m³/s)

c) Menghitung energi kalor yang dilepas (kinerja CCW)

$$Q_{air} = \dot{m}_{air} \times C_{p_{air}} \times \Delta T_{air} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana: Q_{air} = Energi kalor yang dilepas (kW)
 \dot{m} = Laju aliran massa air masuk CCW (Kg/s)
 C_p = Kapasitas panas spesifik air (kJ/Kg^oC)
 ΔT = Selisih Temp. in dengan Temp. out (°C)

2.6. Perhitungan Penghematan Daya Operasi FanCCW

Gas turbine CCWFan merupakan peralatan yang berfungsi untuk mendinginkan Gas Turbine *Closed Cooling Water System*. Gas turbine mempunyai 12 fan, dimana 11 operasi dan 1 *standby*. Saat ini dilakukan penghematan daya pemakaian sendiri dengan cara mengurangi jumlah fan yang beroperasi pada suhu *ambient* yang rendah. Dengan ditambahkan fan menjadi *standby* maka dapat dihitung besar penghematan daya yang diperoleh dengan rumus dibawah ini:

$$DayaHemat = DayaMotor \times JumlahFanStandby \times Waktu$$

(Jr. Archie W. Culp, 1996)

2.7. Perhitungan Cost Saving

Pada pemakaian CCW heat exchanger fan dapat dilakukan penghematan dalam pemakaian jumlah CCWFan. Penghematan pemakaian jumlah ini berdampak pada daya pemakaian CCWFan yang berkurang.

$$CostSaving = DayaMotor \times JumlahSavingFan \times LamaPemakaian$$

Dari daya pemakaian listrik yang berkurang itu, PT. Indonesia Power dapat menjual daya yang tidak digunakan tersebut kepada PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN). Dengan ketentuan biaya komponen C, adalah:

$$Komponen C = 980/ Kwh$$

2.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi tentang hasil yang didapat selama proses analisa temperatur *Close Cooling Water Fan*. Serta saran berisi tentang nasihat dan saran yang perlu diperhatikan setelah proses analisa perhitungan yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Pemakaian CCW Fan

Berdasarkan data operasional yang di dapatkan di *Control Room*, dilakukan perhitungan penggunaan fan Pada Tabel disajikan perhitungan pemakaian *Close Cooling Water Fan*.

Tabel 4.3Jumlah pemakaian *Close Cooling Water Fan*

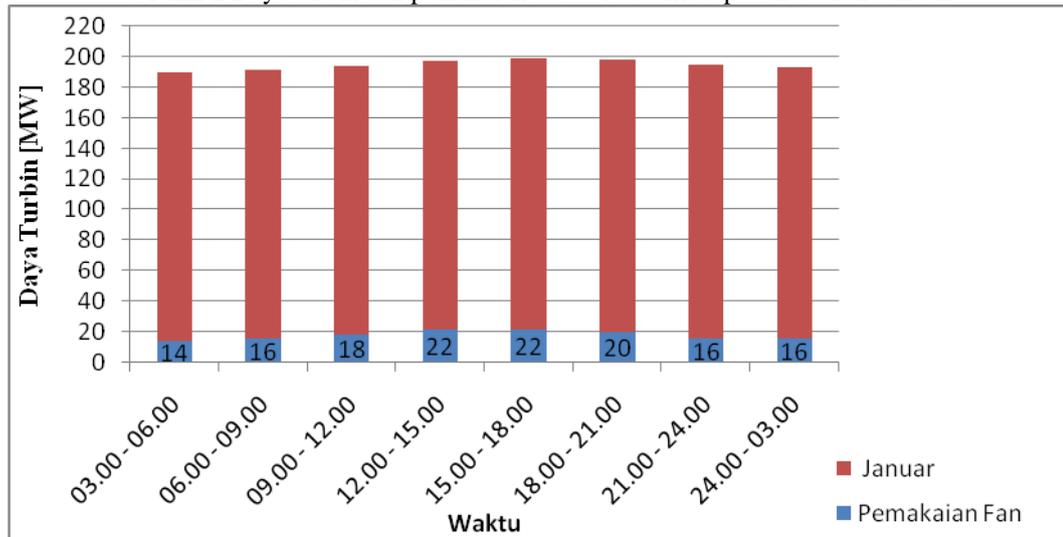
T Rata-rata	Januari				Februari			
	T Out Udara[°C]	T In Udara[°C]	Perhitunga Pemakaian Fan	Jumlah Fan	T Out Udara[°C]	T In Udara[°C]	Perhitunga Pemakaian Fan	Jumlah Fan
03.00	34,2645161	24,9612903	13,8	14	38,6176471	27,8941176	15,9	16
06.00	38,5967742	27,8870968	15,9	16	34,7176471	24,9470588	14,5	14
09.00	42,2354839	29,9032258	18,3	18	39,4705882	28,7058824	16,0	16
12.00	52,8258065	38,1	21,8	22	53	38,2117647	21,9	22
15.00	52,0032258	37,2516129	21,9	22	53,2705882	38,4705882	22,0	22
18.00	49,583871	35,8193548	20,4	20	53,1352941	38,3882353	21,9	22
21.00	38,9741935	28,2967742	15,8	16	39,2588235	28,4705882	16,0	16
24.00	39,7612903	29,0258065	15,9	16	41,8764706	29,5294118	18,3	18

Dilihat dari data operasi jumlah pemakaian *Close Cooling Water Fan* rata-rata jumlah pemakaian *fan* dalam operasionalnya selalu berada dibawah standar desain. Jumlah penggunaan *Close Cooling Water Fan* bergantung pada temperatur aktual yang cukup rendah. Penggunaan *Close Cooling Water Fan* diatur otomatis oleh *Control Center Room*, mengikuti waktu temperatur aktual di PLTGU UJP Cilegon.

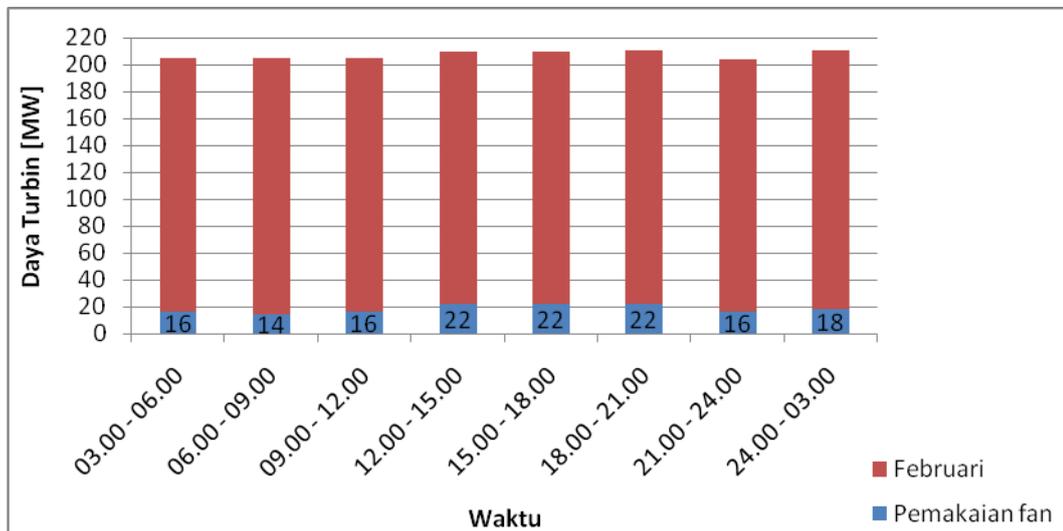
3.2. Analisa Daya Turbin

Berdasarkan data operasional yang di dapatkan di control room *Close Cooling Water*, dilakukan perhitungan daya yang dihasilkan pada turbin pada bulan januari dan februari 2018 dengan menggunakan persamaan 2. Pada Tabel disajikan perhitungan daya turbin.

Grafik 1 Daya turbin dan pemakaian CCW *Fan* terhadap waktubulan Januari



Grafik 2 Daya turbin terhadap waktu dan pemakaian CCW *Fan* bulan Februari

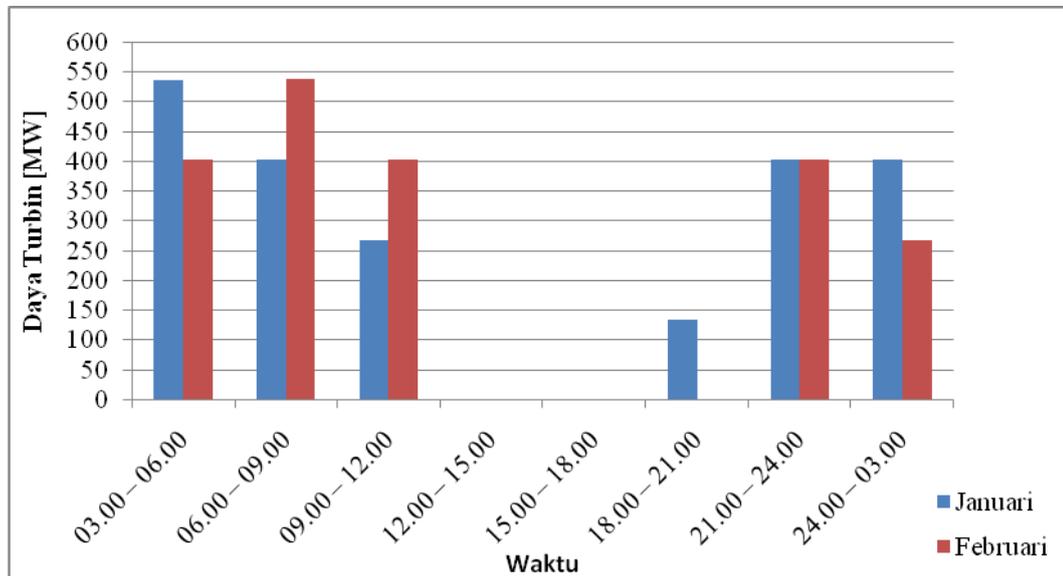


Ditinjau dari daya yang dihasilkan turbin cenderung stabil. Daya yang dihasilkan turbin tidak berkolerasi terhadap pemakaian *Close Cooling Water Fan*. Daya yang dihasilkan turbin bergantung pada waktu pemakaian turbin gas itu sendiri. Sehingga optimalisasi penggunaan *Close Cooling Water Fan* tidak mengganggu kinerja turbin.

3.3. Analisa Power Saving

Setelah melakukan penghematan pada pemakaian fan CCW, ada daya operasi fan CCW yang dapat dihemat. Dimana spesifikasi daya pada Fan CCW:

Grafik 3 Penghematan daya operasi CCW Fan



Optimalisasi penggunaan *Close Cooling Water Fan* ini, sangat membantu dalam mengurai daya yang dibutuhkan *fan* dalam pengoprasian selama 24 jam. Hal ini terbukti secara desain jumlah *fan* yang harus hidup setiap saat sebanyak 22 *fan*, dengan daya 11.827,2 kW/hari. Sedangkan dengan optimalisasi penggunaan *fan* yang bervariasi, menjadi 9.744 kW/hari.

3.4. Perhitungan Cost Saving

Manfaat finansial yang diperoleh apabila *CCW Fan* diimplementasikan adalah penghematan pemakaian sendiri energi listrik *CCW Fan*. Setelah melakukan perhitungan penghematan pemakaian *CCW Fan*, maka didapatkan penghematan daya operasi *CCW Fan*.

Tabel 4.4 Jumlah perhitungan *cost saving*

Waktu	Januari			Februari			Rata-rata Power Saving [kW/3h]
	Fan Desain	Fan Aktual	Power Saving [kW/3h]	Fan Desain	Fan Aktual	Power Saving [kW/3h]	
03.00 – 06.00	22	14	536,6	22	16	403,2	470,4
06.00 – 09.00	22	16	403,2	22	14	537,6	470,4
09.00 – 12.00	22	18	268,8	22	16	403,2	336
12.00 – 15.00	22	22	0	22	22	0	0
15.00 – 18.00	22	22	0	22	22	0	0
18.00–21.00	22	20	134,4	22	22	0	67,2
21.00 – 24.00	22	16	403,2	22	16	403,2	403,2
24.00 – 03.00	22	16	403,2	22	18	268,8	336
Rata-rata daya per hari							2083,2
Total Cost Saving per hari							Rp2.047.785,00
Total Cost Saving per taun							Rp747.441.744,00

Noted: Perhitungan biaya power saving dengan harga / kwh RP983,00

Dari tabel 4.4 dapat dilihat penghematan daya operasi CCW Fan, maka dapat diketahui rata-rata penghematan daya operasi harian CCW Fan. Dari rata-rata penghematan daya operasi harian, bisa didapatkan total manfaat finansial per hari. Manfaat finansial dari penghematan pemakaian CCW Fan per hari sebesar Rp2.047.785,00. Dari manfaat finansial per harinya, dapat diakumulasikan manfaat finansial untuk 1 tahun. Manfaat finansial per tahun sebesar Rp747.441.744,00 dari penghematan pemakaian CCW Fan.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan, sebagai berikut:

1. Rata-rata temperatur aktual bulan Januari dan Februari, pada jam-jam tertentu tidak terlalu panas. Pada bulan Januari rata-rata temperatur aktual tertinggi berada pada pukul 12.00 dan 15.00. Sedangkan, pada bulan Februari rata-rata temperatur aktual tertinggi berada pada pukul 15.00. Untuk bulan Februari rata-rata temperatur aktual juga cenderung tinggi pada pukul 12.00 dan 18.00.
2. Pada bulan Januari penghematan penggunaan CCW Fan berada pada pukul 03.00 – 09.00. Dengan penggunaan fan sebesar 14 fan dapat menghemat 8 fan operasi pada pukul 03.00. Pada pukul 03.00 juga merupakan penggunaan fan terendah pada bulan Januari. Penggunaan CCW Fan naik menjadi 16 fan operasi pada pukul 06.00 dan naik kembali menjadi 18 fan operasi pada pukul 09.00. Penggunaan CCW Fan normal sesuai dengan penggunaan desain pada pukul 12.00 – 15.00, sebesar 22 fan operasi. Pada pukul 18.00 penggunaan fan cenderung tinggi, tetapi pada pukul 18.00 penggunaan CCW Fan masih dapat dihemat sebesar 2 fan operasi. Pada pukul 21.00 – 24.00 penggunaan CCW Fan turun kembali menjadi 16 fan. Pada bulan Februari pukul 12.00 – 18.00 tidak ada penghematan penggunaan CCW Fan, fan yang digunakan pada rentang waktu ini sebesar 22 fan operasi. Pada pukul 03.00 penggunaan CCW Fan sebesar 16 fan operasi, dengan penghematan penggunaan CCW Fan sebesar 6 fan operasi. Pada pukul 06.00 penggunaan CCW Fan turun menjadi 14 fan operasi, pada pukul 06.00 merupakan penggunaan CCW Fan terendah pada bulan Februari. Pada pukul 09.00 penggunaan CCW Fan naik kembali menjadi 16 fan operasi, dapat menghemat 6 fan operasi. Pada pukul 21.00 penggunaan CCW Fan cenderung turun jika dibanding pada pukul 18.00. Pada pukul 18.00 penggunaan CCW Fan sebesar 22 fan, sedangkan pada pukul 21.00 penggunaan CCW Fan turun menjadi 16 fan operasi dengan penghematan 6 fan operasi. Pada pukul 24.00 penggunaan CCW Fan kembali naik menjadi 18 fan operasi.
3. Daya yang dihasilkan turbin gas pada bulan Januari dan Februari cenderung stabil. Penghematan penggunaan CCW Fan pada jam-jam tertentu tidak berdampak buruk pada daya yang dihasilkan turbin.
4. Penghematan daya operasi CCW Fan terbesar dibulan Januari berada pada pukul 03.00. Pada bulan Januari pukul 12.00 – 15.00 tidak ada *power saving* yang dihasilkan, dikarenakan pada pukul 12.00 – 15.00 fan digunakan secara menyeluruh. Berbeda dengan bulan Februari, di bulan Februari pada pukul 12.00 – 18.00 *power saving* yang dihasilkan tidak ada. Sedangkan pada bulan Februari *power saving* terbesar berada pada pukul 06.00.
5. Manfaat finansial dari penghematan pemakaian CCW Fan per hari sebesar Rp2.047.785,00. Dari manfaat finansial per harinya, dapat diakumulasikan manfaat finansial untuk 1 tahun. Manfaat finansial per tahun sebesar Rp747.441.744,00 dari penghematan pemakaian CCW Fan.

4.2. Saran

1. *Monitoring longsheet* temperatur aktual, untuk pencatatan rata-rata temperatur harian.
2. Konsistensi pemakaian CCW Fan yang beroperasi pada temperatur aktual.
3. Pengontrolan dalam pemakaian *Close Cooling Water Fan* pada temperatur aktual yang rendah.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Archie W. Culp, Jr. *Prinsip-Prinsip Kerja Konversi Energi*. Terjemahan oleh Ir. Darwin Sitompul, M.Eng. 1996. Medan: ERLANGGA
2. J.P. Holman, *Perpindahan Kalor*. 1993. Jakarta: ERLANGGA

3. Pudjanarsa, Astu. Djati Nursuhud. *Mesin Konversi Energi*. 2006. Yogyakarta: CV ANDI OFFSET
4. Mulana, Sukma. 2016. "Perancangan Sistem Pemanas". Tugas Akhir Universitas Panasila. Teknik Mesin.
5. Manual Book: *SPX Cooling Technologies, inc.* INDONESIA POWER. USA . 2006
6. Manual Book: *SPX Close Cooling Water, inc.* INDONESIA POWER. USA . 2006
7. *Design Manual For GT Vol 4 GT Closed Cooling Water HE. HAL 3.8.2*

PENGARUH INTENSITAS CAHAYA TERHADAP PUTARAN, TORSI DAN MEDAN MAGNET PADA MENDOCINO MOTOR

Soni Ganda ¹⁾, Chalilullah Rangkuti ²⁾

^{1),2)} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti
E-mail: sonihtbrt9@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan energi matahari secara umum digunakan untuk energi termal dan energi listrik. Salah satu aplikasi dari sistem pemanfaatan untuk energi listrik adalah penggunaan Mendocino motor. Penelitian ini menggunakan komponen solar panel dan neodymium magnet. Komponen solar panel dirangkai dengan dudukan rotor dan kawat tembaga yang diletakkan di bagian dalam solar panel dan di kedua ujung poros diberikan magnet untuk menopang rotor karena dalam penelitian ini mendocino motor dapat bergerak karena tidak adanya gesekan, dan tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap putaran Mendocino motor. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi edukasi dan pemanfaatan energi terbarukan di kemudian hari. Kelebihan dari alat ini adalah lebih hemat energi, dan fleksibel. Dan hasil yang di dapatkan adalah putaran berlawanan arah jarum jam lebih besar dari putaran searah jarum jam sebesar 21,25 %

Kata kunci: Mendocino motor, Solar Panel, Magnet, Intensitas cahaya

Abstract

The utilization of solar energy is generally used for thermal energy and electrical energy. One application of the utilization system for electrical energy is the use of Mendocino motors. This study uses solar panel components and neodymium magnets. Components of solar panels coupled with rotor holder and copper wire are placed underneath of the solar panel, and at both side of the shaft is given a magnet to support the roto. In this study Mendocino motors can move because of the absence of friction and the purpose of this research is to know the effect of light intensity on Mendocino motor rotation. It is expected that this research can become education and utilization of renewable energy in the future. The advantages of this tool are more energy efficient, and flexible. And the results obtained are counterclockwise greater than clockwise rotation of ratio 21.25%

Keywords : Mendocino motor, Solar Panel, Magnet, Light Intensity

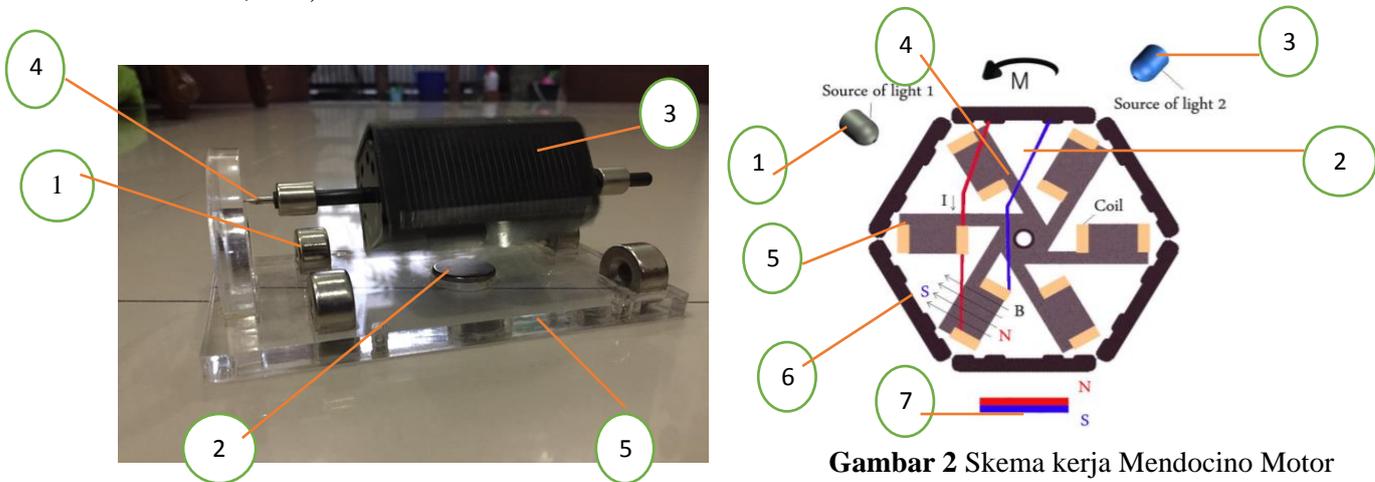
I. Pendahuluan

Latar belakang

Motor listrik merupakan salah satu peralatan pengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Energi mekanis ini dalam penerapannya digunakan sebagai mesin untuk proses produksi dan alat transportasi. Dikarenakan motor listrik tersebut menggunakan energi listrik yang tidak sedikit, maka penulis membuat suatu alat dimana motor akan bergerak dengan adanya cahaya matahari bernama Mendocino Motor. dengan solar panel dan magnet sebagai komponen utamanya. Dimana cahaya matahari akan diterima oleh solar panel lalu energi listrik tersebut masuk melalui kumparan dan bersinggungan langsung dengan magnet yang bersifat tolak – menolak sehingga menghasilkan putaran. Mendocino motor dapat disebut juga motor alami karena motor tersebut tidak mendapatkan kontak listrik langsung dari luar dan bersifat non – konvensional energi. (Gemilang Surya,2017)

II. METODE PENELITIAN

Mendocino Motor merupakan sebuah *Green generator* yang dilapisi oleh *solar cell*. Dimana input yang berasal dari sinar lampu akan diserap oleh *solar cell* dan akan di transfer ke kumparan kemudian kumparan tersebut akan bersinggungan dengan magnet motor sehingga menghasilkan putaran. Mendocino motor terdiri dari komponen utama yaitu Solar motor sebagai alat yang menghasilkan putaran dan komponen pendukung yaitu meja motor sebagai penopang dari solar motor itu sendiri. Pengujian ini dilakukan selama 1 hari, Pengujian yang dilakukan pada Mendocino motor yaitu seberapa cepat putaran yang dihasilkan Mendocino motor dengan kekuatan cahaya lampu/bohlam dengan mengubah arah putaran searah jarum jam dan berlawanan jarum jam, sehingga dapat menentukan efisiensi dari perputaran tersebut. (Dafi Dzufikar,2016)



Gambar 1 Alat Mendocino Motor

Keterangan Gambar 1 :

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Magnet penyangga poros | 4. Poros |
| 2. Magnet penyangga rotor | 5. Dudukan Mendocino motor |
| 3. Rotor | |

Keterangan Gambar 2 :

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1. Sumber cahaya 1 | 5. Lilitan kumparan |
| 2. Kabel negatif (-) | 6. Solar panel |
| 3. Sumber cahaya 2 | 7. Magnet |
| 4. Kabel positif (+) | |

Yang ada Pada Gambar 2 Prinsip Mendocino motor dengan lilitan *coil*. Setiap *coil* dihubungkan ke panel surya yang berlawanan seperti yang ditunjukkan di atas. Memutar salah satu lampu menciptakan tegangan pada panel surya yang diinginkan. Arus akan mulai mengalir melalui sirkuit, menyebabkan induksi magnetik di dalam dan di luar *coil*. Arah garis medan magnet bergantung pada arah arus di sirkuit dan bagian dalam *coil*. Direduksi jalur medan magnet bergantung pada arah arus di sirkuit di dalam *coil* garis-garis ini sejajar. Magnet neodmium permanen terletak di bawah motor. Jika garis induksi magnetis memiliki arah yang sama seperti garis magnet, gaya yang atraktif akan muncul, membuat motor berputar searah jarum jam (lampu 1 dinyalakan). Jika garis yang sama memiliki arah yang berlawanan (tiang S dari *coil* ke kutub N

magnet), buat motor berputar berlawanan arah jarum jam (lampu 2 dinyalakan). Yang memungkinkan kita memutar motor mendocino, membuat arah rotasi kita yang diinginkan atau hanya memperlambat motor ke kecepatan yang dibutuhkan.

Dalam pengambilan data, penulis menentukan daya lampu yang akan diterapkan sebesar 30 – 100 Watt diatur oleh dimmer. Dan intensitas cahaya diukur dengan solar power meter.



Gambar 3 Solar Power meter

Studi ini dilakukan secara eksperimental dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Meletakkan rotor diatas dudukan Mendocino motor.
2. Mengukur Intensitas Cahaya di area yang disinari cahaya lampu/bohlam sebagai pengganti sinar matahari dengan Solar meter.
3. Meletakkan Mendocino motor di area yang sudah diukur Intensitas cahaya dengan jarak yang sudah di tentukan.
4. Menunggu Mendocino motor hingga berputar cukup cepat.
5. Pengambila data dengan tachometer untuk mengukur putaran
6. Menulis hasil data lalu membandingkan dengan hasil yang searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam.

III. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil uji

Data pertama diambil dalam Mendocino motor adalah tegangan (Volt) dan arus (Ampere) pada *solar cell* dengan menggunakan multimeter. Setelah mendapatkan data tersebut, maka Daya dapat diketahui.

Setelah daya *solar cell* diketahui, kita lakukan uji putar untuk mencari putaran (rpm) yang dihsilkan oleh Mendocino motor dengan alat ukur Tachometer. Kemudian kita dapat mencari torsi dengan persamaan berikut. (Wikibooks.org)

$$T = \frac{P \cdot 60}{N \cdot 2\pi} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

$$P = V \times A \text{ (mW)}$$

$$N = \text{Jumlah Putaran (rpm)}$$

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

Setelah Torsi diketahui, kita dapat mencari medan magnet coil (B) dengan data sebagai berikut.
(Wikibooks.org)

$$B = \frac{T}{n \cdot I \cdot A} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

- T (Torsi) I (arus pada motor)
- n (jumlah lilitan) A (luas penampang kumparan)
- B (fluks magnet)

Berikut adalah hasil perhitungan dan data yang didapatkan dari putaran searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam yang ditampilkan pada tabel dan grafik

Daya Lampu (Watt)	Intensitas Cahaya (W/m ²)	mV	mA	Daya Motor (Watt)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)	Medan Magnet (Tesla)
30	120,76	52,2	3,2	2,94 x 10 ⁻⁴	132,6	2,12 x 10 ⁻⁵	1,22 x 10 ⁻⁵
40	156,125	122	4,8	1,54 x 10 ⁻³	295,9	4,99 x 10 ⁻⁵	1,31 x 10 ⁻⁵
50	227,52	144	7,8	1,82 x 10 ⁻³	462,4	3,77 x 10 ⁻⁵	9,62 x 10 ⁻⁶
60	304,115	170,8	9,1	3,09 x 10 ⁻³	559,6	5,28 x 10 ⁻⁵	9,66 x 10 ⁻⁶
70	388,48	191,2	8,4	3,41 x 10 ⁻³	611,7	5,32 x 10 ⁻⁵	9,90 x 10 ⁻⁶
80	482,79	252	13,3	6,38 x 10 ⁻³	630,3	9,67 x 10 ⁻⁵	1,15 x 10 ⁻⁵
90	597,56	334	15,5	1,03 x 10 ⁻²	650,8	1,51 x 10 ⁻⁴	1,59 x 10 ⁻⁵
100	678,74	503	27	2,76 x 10 ⁻²	771,1	3,42 x 10 ⁻⁴	2,05 x 10 ⁻⁵

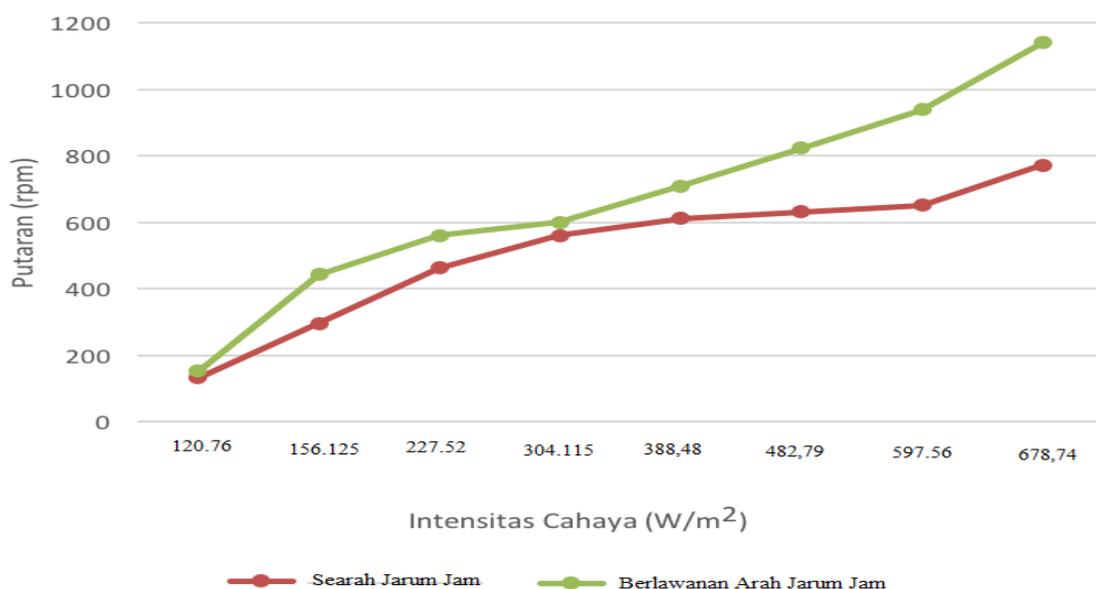
Tabel 1 Hasil pengukuran dan perhitungan Tanpa Beban Putaran Searah jarum jam

Daya Lampu (Watt)	Intensitas Cahaya (W/m ²)	mV	mA	Daya Motor (Watt)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)	Medan Magnet (Tesla)
30	120,76	52,2	3,2	$2,94 \times 10^{-4}$	151,9	$1,85 \times 10^{-5}$	$1,06 \times 10^{-5}$
40	156,125	122	4,8	$1,54 \times 10^{-3}$	442,9	$3,33 \times 10^{-5}$	$8,77 \times 10^{-6}$
50	227,52	144	7,8	$1,82 \times 10^{-3}$	560,1	$3,11 \times 10^{-5}$	$7,94 \times 10^{-6}$
60	304,115	170,8	9,1	$3,09 \times 10^{-3}$	600,1	$4,93 \times 10^{-5}$	$9,013 \times 10^{-6}$
70	388,48	191,2	8,4	$3,41 \times 10^{-3}$	708,5	$4,60 \times 10^{-5}$	$8,55 \times 10^{-6}$
80	482,79	252	13,3	$6,38 \times 10^{-3}$	823,3	$7,40 \times 10^{-5}$	$8,86 \times 10^{-6}$
90	597,56	334	15,5	$1,03 \times 10^{-2}$	938,8	$1,05 \times 10^{-4}$	$1,10 \times 10^{-5}$
100	678,74	503	27	$2,76 \times 10^{-2}$	1140	$2,31 \times 10^{-4}$	$1,39 \times 10^{-5}$

Tabel 2 Hasil Perhitungan Tanpa Beban Putaran Berlawanan arah jarum jam

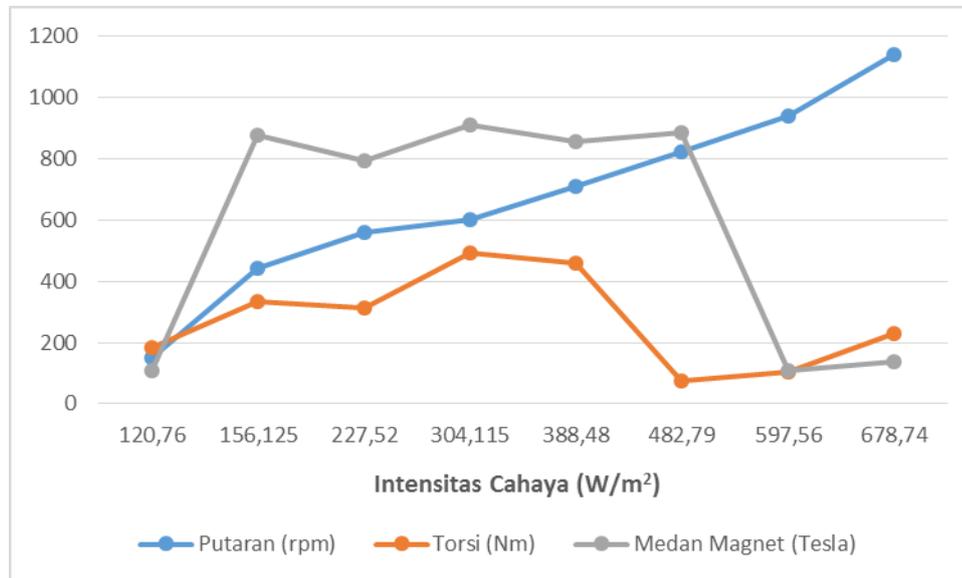
2. Hasil Pengujian

Hasil pengujian dalam bentuk grafik yang merupakan hasil perbandingan searah jarum jam dan berlawanan jarum jam sesuai data ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Putaran Motor Searah dan Berlawanan dengan arah jarum jam

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa intensitas cahaya semakin besar maka putaran akan semakin cepat, putaran rotor berlawanan arah jarum jam lebih besar dibandingkan dengan searah jarum jam yang disebabkan putaran searah jarum jam mengalami vibrasi sehingga putaran yang dihasilkan tidak maksimal, sedangkan pada putaran berlawanan arah jarum jam menunjukkan kondisi yang stabil dan menghasilkan putaran yang lebih besar sebesar 21,25%



Gambar 5 Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Putaran, Torsi dan Medan magnet motor

Dari Grafik diatas dapat disimpulkan jika Intensitas cahaya semakin besar maka putaran akan semakin cepat, Intensitas cahaya juga mempengaruhi torsi yang akan semakin berkurang dikarenakan putaran rotor sudah semakin cepat, dan kekuatan medan magnet akan berkurang karena putaran pada rotor sudah mencapai putaran yang ditinggi yang disebabkan oleh intensitas cahaya.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian Mendocino motor, di dapat beberapa kesimpulan:

1. Telah dihasilkan sebuah prototipe Mendocino motor yang dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan perancangan
2. Semakin besar intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh lampu, maka putaran dari Mendocino motor akan semakin besar.
3. Putaran berlawanan arah jarum jam lebih besar dari putaran searah jarum jam sebesar 21,25 % dikarenakan pada proses pengelilitan motor diarahkan ke Berlawanan arah jarum jam menghasilkan arah arus listik sesuai dengan lilitannya sehingga putaran untuk Berlawanan arah jarum jam lebih besar.
4. Intensitas cahaya mempengaruhi kekuatan torsi dan medan magnet pada Mendocino motor semakin besar intensitas cahaya maka medan magnet dan torsi pada rotor akan semakin berkurang.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zdeněk, Novák dan Milan Hofreiter (2012), *Controlling speed of motor powered by solar energy*, Jurnal, Rusia .
- [2] Liklikwatil, Yakob (2014), *Mesin-mesin Listrik untuk Program D3*, edisi ke 1, cetakan ke 1, Yogyakarta, Deepublisher.
- [3] Hasyim Asy'ari, Jatmiko, dan Angga (2012), *INTENSITAS CAHAYA MATAHARI TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL SEL SURYA*, Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [4] Kjmagnetics. (2010). *Mendocino Motor*. Diakses 14 Maret 2018, dari <https://www.kjmagnetics.com/blog.asp?p=mendocino-motor-2>
- [5] Fahmi, Affan (2017), *Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Mendocino motor*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Trisakti, Jakarta.

PEMANFAATAN MIKROALGA MENJADI BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR MESIN KAPAL NELAYAN KOTA BONTANG

Rizky Try Rachma Dani¹; Suci Ananda Ayu Ningtiyas¹; Syifa Salsabila²

Mahasiswa Konsentrasi Teknik Pengolahan Gas¹,

Mahasiswa Teknik Perawatan Kilang Mekanikal dan Rotating²

Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, LNG Academy – Politeknik Negeri Jakarta,
Badak Learning Centre – Komplek PT Badak NGL, Bontang, 75324, Kalimantan Timur. Telp. (0548) 552162
rizkytryrd@gmail.com; anandaasuci@gmail.com; syifasam7@gmail.com

Abstrak

Sebagaimana tercantum dalam visinya, Kota Bontang menyatakan dirinya sebagai kota maritim karena terletak di daerah pesisir. Melihat dari hal tersebut, tidak diragukan lagi bahwa sumber daya laut yang dimiliki sangat melimpah, termasuk mikroorganisme alga. Mikroalga sendiri memiliki kemampuan untuk memanfaatkan sinar matahari dan karbondioksida untuk menghasilkan biomassa. Selain itu, mikroalga saat ini menjadi salah satu alternatif untuk memperoleh bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Melihat potensi tersebut, studi ini bertujuan untuk memanfaatkan mikroalga sebagai bahan baku dalam proses pembuatan biodiesel yang dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin kapal nelayan. Proses inti dari pembuatan biodiesel dari mikroalga yakni proses ekstraksi dan esterifikasi untuk memperoleh biodiesel dengan kemurnian yang tinggi. Proses ekstraksi dibantu dengan suatu pelarut. Untuk mikroalga jenis *Chlorella sp* digunakan pelarut *n*-Heksana karena menghasilkan yield minyak dalam jumlah yang tinggi. Pemilihan mikroalga jenis *Chlorella sp* ini dengan alasan mudah untuk dibudidayakan. Selain itu, *Chlorella sp* memiliki kandungan minyak (28-32%) berat kering. Selanjutnya proses esterifikasi, yakni mereaksikan antara asam lemak dan alkohol dengan menggunakan bantuan katalis asam, pada umumnya menggunakan H_2SO_4 . Proses esterifikasi ini merupakan tahapan akhir untuk menghasilkan methyl ester (biodiesel) yang merupakan hasil konversi dari asam lemak bebas. Produk akhir yang berupa methyl ester (biodiesel) akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar mesin kapal untuk para nelayan. Studi ini memiliki dua tujuan utama, yakni untuk memanfaatkan sumber daya laut yang ada di Kota Bontang dan untuk mengurangi emisi karbondioksida yang dihasilkan dari pembakaran mesin diesel milik kapal nelayan. Sehingga studi ini mendukung misi dari Kota Bontang, diantaranya menjadi Smart City dan Green City.

Kata kunci: Mikroalga, ekstraksi, esterifikasi, methyl ester

Abstract

As stated in its vision, Bontang is a maritime city because it is located in a coastal area. From this statement, it can be confirmed that Bontang has so much potential on its marine resources, including algae microorganisms. Microalgae itself has the ability to produce biomass from sunlight and carbon dioxide. Nowadays, microalgae is used as one of alternative environmental-friendly fuel. Regardless, this study aims to make microalgae as a raw material in the process of making biodiesel that can be used as a fuel for fishing boats. The process included are extraction process and esterification to obtain biodiesel with high purity. The extraction process will be assisted by using certain solvent. For *Chlorella sp* microalgae, *n*-Hexane solvent is used due the high amount of oil its produces. Another reason for choosing this microalgae is because *Chlorella sp* is easy to be cultivated. In addition, *Chlorella sp* has dry weight oil content (28-32%). After the extraction process took place, next will be the esterification which is the reaction between fatty acids and alcohols using acid catalyst, generally using H_2SO_4 . This process is the final step to produce methyl esters (biodiesel) which is the result of the conversion of free fatty acids. The final product containing methyl esters (biodiesel) will be used as fuel for ship engines for the fishermen. This study has two main objectives, which are to exploit marine resources in Bontang and also to reduce carbon dioxide emissions as a result of combustion process in diesel engine of the ship. Also this study will supports the mission of Bontang City for being a Smart City and Green City.

Keywords: Microalgae, extraction, esterification, methyl ester

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Sebagaimana kita ketahui, terdapat peningkatan jumlah penduduk dunia setiap harinya yang juga akan menambah kebutuhan hidup dari tiap-tiap penduduk tersebut. Salah satunya adalah permintaan akan produk bahan bakar yang banyak digunakan pada aspek kehidupan manusia. Sebagai contoh dari faktor kekayaan sumber daya laut, tentunya tak lepas dari penggunaan bahan bakar tersebut sebagai penunjang dan penggerak utama ekonomi nasional.

Sedangkan faktanya, minyak bumi akan diperkirakan habis dalam 25 tahun mendatang (Suhada, 2006). Maka dari itu perlu dilakukan pengembangan untuk memperoleh bahan bakar alternatif yang terbarukan serta ramah lingkungan, misal bahan bakar biodiesel. Selain itu biodiesel juga bersifat mudah terurai secara biologis, tidak mengandung sulfur, dan mempunyai kekentalan lebih tinggi sehingga dapat memperpanjang umur mesin diesel. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai biodiesel adalah mikroalga.

Indonesia yang termasuk negara maritim dan tropis, maka terdapat banyak jenis mikroalga di seluruh luasan perairan yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi biodiesel. Selain itu perkembangan teknologi budidaya alga juga telah meningkat dan banyak peneliti energi alternatif di Indonesia. Akan sangat bijak bila Indonesia memanfaatkan mikroalga ini sebagai sumber bahan bakar alternatif biodiesel (Rahardjo, 2008).

Beberapa mikroalga yang dapat dimanfaatkan dan dikembangkan menjadi biodiesel adalah seperti *Botryococcus braunii*, *Dunaliella salina*, *Chlorella sp*, *Monalanthus salina*, dan lain- lain. Jenis-jenis mikroalga tersebut mempunyai kandungan minyak berkisar 40 - 85% (sementara untuk kelapa hanya mengandung minyak sekitar 40 - 55%, jarak mempunyai kandungan minyak 43 - 58% , dan untuk sawit berkisar 45 - 70%. Semua jenis alga memiliki komposisi kimia sel yang terdiri dari protein, karbohidrat, lemak (*fatty acids*) dan *nucleic acids*. Persentase keempat komponen tersebut bervariasi tergantung jenis alga. Ada jenis alga yang memiliki komponen *fatty acids* lebih dari 40%. Dari komponen *fatty acids* inilah yang akan diekstraksi dan diubah menjadi biodiesel. Secara teoritis, produksi biodiesel dari alga dapat menjadi solusi yang realistis untuk mengganti solar. Hal ini karena tidak ada persediaan bahan baku lain yang cukup memiliki banyak minyak sehingga mampu digunakan untuk memproduksi minyak dalam volume yang besar (Rahardjo, 2008).

Semua jenis alga memiliki komposisi kimia sel yang terdiri dari protein, karbohidrat, lemak (*fatty acids*) dan *nucleic acids*. Prosentase keempat komponen tersebut bervariasi tergantung jenis alga. Ada jenis alga yang memiliki komponen *fatty acids* lebih dari 40%. Dari komponen *fatty acids* inilah yang akan diekstraksi dan diubah menjadi biodiesel. Komposisi kimia sel pada beberapa jenis alga disajikan pada tabel 1.

Biodiesel dari alga hampir mirip dengan biodiesel yang diproduksi dari tumbuhan penghasil minyak (jarak pagar, sawit, dll) sebab semua biodiesel diproduksi menggunakan trigliserida (biasa disebut lemak) dari minyak nabati/alga (Thomas, 2007).

Alga memproduksi banyak *polyunsaturates*, dimana semakin tinggi kandungan lemak asam *polyunsaturates* akan mengurangi kestabilan biodiesel yang dihasilkan. Di lain pihak, *polyunsaturates* memiliki titik cair yang lebih rendah dibandingkan *monounsaturates* sehingga biodiesel alga akan lebih baik pada cuaca dingin dibandingkan jenis biodiesel yang lain. Diketahui kekurangan biodiesel adalah buruknya kinerja pada temperatur yang dingin sehingga biodiesel alga mungkin akan dapat mengatasi masalah ini (Thomas, 2007).

Tabel 1. Komposisi Kimia Alga dalam Zat Kering (%), (Thomas, 2007)

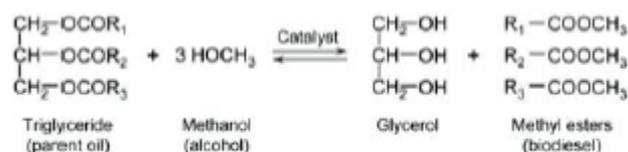
Komposisi Kimia	Protein	Karbohidrat	Lemak	Asam Nukleat
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14	3-6
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	47	-	1.9	-
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	8-18	21-52	16-40	-
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21	-
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22	4-5
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2	-

<i>Spirogyra sp.</i>	6-20	33-64	11-21	-
<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4	8	-
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6	-
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18	14-20	-
<i>Prymnesium parvum</i>	28-45	25-33	22-38	1-2
<i>Tetraselmis maculata</i>	52	15	3	-
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14	-
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9	2-5
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7	3-4.5
<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11	5
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7	-

Dari jenis- jenis mikroalga di atas yang paling mudah diperoleh dan dikembangkan di Indonesia adalah jenis *Chlorella*. Biodiesel yang diperoleh dari mikroalga *Nannochloropsis sp* sudah memenuhi syarat viskositas dan density dalam batasan standar Dirjen Migas (Riza, 2009). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Sri Hartini pada tahun 2010 dengan mengekstraksi mikroalga *Scenedesmus* dengan metode fluida super kritis diperoleh biodiesel sebesar 60%. Pada reaksi dua tahap In-situ, proses ekstraksi minyak dan reaksi esterifikasi dilaksanakan secara simultan sehingga tidak menggunakan tahap ekstraksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sifat fisik dan kimia biodiesel yang diperoleh dari mikroalga *Chlorella sp* dan membandingkan dengan minyak solar dari minyak bumi (SNI)

II. METODE PENELITIAN

Pada proses pembuatan biodiesel, induk minyak yang digunakan terdiri dari trigliserida (Gambar 1.) dimana senyawa tersebut akan di esterifikasi dengan molekul yang ada pada gliserol. Trigliserida direaksikan dengan methanol dalam reaksi yang dikenal sebagai transesterifikasi atau alkoholisis. Proses transesterifikasi menghasilkan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) yang merupakan biodiesel dan gliserol. Reaksi terjadi bertahap, yaitu: trigliserida dikonversi menjadi digliserida, kemudian menjadi monogliserida dan akhirnya menjadi gliserol.



Gambar.1 Transesterifikasi minyak menjadi biodiesel

Proses esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan 40 gram *Chlorella sp* dengan larutan methanol dalam labu leher dua yang dilengkapi termostat pada suhu 50°C dengan pengadukan konstan menggunakan stirer selama 30 menit. Kemudian proses selanjutnya dengan transesterifikasi. Campuran hasil reaksi didinginkan selama 10 menit untuk menghentikan reaksi. Kemudian hasil reaksi dipisahkan untuk memisahkan antara endapan *Chlorella sp* dan FAME. FAME kemudian di ekstraksi menggunakan 50 mL n-heksana, maka akan terbentuk gliserol (lapisan bawah) dan FAME (lapisan atas). FAME tersebut dicuci dengan air (T = 50°C) untuk mengambil gliserol yang masih terikat dalam FAME. Mengambil FAME (lapisan atas) sebagai hasil, lalu mendestilasi FAME tersebut untuk memisahkan FAME dari solvent (n-heksana). Memasukkan dalam oven pada suhu 80°C untuk menghilangkan sisa solvent dan air. Kemudian biodiesel yang diperoleh dianalisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik dan kimia yang secara umum diperhatikan dalam pemanfaatan biodiesel dari Mikroalga *Chlorella sp* dibandingkan dengan biodiesel yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan solar dari minyak bumi disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Biodiesel

Karakteristik	Biodiesel <i>Chlorella sp</i>	Biodiesel Standar Nasional Indonesia (SNI)	Solar
Massa jenis (g/ml) @40 °C	0.840 – 0.848	0.840 – 0.890	0.82 – 0.87
Viskositas (cSt) @40 °C	2.50 – 3.91	2.3 – 6.0	1.6 – 5.8
Angka Setana	51.17 – 53.72	Min. 51	Min. 45
Bil. Penyabunan (mg KOH/gram)	270.2 – 392.7	<500	N/A
Angka Asam (mg KOH/gram)	0.7 – 0.8	Maks. 0.8	N/A

Berdasarkan tabel tersebut, seluruh karakteristik telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan standar solar dari minyak bumi. Hal ini menjadi alasan bahwa biodiesel dari Mikroalga *Chlorella sp* ini dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel pada mesin kapal nelayan di Kota Bontang.

Massa jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume contoh dengan berat air pada volume dan suhu yang sama (Ketaren, 1986). Nilai dari massa jenis dipengaruhi oleh konsentrasi katalis yang digunakan pada reaksi esterifikasi. Semakin tinggi konsentrasi katalis, maka semakin besar nilai massa jenis biodiesel. Nilai massa jenis juga dipengaruhi oleh suhu pada reaksi esterifikasi, semakin tinggi suhu maka semakin besar nilai massa jenisnya.

Nilai viskositas juga dipengaruhi oleh konsentrasi katalis dan juga suhu. Namun, berkebalikan dengan massa jenis, semakin tinggi konsentrasi katalis, viskositas cenderung menurun. Karena semakin banyak persen katalis, semakin cepat trigliserida terpecah menjadi tiga ester asam lemak, sehingga viskositas menurun sebesar 5-10% (Prihandana, 2006:37).

Angka setana menunjukkan kemampuan dari bahan bakar untuk menyala dengan sendirinya tanpa pemantik dalam ruang bakar mesin diesel. Semakin tinggi angka setana, semakin cepat pembakaran dan semakin baik efisiensinya. Angka setana yang tinggi berpengaruh signifikan terhadap waktu singkat yang diperlukan antara bahan bakar diinjeksikan dengan inisiasi sehingga menyebabkan *start* yang baik dan suara yang halus pada mesin (Mittelbach dan Remschmidt, 2004).

Dalam reaksi transesterifikasi penggunaan katalis basa yang berlebih dan suhu tinggi akan menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan pada pembuatan biodiesel. Hal ini terjadi karena minyak (trigliserida) telah tersabunkan pada saat penggunaan konsentrasi katalis konsentrasi katalis dan suhu tinggi, sehingga HCl yang dibutuhkan untuk mengetahui KOH berlebih juga semakin kecil (angka penyabunan semakin kecil) (Soerawidjaja dkk. 2005).

Angka asam yang tinggi dapat menyebabkan endapan dalam sistem bakar dan juga merupakan indikator bahwa bahan bakar tersebut dapat berfungsi sebagai pelarut yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas pada sistem bahan bakar (Soerawidjaja dkk. 2005).

IV. KESIMPULAN

- a. Penggunaan *Chlorella sp* sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi biodiesel yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan bakar kapal nelayan di kota Bontang
- b. Proses pengolahan *Chlorella sp* menjadi biodiesel terdiri dari dua tahap yaitu proses ekstraksi dan esterifikasi.
- c. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif dapat mengurangi emisi karbon dioksida ke atmosfer.
- d. Penggunaan biodiesel dari *Chlorella sp* mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dan lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan solar.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, Lestario., Ihsan, Iif Miftahul., Santoso, Arif Dwi. (2018). "Profitabilitas Biodiesel dari Biomasa Mikroalga, https://www.researchgate.net/publication/323145065_Profitabilitas_Biodiesel_dari_Biomasa_Mikroalga
- [2] Patmawati. (2013). "Produksi Biodiesel Secara Transesterifikasi In Situ dari Mikroalga *Chlamydomonas sp.* dan *Synechococcus sp.* yang Dikultivasi dengan Media Teknis [tesis]". Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
- [3] Candra Dwi, Ayu dan Rini Widyastuti, Catur. (2014). "Sintesis Biodiesel Dari Minyak Mikroalga *Chlorella vulgaris* dengan Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis KOH". Jurnal Bahan Alam Terbarukan.Edisi 1, vol 3.
- [4] Mirojiah, Mety. (2013). "Klasifikasi Mikroalga Menurut Filumnya." (*online*) diakses pada 11 Juli 2014
- [5] In Dhumati. Dkk. (2014). "A Methanol For Production and Characterization of Biodiesel From Green Microalgae". Department of Chemistry, Kumaraguru College of Technology, Coimbatore, Tamilnadu, India.
- [6] Chisti Y. (2013). "Constraints to commercialization of algal fuels, *Journal of Biotechnology*, Vol. 167, pp. 201-214".

RANCANG BANGUN MODEL WIND TURBINE POROS HORIZONTAL TIPE NACA 2412
Andy Setya Utama; Bimo Putra Mustafa Sebo; Firda Amalia; Medina Puteri Ramadhanti;
Agus Sukandi; Cecep Slamet Abadi

Program Studi Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, 16424
Telp. (021) 7270036, 7270044
Fax. (021) 7270034
bimomartinus@gmail.com

Abstrak

Turbin angin merupakan mesin konversi energi yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik, dengan memanfaatkan kecepatan angin yang memutar *blade* dan ditransmisikan langsung pada generator untuk mengubah energi mekanik dari putaran generator menjadi energi listrik.

Dalam pemanfaatannya di Indonesia sebagai *Renewable Energy Power Plant*, *wind turbine* masih belum di implementasikan secara menyeluruh berdasarkan potensi energi angin yang mencapai 950 MW. Berdasarkan tipe poros, Indonesia lebih cenderung menggunakan tipe poros horizontal berdasarkan pada kecepatan angin yang ada di Indonesia. Dari segi desain, desain turbin angin didasarkan pada *NACA (National Advisory Committee for Aeronautics)* yang merupakan standar desain airfoil. Dalam tugas akhir ini, desain aerofoil yang dipilih adalah NACA 2412. Pemilihan desain aerofoil NACA 2412 didasarkan pada hasil penelitian yang menunjukkan bahwa turbin angin dengan desain airfoil NACA 2412 menghasilkan efisiensi daya yang tinggi.

Dengan rancang bangun model *wind turbine* tipe poros horizontal dan NACA 2412 sebagai acuan desain dengan bahan dasar *fiber* untuk desain *airfoil (sudu)* serta pemanfaatan *Autotrafo (Auto Transformator)* untuk mengontrol kecepatan dari *blower* dengan *wind tunnel* sebagai media pemusat aliran angin yang merupakan sumber energi angin dalam percobaan, diharapkan hasil rancang bangun tersebut dapat menunjukkan besarnya daya yang dihasilkan dari beberapa variabel dalam percobaan seperti nilai torsi turbin, dan kecepatan angin dari blower yang di kontrol dengan *autotrafo* dengan cara mengontrol tegangan yang masuk pada blower yang nantinya akan mempengaruhi besarnya putaran blower, serta membandingkan besarnya daya yang dihasilkan dari segi spesifikasi dan jenis *blade* lewat data pengukuran dan analisa Perhitungan.

Kata kunci: *Blower*, Daya, Torsi, *Blade*, *Autotrafo*

Abstract

Wind Turbine is an energy conversion engine used to generate electrical energy by using wind speed that is rotating the blade and transmitted directly to the generator for converting mechanical energy from generator into electrical energy.

In its usage in Indonesia as the *Renewable Energy Power Plant*, *Wind turbine* is not completely implemented depends on the wind energy potential in Indonesia that's reached up to 950 MW. From the type of shaft, Indonesia leans on using the horizontal shaft type depends on the wind speed in Indonesia.

From the design aspect, wind turbine design depended on *NACA (National Advisory Committee for Aeronautics)* which is the airfoil design standart. In this final assignment, the aerofoil design that is chosen is NACA 2412. The choose of NACA 2412 aerofoil design depended on the result of experiment that showed the NACA 20412 *Wind Turbine* aerofoil design produced the high power efficiency.

With the construction of wind turbine horizontal type model and NACA (*National Advisory Commitee for Aeronatics*) as the reference of the design with fiber as the prime material for airfoil design, and the use of *autotrafo (Auto Transformator)* for controlling *blower* speed with wind tunnel as the centralization media of wind flow which is the source of wind energy in experiment, it's all expected that the result of the construction could show the amount of *power* produced by several variables in the experiments such as amount of *torque* of the turbine, and the wind speed of the blower controlled by *autotrafo* by controlling the voltage enters the blower that is affected the amount of blower rotation, and comparing the amount of *power* produced by the *blade* spesification through the measurement and calculation data.

Keywords : *Blower*, *Power*, *Torque*, *Blade*, *Autotrafo*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya energi yang sangat melimpah, salah satunya adalah sumber energi angin. Energi angin merupakan energi terbarukan. Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5 - 7 m/s. Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin

di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa. Pada tahun 2009, kapasitas terpasang dalam sistem konversi angin di seluruh Indonesia mencapai 1,4 MW yang tersebar di Pulau Selayar (Sulawesi Utara), Nusa Penida (Bali), Yogyakarta, dan Bangka Belitung. Melihat potensi wilayah pantai cukup luas, pemanfaatan tenaga angin sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia sangat mungkin untuk dikembangkan lebih lanjut (Pusat data dan Informasi ESDM).

Salah satu pemanfaatan energi angin adalah penggunaan turbin angin yang banyak digunakan untuk kebutuhan pertanian, seperti untuk menggerakkan pompa untuk keperluan irigasi, serta kebutuhan akan energi yaitu sebagai pembangkit listrik energi angin. Berbagai macam penemuan turbin angin sebagai suatu pembangkit energi alternatif sudah ditemukan sejak lama dengan berbagai macam bentuk desain. Turbin angin yang sudah banyak digunakan adalah turbin angin sumbu horisontal, dimana dalam penggunaannya memerlukan aliran angin yang berkecepatan tinggi dan arah aliran yang searah dengan turbin. Dalam penelitian ini, *blower* digunakan sebagai suplai udara untuk penggerak turbin dengan dilengkapi terowongan angin (*Wind Tunnel*) sebagai pemusat arah aliran angin. Penggunaan *blower* ini sangat berpengaruh terhadap kerja turbin dengan poros horizontal. Dengan menggunakan *blower* pun kita dapat mengatur kecepatan aliran anginnya, disini kecepatan aliran angin pada *blower* diatur menggunakan *Autotrafo*. Dimana *autotrafo* akan terpasang pada *blower* dan dihubungkan dengan tegangan sumber.

Kelas	Kecepatan Angin (m/s)	Daya Spesifik (W/m ²)	Kapasitas (kW)	Lokasi
Skala Kecil	2,5 - 4,0	< 75	s/d 10	Jawa, NTB, NTT, Maluku, Sulawesi
Skala Menengah	4,0 - 5,0	75 - 150	10 - 100	NTB, NTT, Sulsel, Sultra
Skala Besar	> 5	> 150	> 100	Sulsel, NTB, NTT, Pantai Selatan Jawa

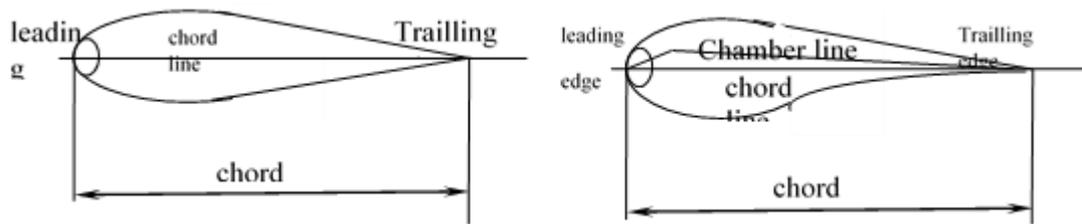
Tabel 1.1 Pengelompokkan Potensi Energi Angin, Pemanfaatan dan Lokasi Potensial. [1]

Pembuatan turbin angin didasarkan pada desain aerofoil yang ditentukan oleh jenis nya berdasarkan NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*). NACA airfoil, merupakan salah satu desain bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat pada bodi aerodinamika tersebut. Geometri airfoil memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik aerodinamika dengan parameter penting berupa Cl (Coefficient Lift) atau koefisien gaya angkat pada bodi dan Cd (Coefficient Drag) atau koefisien gaya dorong dari angin terhadap bodi aerodinamika. NACA sendiri memiliki jenis berdasarkan digit yang tertera, digit NACA menunjukkan :

- Chamber line = Garis yang membagi sama bagian atas dan bawah dari airfoil
- Chamber = Jarak/tebal maksimum antara chord line dengan chamber line
- Chord line = Garis lurus penghubung antara leading edge dengan trailing edge
- Chord = Panjang chord line (lebar blade)

Pengertian dari NACA xxxx (untuk empat digit) berdasarkan tipe NACA 2412 dari kiri ke kanan dapat dijelaskan sebagai berikut:

- x: digit paling kiri pertama menyatakan besarnya chamber dalam persen panjang chord (2%)
- x: digit kedua menyatakan persen posisi dimana chamber line mencapai maksimum dalam satuan 10 % (40%).
- xx : dua digit terakhir menyatakan tebal maksimum chord ratio yang dinyatakan (0.12 % dari tebal chord) [2]



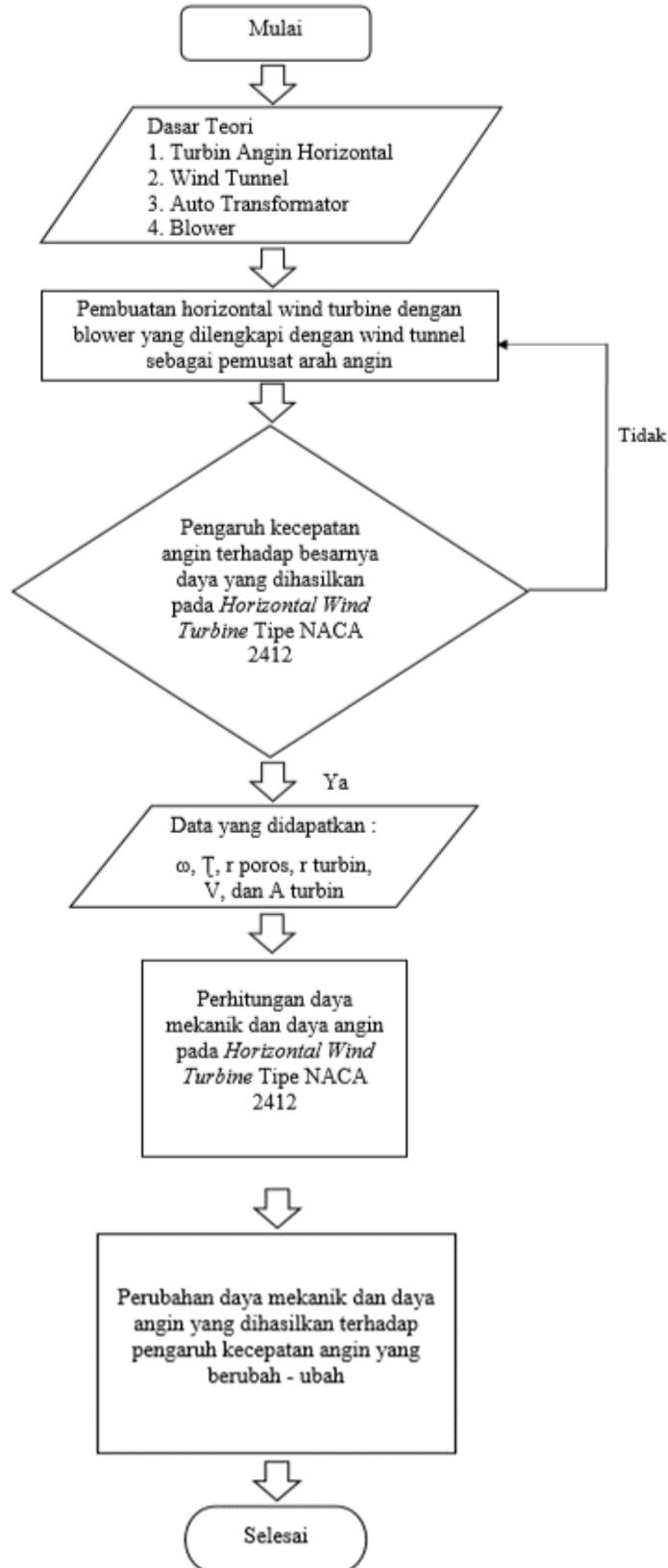
Gambar 1.1 (a) Gambar Simetrical airfoil (b) Cambered airfoil

1.2 Tujuan

1. Untuk mengetahui besarnya *daya output* dari *horizontal wind turbine* terhadap nilai kecepatan angin.
2. Untuk memanfaatkan *Autotrafo* sebagai control kecepatan blower.

II. METODE PELAKSANAAN

2.1 Metode Pelaksanaan Tugas Akhir



Gambar 2.1 Metode Pelaksanaan

- Identifikasi Kasus

Pembuatan dan penyusunan tugas akhir ini diangkat berdasarkan kasus dalam ruang lingkup implementasi energi terbarukan yang belum maksimal, khususnya energi angin. Dalam pemanfaatannya di Indonesia sebagai Renewable Energy Power Plant, wind turbine belum di implementasikan secara menyeluruh berdasarkan potensi energi angin di Indonesia yang cukup tinggi mencapai 950 MW, sehingga diperlukan inovasi berupa alat dan simulasi dari alat tersebut untuk di implementasikan.

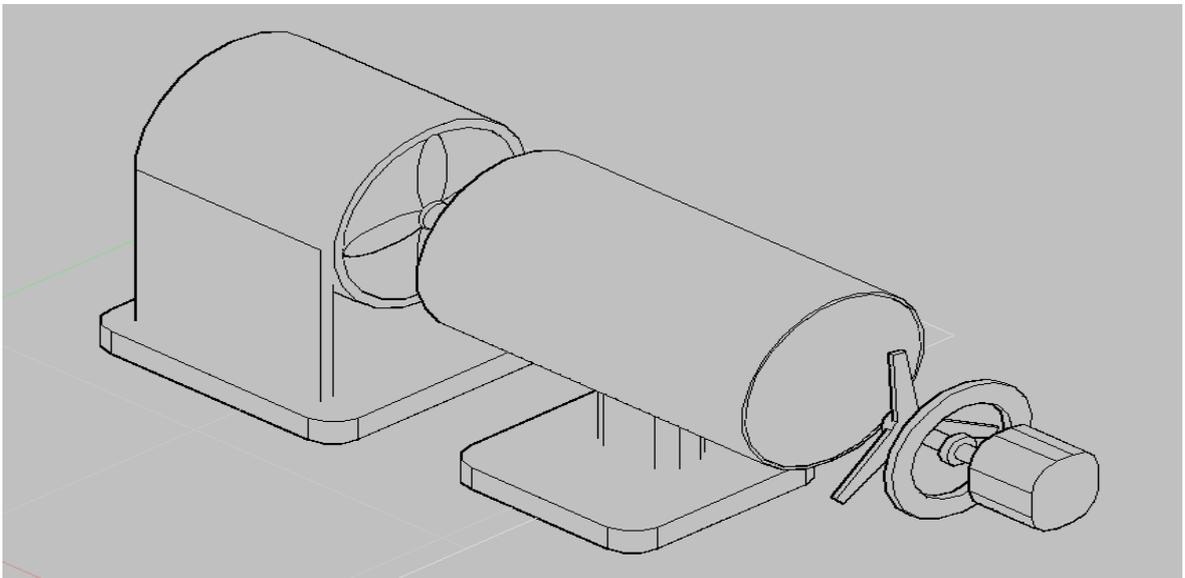
- Konsultasi dan Studi literatur

Konsultasi dari kasus yang terjadi dilakukan konsultasi dengan dosen di kampus untuk mencari referensi yang dibutuhkan. Studi literatur ini dilakukan pada penulisan dasar teori untuk mencari referensi berdasarkan manual book, E-jurnal, panduan, diskusi, dan wawancara dengan para ahli.

- Pengumpulan Data

Setelah dilakukan studi kasus berdasarkan data aktual, dilakukan pengumpulan data untuk perhitungan. Data yang dikumpulkan berupa data kecepatan angin Indonesia, spesifikasi blade turbin secara desain, tip speed ratio.

- Pembuatan Alat



Gambar 2.2 Design Horizontal Wind Turbine dengan Wind Tunnel



Gambar 2.3 Wind Turbine



Gambar 2.4 Wind Tunnel tampak samping



Gambar 2.5 Wind tunnel dengan turbin



Gambar 2.6 Wind Tunnel dan blower tampak samping

•Pengolahan Data (Perhitungan Daya dan pengumpulan data perhitungan)

Pengolahan data dilakukan dengan cara memasukan data-data yang telah dikumpulkan berdasarkan referensi dan data angin yang di dapat dari percobaan alat. Data yang dibutuhkan adalah kecepatan angin keluaran blower, dan spesifikasi blade turbin angin. Setelah data terkumpul dilakukan proses perhitungan dengan menggunakan rumus dan pengolahan data berdasarkan perhitungan daya turbin angin. Dengan rumus persamaan gaya angkat sayap pesawat terbang :

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$\frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) = P_2 - P_1 \quad (P_2 = \text{Tekanan atas sayap, } P_1 = \text{Tekanan bawah sayap})$$

$$= P_2 > P_1$$

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$\Delta P = \frac{1}{2} \Delta F / A \rightarrow \Delta F = \Delta P \cdot A$$

$$P \text{ lift} = \Delta F \cdot v \quad (\text{Daya saat } v \text{ angin lewat turbin})$$

$$= \frac{1}{2} \rho v^2 A v$$

$$= \frac{1}{2} \rho v^3 A C_l$$

$$P \text{ drag} = \frac{1}{2} \rho v^3 A C_d \quad (\text{Daya poros saat angin menabrak turbin})$$

Maka :

$$P = 0.5 \times \rho \times A \times V^3 \times C_l \text{ atau } C_d \dots \dots \dots (2.1) [3]$$

dimana:

P = Daya angin dalam watts (746 watts = 1 hp) (1,000 watts = 1 kilowatt)

ρ = density udara (1.225 kg/m³ at permukaan laut) A = permukaan kincir (m²)

V = kecepatan angin dalam meters/detik (20 mph = 9 m/detik) ($\text{mph}/2.24 = \text{m/detik}$)

C_l = Coefficient Lift (untuk perhitungan daya lift atau daya angkat turbin)

C_d = Coefficient Drag (untuk perhitungan daya dorong poros turbin)

Untuk perhitungan Daya angin yang di bangkitkan turbin maka digunakan rumus :

$$P = 0.5 \times \rho \times A \times [(V_1)^3 - (V_2)^3] \times C_l \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan :

V_1 = Kecepatan angin menghantam sudu turbin (m/s)

V_2 = Kecepatan angin melewati sudu turbin (m/s)

Dalam hubungannya dengan jumlah blade, perhitungan Tip Speed Ratio dirumuskan dengan:

$$\lambda_0 = 4 \pi / n \dots \dots \dots (2.3) [4]$$

dimana :

n = Jumlah blade yang digunakan dalam desain

Dalam perhitungan daya, parameter yang menjadi acuan dari segi desain adalah TSR (Tip Speed Ratio) yang merupakan perbandingan antara kecepatan ujung blade (kecepatan tangensial) dengan kecepatan angin yang melewatinya (angin bebas), dimana dirumuskan:

$$\lambda_0 = \frac{\omega R}{V_0} \dots \dots \dots (2.4) [4]$$

dimana:

λ_0 = Tip Speed Ratio

ω = Kecepatan Tangensial (rad/s)

R = Panjang blade turbin (m)

V_0 = Kecepatan angin (m/s)

Selain dari segi desain, perhitungan daya juga di dapat dari hubungan torsi dan kecepatan tangensial. Daya yang di dihasilkan merupakan Daya mekanik yang dapat dituliskan dengan rumus :

$$P = T \cdot \omega \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana:

P = Daya Mekanik (Watt)

ω = Kecepatan Tangensial (rad/s)

T = Torsi (Nm)

Perhitungan effisiesni turbin angin, dilakukan dengan persamaan:

$$\text{Eff} = P \text{ mekanik} / P \text{ Angin} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

P mekanik : Daya poros turbin (Watt)

P Angin : Daya angin (Watt)

•Analisa Setelah Perancangan (Membandingkan data perhitungan secara teori dan pengukuran)

Setelah dilakukan proses pembuatan wind turbine, dapat di analisa daya keluaran yang dihasilkan oleh alat, berdasarkan torsi, kecepatan angin yang terbaca dan, spesifikasi blade turbin, dan kecepatan angin dari prime mover dilakukan analisa data untuk mendapatkan sebuah kesimpulan.

•Kesimpulan (Perubahan daya listrik terhadap kecepatan angin)

Hasil dari analisa data yang telah diolah dapat ditarik kesimpulan sehingga menjadi sebuah ringkasan ringkasan yang terpenting dari sebuah perancangan ini. Dan juga, sebagai referensi untuk mahasiswa dan perusahaan melakukan perancangan seperti ini.

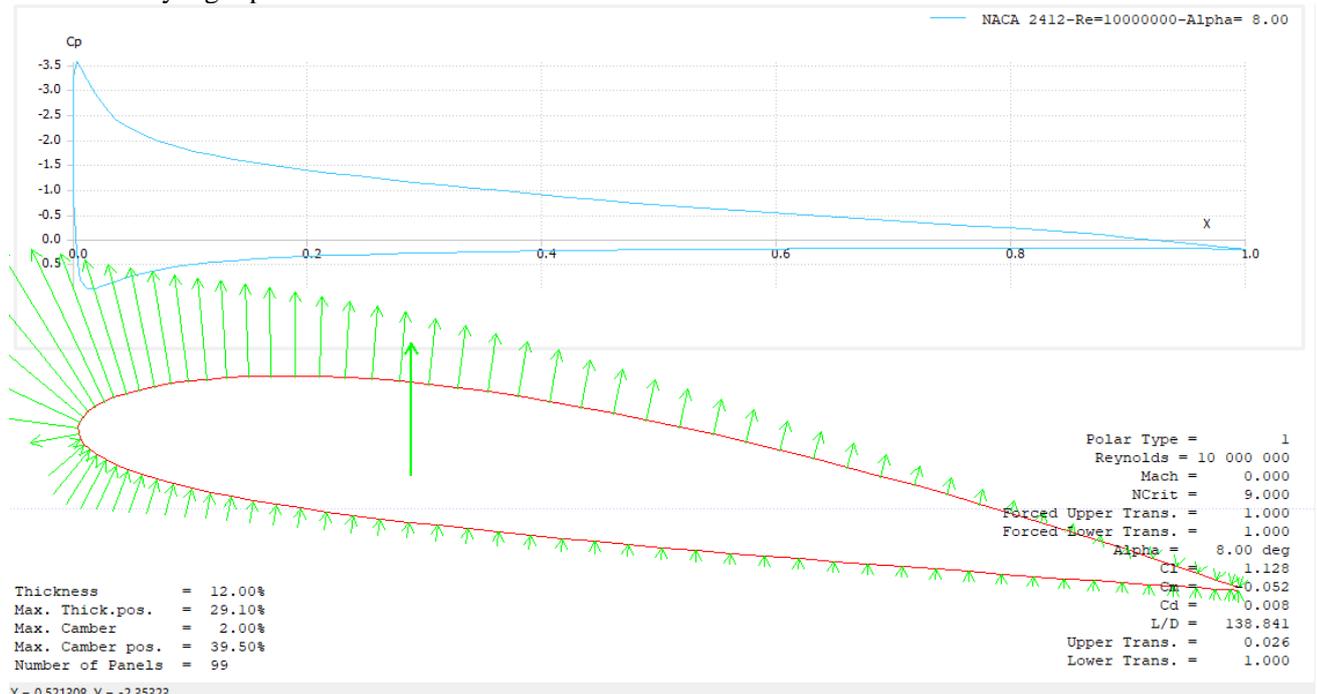
III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Berdasarkan Desain

Data berdasarkan desai diambil dari software qblade yang merupakan software khusus untuk merancang model turbin angin berdasarkan tipe NACA yang diinginkan dan ukuran blade yang diinginkan. Berikut mekanisme input data pada qblade :

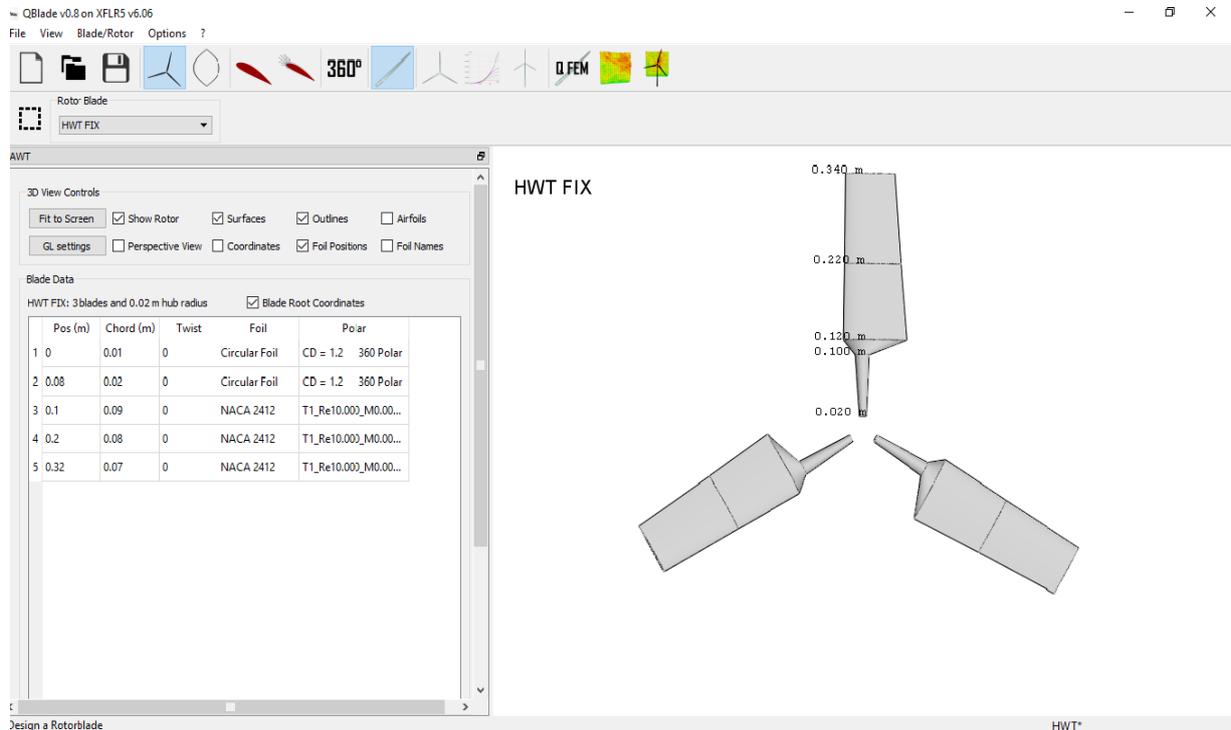
1. Set tipe blade NACA 2412 pada menu airfoil desain, lalu masukkan nilai bilangan reold yang diinginkan.
2. Set besarnya range sudut serang pada blade pada icon airfoil (-20 – 15 deg) lalu define airfoil
3. Grafik C_l dan C_d akan muncul secara otomatis sesuai set up data
4. Mulai masukkan data ukuran blade yang diinginkan dan bentuk aifoil di icon blade. Ukuran blade dalam penelitian disesuaikan dengan diameter wind tunnel sebagai pemusat aliran angin dari blower.

Berikut data yang diperoleh dari hasil desain :



Gambar 3.1 Data Coeficient lift & drag desain turbin angin NACA 2412

Gambar diatas menunjukkan aliran angin yang menabrak sudu turbin di kemiringan 8 derajat, dan di dapatkan nilai Cl dan Cd dari desain. Nilai Cl / Cd paling optimal ditunjukkan pada sudut 8 derajat.

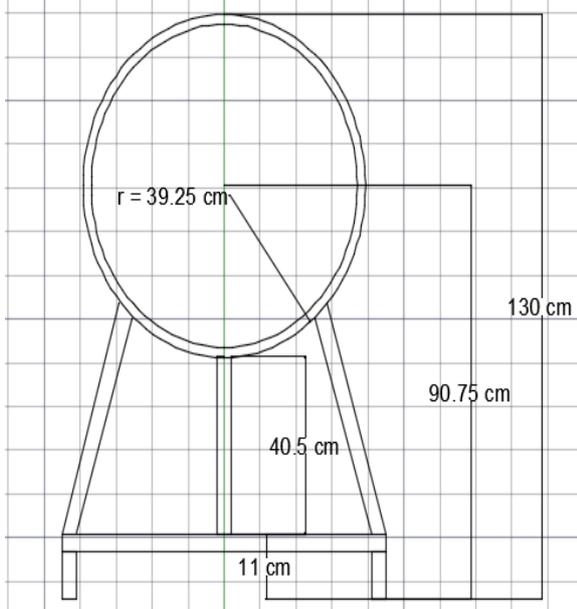


Gambar 3.1 Data ukuran panjang blade desain turbin angin NACA 2412

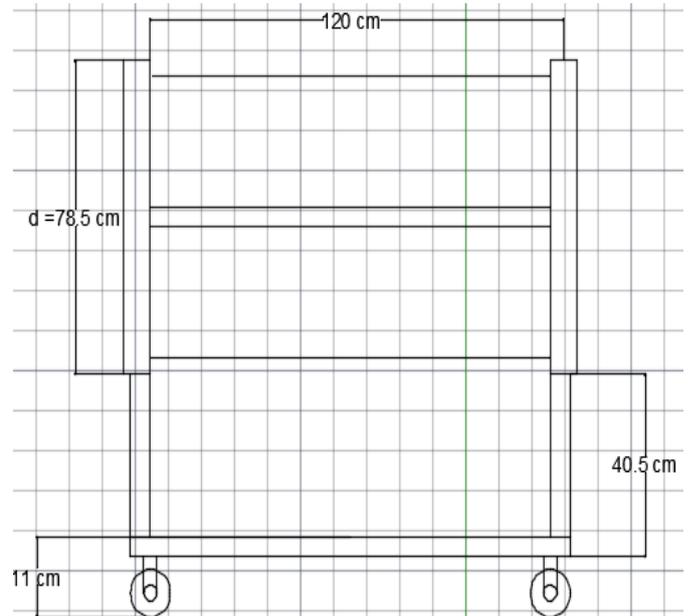
Gambar diatas menunjukkan desain blade berdasarkan NACA 2412 dan panjang blade 0.34 m dari titik pusat poros bergerak.

3.2 Analisa Data

3.2.1 Desain wind tunnel disesuaikan dengan ukuran blower

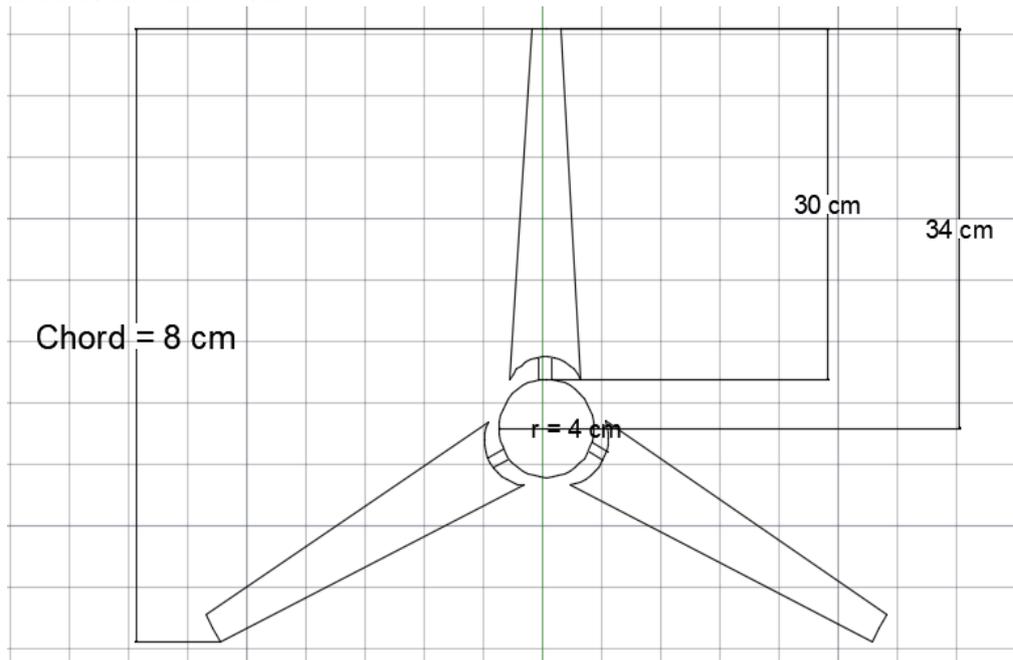


Gambar 3.2 Wind Tunnel tampak depan



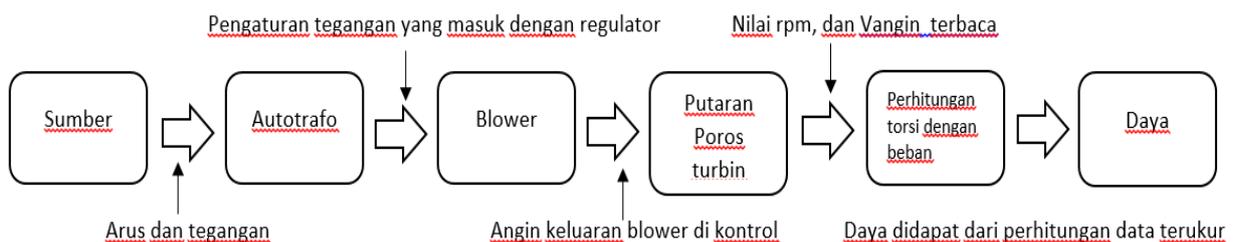
3.3 Wind Tunnel tampak samping

3.2.2 Desain wind turbine



Gambar 3.3 Wind Turbine

3.2.3 Diagram Blok Percobaan dengan Autotrafo

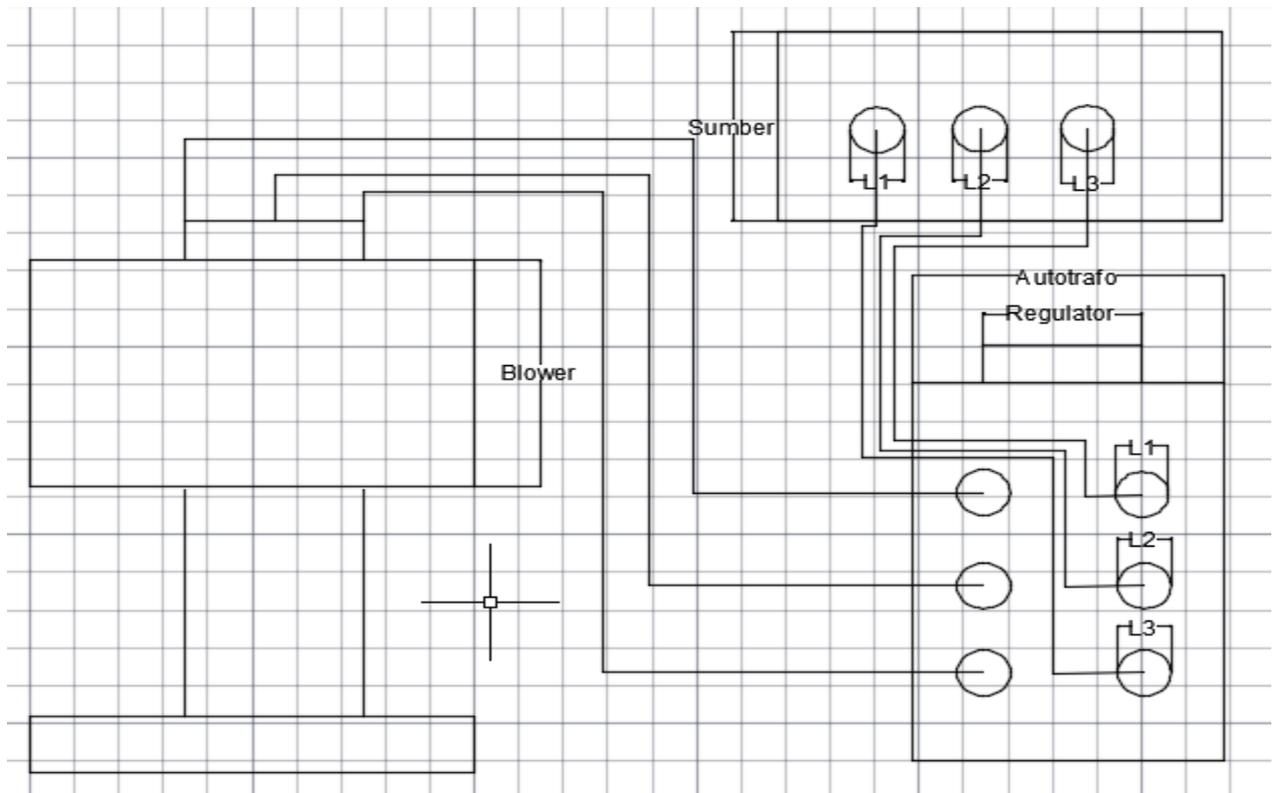


Gambar 3.4 Alur Kerja Auto Transformator terhadap kontrol kecepatan blower

Deskripsi kerja autotrafo terhadap control kecepatan angin

1. Autotrafo menyuplai tegangan dari sumber energi listrik
2. Dalam instalasi autotrafo dengan blower untuk mengatur kecepatan blower, autotrafo mengatur besarnya tegangan masukan dari sumber yang diatur dengan regulator dan pengaturan disesuaikan dengan besar kecepatan angin yang diinginkan.
3. Seiring dengan semakin meningkatnya nilai tegangan yang masuk, maka nilai rpm pada putaran blower juga meningkat, sehingga kecepatan angin pun meningkat begitu juga sebaliknya.
4. Kecepatan angin mendorong sudu turbin, sehingga turbin berputar dan menghasilkan momen puntir (torsi) dengan beban yang di set pada poros menggunakan newton meter. Saat poros berputar nilai RPM poros dan kecepatan angin terbaca. Maka, perhitungan torsi dapat dilakukan.
5. Setelah didapatkan nilai torsi maka perhitungan daya pun dapat dilakukan.

Berikut adalah rangkaian Blower ke autotrafo



Gambar 3.5 Rangkaian Auto transformator pada blower

3.2.4 Hasil Pengambilan Data

No	Kecepatan Angin (m/s)
1	0
2	0.32
3	0.64
4	0.96
5	1.28
6	1.6
7	1.92
8	2.24
9	2.56
10	2.88
11	3.2
12	3.52

Tabel 3.2 Data Kecepatan angin dalam penelitian

Mencari Daya (Data 2 sebagai sampel):

Panjang Blade = 0.34 m

Density Udara = 1.225 kg/m³

Coefficient Lift = 1.233

$$P = 0.5 \times \rho \times A \times V^3 \times Cl \dots \dots \dots (3.1)$$

$$P = 0.5 \times 1.225 \times (3.14 \times 0.34 \times 0.34) \times (0.32)^3 \times 1.128$$

$$P = 0.00805 \text{ Watt}$$

Perhitungan Tip Speed Ratio terhadap jumlah blade yang digunakan

$$\lambda_0 = 4 \pi / n \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\lambda_0 = 4 \pi / 3 \text{ (Jumlah blade dari design)}$$

$$\lambda_0 = 4 \times 3.14 / 3$$

$$\lambda_0 = 4.18$$

Mencari kecepatan tangensial

Tip Speed Ratio yang digunakan untuk desain blade = 3

Panjang Blade = 0.34 m

$$\lambda_0 = \frac{\omega R}{V_0} \dots \dots \dots (3.3)$$

Maka untuk mencari kecepatan tangensial:

$$\omega = \frac{\lambda_0 V_0}{R}$$

$$\omega = 3 \times 0.32 / 0.34$$

$$\omega = 2.82352 \text{ rad/s}$$

Mencari nilai torsi dari turbin :

$$P = 0.00805 \text{ Watt}$$

$$\omega = 2.82352 \text{ rad/s}$$

$$P = \tau \times \omega \dots \dots \dots (3.4)$$

Maka untuk mencari Torsi:

$$\tau = P / \omega$$

$$\tau = 0.00805 / 2.82352$$

$$\tau = 0.00285 \text{ Nm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka hasil perhitungan daya, kecepatan sudut dan omega berdasarkan besarnya nilai kecepatan angin dapat diperoleh pada tabel berikut:

No	Data Hasil Perhitungan τ , P, dan ω berdasarkan data Kecepatan Angin			
	Kecepatan Angin (m/s)	τ (Nm)	ω (Rad/s)	P daya pneumatik (Watt)
1	0	0	0	0
2	0.32	0.00285	2.82352	0.00805
3	0.64	0.0114	5.64705	0.0644
4	0.96	0.0256	8.47058	0.21735
5	1.28	0.0456	11.29411	0.5152
6	1.6	0.0713	14.11764	1.00625
7	1.92	0.1026	16.94117	1.7388
8	2.24	0.1397	19.76	2.76116
9	2.56	0.1825	22.58823	4.12161
10	2.88	0.2309	25.41176	5.86847
11	3.2	0.2851	28.23529	8.05003
12	3.52	0.3449	31.05882	10.71459

Tabel 3.3 Data hasil perhitungan torsi, daya mekanik, dan kecepatan tangensial secara teori

III. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan Penelitian

1. Berdasarkan data yang didapatkan, daya yang dihasilkan dari turbin angin poros horizontal tipe NACA 2412 bervariasi. Variasi daya yang dihasilkan diikuti dengan variasi variabel yang lainnya seperti torsi dan kecepatan tangensial turbin. Variasi variabel tersebut dipengaruhi oleh kecepatan angin yang berubah – ubah karena set kecepatan angin yang bervariasi dari blower diatur oleh Autotrafo dalam simulasi.
2. Dalam penelitian, Autotrafo digunakan untuk mengatur RPM dari blower atau kecepatan putar blower, yang dimana cara kerja dari Autotrafo adalah dengan mengatur besarnya tegangan yang masuk dari sumber ke blower menggunakan regulator pengatur tegangan. Semakin besar tegangan yang masuk pada blower maka semakin meningkat RPM pada blower, begitu juga sebaliknya.

IV. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adityo Putranto, Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal untuk Penerangan Rumah Tangga, November, 2010
- [2] M Susesno, Airfoil : Teknik Mesin, 11 September 2011
- [3] Miskardi, Menghitung Energi dari Kincir Angin, Agustus, 2010
- [4] M. Ragheb, Optimal Rotor Tip Speed Ratio, May 11, 2014

ANALISIS PENGARUH VARIASI NILAI LAJU ALIRAN BAHAN BAKAR DAN UDARA TERHADAP EFISIENSI TURBIN GAS

Satriyanto Adhi Wicaksono¹, Belyamin¹, Candra Damis Widiawati¹

*Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425*

¹satriyanto40@gmail.com

Abstrak

Industri pembangkitan tenaga listrik merupakan sektor industri yang sangat penting dalam kehidupan zaman sekarang. Oleh karena itu industri pembangkitan listrik harus terus bergerak. Ada banyak jenis pembangkit yang digunakan pada industri pembangkitan tenaga listrik salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG). Ruang bakar merupakan salah satu komponen yang penting pada instalasi turbin gas. Pada bagian ini udara dan bahan bakar dicampur. Udara dan bahan bakar terlebih dahulu dicampur di chamber selanjutnya dialirkan ke ruang bakar untuk dibakar. Pada pengaturan bahan bakar digunakan katup untuk mengatur masukan aliran bahan bakar. Pada pencampuran bahan bakar dan udara merupakan faktor penting agar campuran bahan bakar terbakar sempurna. Pencampuran bahan bakar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi PLTG Tekanan diffuser pada ejector mempengaruhi kinerja steam jet ejector. Pada beban 95 MW memiliki GPHR dan NPHR paling tinggi yaitu sebesar 2.127 KKal/KWh dan 2.179 KKal/KWh sedangkan pada beban 125 MW memiliki GPHR dan NPHR paling rendah yaitu sebesar 2.062 KKal/KWh dan 2.107 KKal/KWh.

Kata Kunci: laju aliran, bahan bakar, udara, efisiensi, PLTG

Abstract

Electricity generation industry is a very important industrial sector in today's life. Therefore the electric assembly industry must continue to move. There are many types of generators used in power generation industries, one of which is Gas Generation. The combustion chamber is one of the most important components of gas turbine installation. In this section air and fuel are mixed. Air and fuel are first mixed in the chamber then flowed into the combustion chamber to be burned. In the fuel settings used valve to adjust the fuel flow input. In the mixing of fuel and air is an important factor for the fuel mixture to burn completely. Fuel mixing is one of the factors affecting the efficiency of PLTG. The pressure of the diffuser on the ejector affects the performance of the steam jet ejector. At the 95 MW load has the highest GPHR and NPHR of 2,127 KKal / KWh and 2,179 KKal / KWh while at 125 MW load has the lowest GPHR and NPHR that is 2,062 KKal / KWh and 2,107 KKal / KWh

Keywords: flow rate, fuel, air, efficiency, PLTG, NPHR, GPHR

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Industri pembangkitan tenaga listrik merupakan sektor industri yang sangat penting dalam kehidupan zaman sekarang. Oleh karena itu industri pembangkitan listrik harus terus bergerak. Ada banyak jenis pembangkit yang digunakan pada industri pembangkitan tenaga listrik salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).

PLTG merupakan instalasi yang berfungsi untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik. Pada PLTG udara dari lingkungan dikompresi menggunakan kompresor agar tekanan dan suhunya naik. Setelah melalui kompresor udara bertekanan akan melalui ruang bakar untuk dicampur dengan bahan bakar.

Ruang bakar merupakan salah satu komponen yang penting pada instalasi turbin gas. Pada bagian ini udara dan bahan bakar dicampur. Udara dan bahan bakar terlebih dahulu dicampur di chamber selanjutnya dialirkan ke ruang bakar untuk dibakar. Pada pengaturan bahan bakar digunakan valve untuk mengatur masukan aliran bahan bakar. Pada pencampuran bahan bakar dan udara merupakan faktor penting agar campuran bahan bakar terbakar sempurna. Pencampuran bahan bakar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi PLTG

Makalah ini bertujuan untuk menganalisa kinerja turbin gas terhadap perubahan laju aliran bahan bakar dan udara pada ruang bakar PLTG.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode pengumpulan data performa PLTG dengan beban yang berbeda beda dan pengambilan data komposisi bahan bakar dari lab, berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian:

1. Pengambilan data performa PLTG dan komposisi bahan bakar.
2. Menentukan jumlah energi yang diperlukan dan dihasilkan oleh PLTG.
3. Menentukan GPHR dan NPHR PLTG.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. HASIL PENGAMBILAN DATA PERFORMA PLTG

Pada pengambilan data performa PLTG menggunakan alat ukur yang sudah terpasang pada PLTG tersebut

Beban	Hasil Pengukuran		
	Konsumsi Bahan Bakar	Produksi Energi Gross	Produksi Energi Netto
MW	N m ³	MWH	MWH
139	130.532,45	618,88	606,75
125	119.758,73	572,09	560,02
110	108,685,33	516,45	505,19
95	99.431,85	460,51	449,59

Tabel. 1 Pengukuran Peforma PLTG

2. HASIL UJI NILAI KALOR BAHAN BAKAR GAS

Pada pengujian nilai kalor bahan bakar gas HHV(*high heating value*) diambil data dari hasil pengujian di labotarium yang terdapat di unit pembangkitan.

Beban	Nilai Kalor Bahan Bakar
MW	BTU/SCF
139	1.047
125	1.047
110	1.047
95	1.047

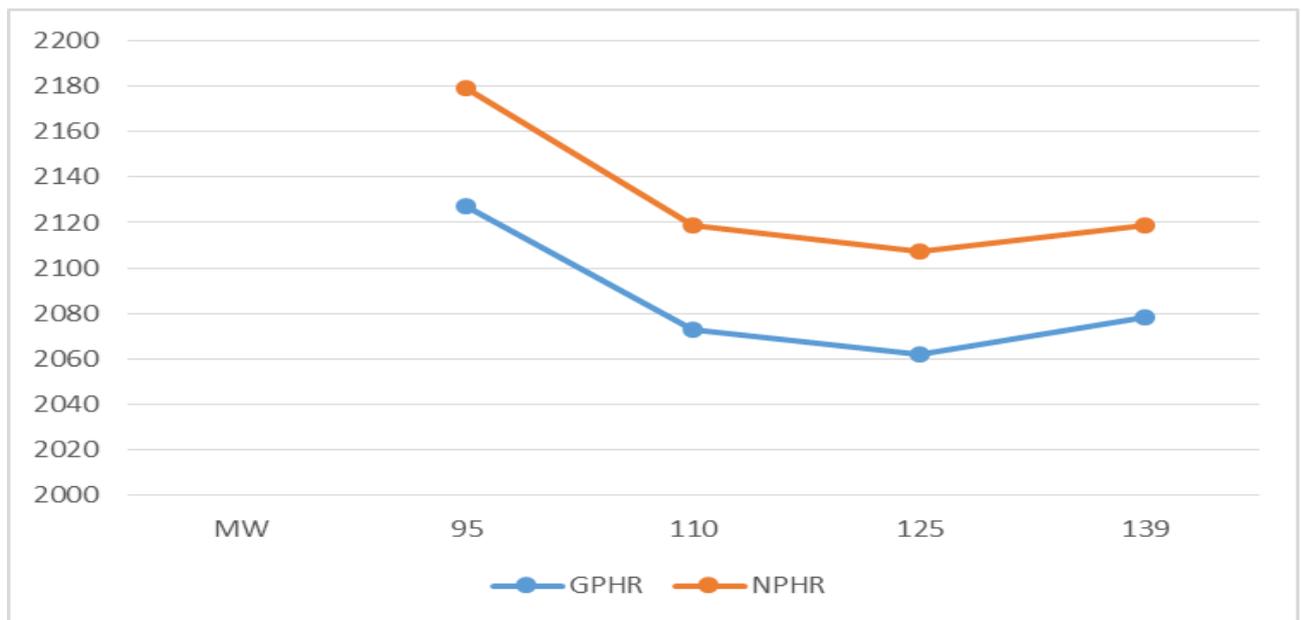
Tabel. 2 Hasil Pengujian Bahan Bakar

3. HASIL PERHITUNGAN GPHR DAN NPHR

Pengujian ini dilakukan dengan mencatat data produksi energi baik gross maupun netto serta pemakaian energi listrik untuk peralatan bantu. *Gross Plant Heat Rate* (GPHR) dan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) dihitung menggunakan metode energi input – energi output, dengan menggunakan nilai kalor gas HHV (High Heating Value) yang diperoleh dari hasil pengujian labotarium

Beban	Hasil Perhitungan	
	GPHR	NPHR
MW	kKal/KWh	kKal/KWh
139	2.078	2.119
125	2.062	2.107
110	2.073	2.119
95	2.127	2.179

Tabel. 3 Hasil Perhitungan GPHR dan NPHR



Grafik. 1 Hasil Perhitungan GPHR dan NPHR

IV. KESIMPULAN

- Pada beban 95 MW memiliki GPHR dan NPHR paling tinggi yaitu sebesar 2.127 Kkal/KWh dan 2.179 Kkal/KWh
- Pada beban 125 MW memiliki GPHR dan NPHR paling rendah yaitu sebesar 2.062 Kkal/KWh dan 2.107 Kkal/KWh.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASME. (1996). *Performance Test Code on Overall Plant Performance*.
- [2] ASME. (1997). *Performance Test Code on Gas Turbine*.
- [3] Boyce, M. P. (1995). *Gas Turbinr Engginering Handbook Second Edition*. Gulf Profesional Publishing.
- [4] Sunarwo, T. H. (2016, Mei). Analisa Efisiensi Turbin Gas Unit 1 Sebelum dan Setelah Overhaul Combustor Inspection di PT PLN (PERSERO) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon. p. 57.

Aplikasi Simulasi Sistem Pengapian Boiler *Supercritical* dengan LabVIEW

Muhammad Wahyu Aji Pambudi¹, Reza Adhitya Nugroho², Cecep Slamet Abadi³

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425, Indonesia

Tel: (62-21)7863530, Fax: (62-21)8763530

wahyu.ajipambudi@gmail.com

adhityar13@gmail.com

Abstrak

Untuk menunjang pengetahuan tentang pengoperasian boiler supercritical maka perlu adanya alat pendukung praktikum untuk menambah pengetahuan mahasiswa seperti simulator pengoperasian boiler supercritical. Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah agar mahasiswa dapat merancang simulator pengoperasian boiler supercritical menggunakan aplikasi LabView dan dapat membuat silabus pengoperasian boiler supercritical. Metodologi yang diterapkan meliputi perancangan simulator boiler supercritical, pembuatan simulator boiler supercritical, dan pengujian simulator boiler supercritical. Berdasarkan data yang kami dapat pada boiler supercritical, bahwa untuk mencapai main steam dengan temperatur 540 – 560°C dan tekanan 24 Mpa pada boiler supercritical dibutuhkan laju aliran batu bara sekitar 300 t/h menggunakan 6 direct-fired medium-speed mill dimana 5 set beroperasi dan 1 stand-by, laju udara sekitar 800 t/h, serta dua buah boiler feed pump.

Pada proses penyalaan mill terdapat parameter yang harus dijaga, seperti nyalakan dahulu Primary Air Fan, atur suhu di dalam mill 45 - 85°C. Lalu sebelum menyalakan mill buka inlet dan outlet demper dari Primary Air Fan dan atur aliran udaranya hingga 180t/h. Nyalakan mill sesuai dengan layer ignitor yang menyala, contohnya untuk menyalakan mill C pastikan jika layer ignitor C sudah menyala, jika proses pembakaran dari mill sudah terjadi maka matikan ignitor secara perlahan. Ketika sudah terjadi proses pembakaran di furnace atur tekanan furnace tersebut agar tetap -150 Kpa

Kata kunci : Simulator, Boiler Supercritical, Mill, Ignitor, LabVIEW

Abstract

To support the knowledge of the operation of supercritical boiler, it is necessary to have practical support tool to increase student's knowledge such as simulator of supercritical boiler operation. The purpose is to design a supercritical boiler operating simulator using LabView application and to test the performance of the simulator. The applied methodology includes the design of a supercritical boiler simulator, the manufacture of a supercritical boiler simulator, and the testing of a supercritical boiler simulator. Based on our data on supercritical boilers, to achieve main steam with temperatures of 540 - 560°C and 24 Mpa pressure on supercritical boilers it requires a coal flow rate of about 300 t / h using 6 direct-fired medium-speed mill where 5 sets operate and 1 stand-by, air rate of about 800 t / h, and two boiler feed pumps.

In the mill ignition process there are parameters to be maintained, such as turn on first Primary Air Fan, set the temperature inside the mill 45 - 85 ° C. Then before turning the inlet open mill and demper outlet from Primary Air Fan and set the air flow up to 180t / h. Turn on the mill according to the ignited layer ignitor, for example to turn on the mill C make sure if the ignitor C layer is on, if the burning process from the mill has happened then ignore the ignitor slowly. When there is a process of combustion in the furnace set the pressure of the furnace to keep -150 Kpa

Keywords : simulator, boiler supercritical, LabVIEW

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebuah PLTU terdiri dari beberapa komponen, seperti: *boiler*, *mill*, *ignitor*, dan *oil gun*[2]. Sesuai dengan kemajuan teknologi, kualitas tekanan uap keluaran *boiler* juga terus mengalami perbaikan. Semakin tinggi tekanan uap yang dapat dicapai *boiler*, maka semakin tinggi pula efisiensi *boiler*. Salah satu contohnya adalah *boiler supercritical*. *Boiler supercritical* merupakan boiler yang bekerja di atas titik kritisnya, ciri-ciri dari *boiler supercritical* adalah menggunakan sebuah *furnace*, sebuah *reheater*, sebuah ventilasi seimbang, pengaturan udara terbuka, kerangka full baja, struktur suspensi penuh, dan ekstraksi abu kering[2].

Adanya kesulitan yang dialami oleh mahasiswa dalam mempelajari cara mengoperasikan komponen-komponen dalam pembangkit listrik tenaga uap, yang akhirnya harus dibuat simulasi pengoperasian agar dapat mengetahui cara kerja komponen-komponen dari sebuah PLTU.

Simulasi itu sendiri akan dibuat dengan menggunakan aplikasi LabVIEW 2015 yang merupakan produk dari National Instrument berupa software pengembangan program aplikasi dan hardware input – output pendukung untuk keperluan akuisisi dan pengendalian serta otomatisasi industri. Juga merupakan bahasa pemrograman grafis yang menggunakan simbol – simbol (icon) untuk membuat aplikasi. VIS atau Virtual Instrument merupakan program LabVIEW 2015 yang menirukan instrumen sebenarnya dalam bentuk simbol-simbol untuk menggunakan LabVIEW 2015 sebagai sebuah sistem.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara kerja boiler *supercritical*?
2. Bagaimana cara sistem pengapian pada boiler *supercritical* bekerja
3. Bagaimana cara membuat simulator boiler *supercritical* dengan aplikasi LabVIEW?
4. Bagaimana membuat cara membuat simulator agar mencapai parameter yang ditetapkan?
5. Bagaimana cara membuat boiler agar tidak trip?

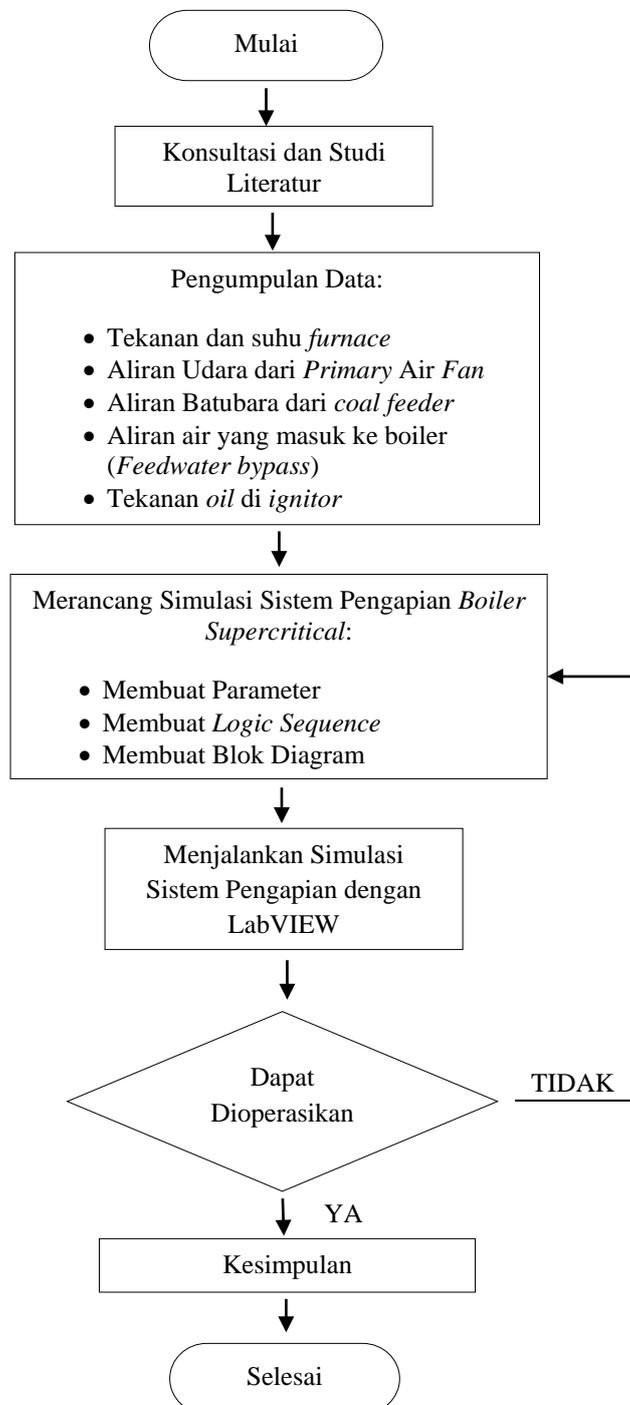
1.3 Tujuan

1. Untuk bahan ajar dan referensi dosen serta mahasiswa/i program studi Teknik Konversi Energi mata kuliah pengoperasian sistem pembangkit
2. Untuk mengetahui cara mengoperasikan sistem pengapian boiler *supercritical* seperti sistem operasi yang diterapkan pada PLTU

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

Metode penelitian merupakan proses yang digunakan untuk membuat dan menyusun tugas akhir agar data yang didapat efektif dan akurat. Berikut ini adalah diagram alir metode penelitian :



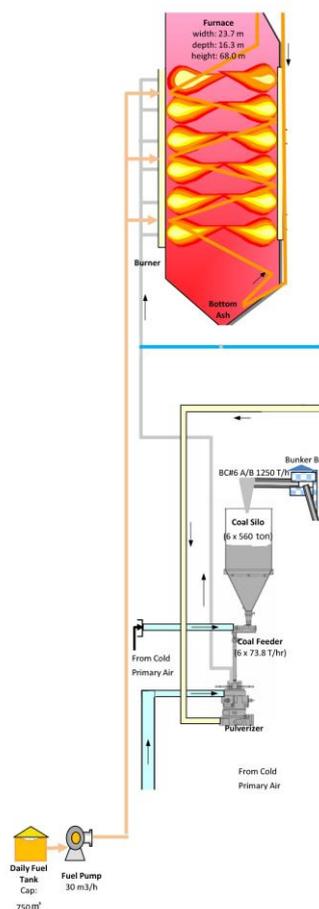
Gambar 2.1 flow chart kegiatan

2.1.1. Konsultasi dan Studi Literatur

Konsultasi dilakukan dengan cara menanyakan kepada dosen pembimbing agar mendapat sumber *referensi* yang dibutuhkan, selain konsultasi dengan dosen pembimbing, dilakukan konsultasi dengan pembimbing perusahaan sebagai koreksi untuk pengambilan perancangan simulator ini. Studi literatur ini dilakukan pada penulisan dasar teori untuk mencari referensi berdasarkan manual book, E-jurnal, panduan, diskusi, dan wawancara dengan para ahli dan dosen di kampus.

2.1.2. Pengumpulan Data

Data yang ada kita dapat membuat parameter dan P & ID yang dibutuhkan untuk merancang simulator. Data yang dikumpulkan yaitu: tekanan dan suhu furnace, aliran udara dari *primary air fan*, aliran batubara dari *coal feeder*, aliran air yang masuk ke boiler (*feedwater bypass*), dan tekanan *oil* di *ignitor*.



Gambar 2.2 P&ID Sistem pengapian

2.1.3. Merancang Simulasi Sistem Pengapian *Boiler Supercritical*

A. Membuat Parameter

Parameter digunakan sebagai batasan atau acuan untuk menjalankan simulator, agar simulator beroperasi sesuai dengan SOP yang sudah dibuat. Berikut adalah contoh parameter yang telah dibuat [2] :

- Parameter *Mill* :

- Pastikan bahwa komisioning sistem oli pelumas di mill lebih dari 15 menit.
- Pastikan bahwa panel udara yang sesuai dengan ruang bakar berada dalam posisi “menyala”.
- Masukkan layer oil gun yang sesuai dari mill dan pastikan beroperasi normal.
- Periksa apakah seal air damper mill dibuka.
- Buka seal air damper
- Buka katup masuk udara dingin / udara panas dari mill.
- Sesuaikan regulating damper udara dingin / panas masuk dari mill atau masukkan pemanas udara untuk melakukan warm pulverizing.
- Periksa apakah suhu outlet mill adalah 65 °C hingga 85 °C
- Periksa apakah mill lies pada mode operasi pemuatan variabel.
- Periksa apakah kondisi awal mill sudah terpenuhi.
- Nyalakan mill, Periksa arus saat mill tanpa beban dan getarannya normal.
- Sesuaikan aliran udara utama mill lebih dari 60t/h.
- Periksa apakah kondisi awal coal feeder terpenuhi.
- Nyalakan coal feeder, Periksa apakah outlet coal feeder lebih dari 10t/h.
- Secara bertahap tingkatkan daya output dari coal feeder lebih dari 15t/h.
- Periksa apakah suhu keluaran mill, perbedaan tekanan inlet / outlet, arus, getaran, aliran primary air normal.
- Periksa apakah panel penyesuai dari ruang bakar yang sesuai terletak pada posisi yang tepat, suhu dan volume udara dari masukkan mill sudah otomatis, dan secara bertahap meningkatkan daya output dari coal feeder atau atur masukkan coal feeder secara otomatis.
- Matikan layer oil gun dari coal feeder sesuai kebutuhan.

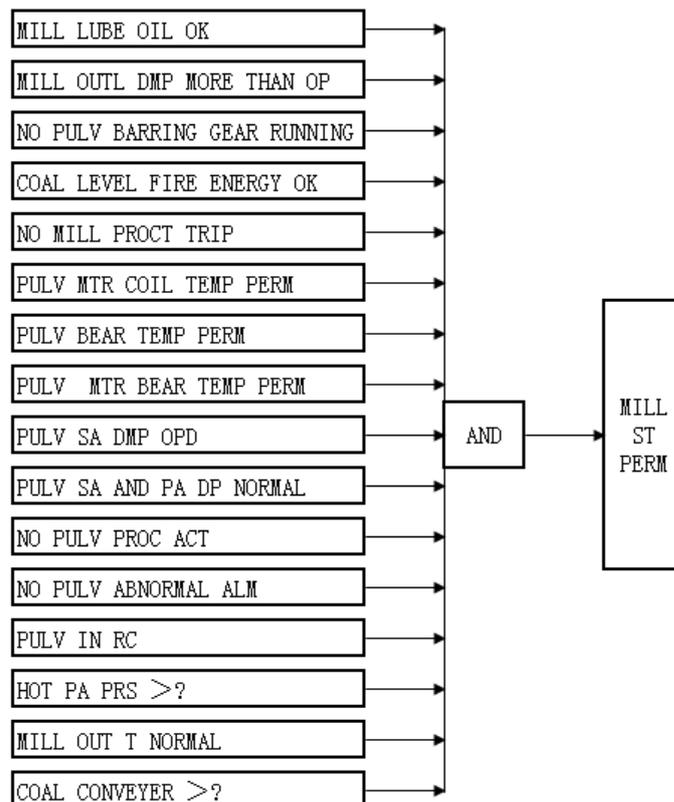
- Parameter *Oil Gun* :

- Letakkan oil gun di tempatnya.
- Pasang ignition pada tempatnya dan nyalakan..
- Buka katup minyak.

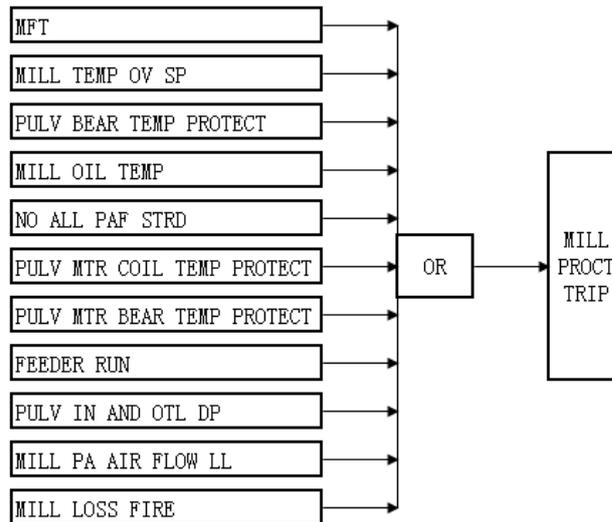
- d. Tunggu nyala api, sinyal pemeriksaan nyala minyak diperlukan, jika tidak ada sinyal nyala yang terjadi dalam 30 detik, kemudian tutup katup minyak.
- e. Ketika ignition berhasil, tarik ignition gun dan selesaikan ignition.
- f. Tutup katup oli.
- g. Tiup dan sapu.
- h. Masukkan oil ignition gun dan igniting.
- i. Buka katup blow-sweep.
- j. Tunggu tiupan dan sweeping.
- k. Tutup katup blow-sweep.
- l. Tarik oil gun setelah operasi blow-sweep selesai.

B. Membuat *Logic Sequence*

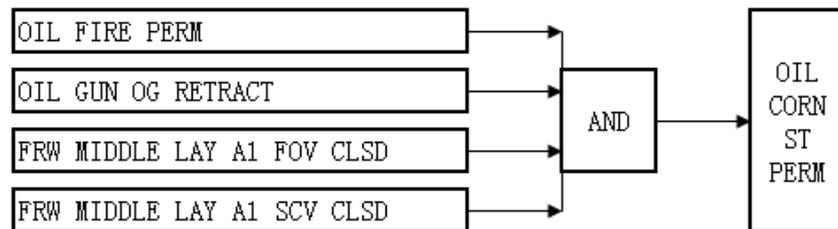
Logic dalam dunia teknik diimplementasikan dalam bentuk simbol yang dikenal dengan simbol gerbang logika. *Sequence* ialah urutan, dalam hal ini berarti urutan pengoperasian atau memberhentikan suatu peralatan pada suatu proses didalam industri. Pengendalian sejumlah peralatan dikenal melalui sistem *logic* dan sekuensial yang mengendalikan urutan saat *start-up* maupun *shut-down*. Berikut adalah contoh *logic sequence* [2] :



Gambar 2.3 *logic sequence mill saat start*



Gambar 2.4 logic sequence mill saat kondisi trip



Gambar 2.5 logic sequence oil gun

2.1.4. Mengoperasikan Simulasi dengan LabVIEW

Ketika simulator sudah selesai dibuat, operasikan simulator tersebut dengan aplikasi LabVIEW. Pengoperasian ini bertujuan agar mengetahui hasil dari proses pembuatan

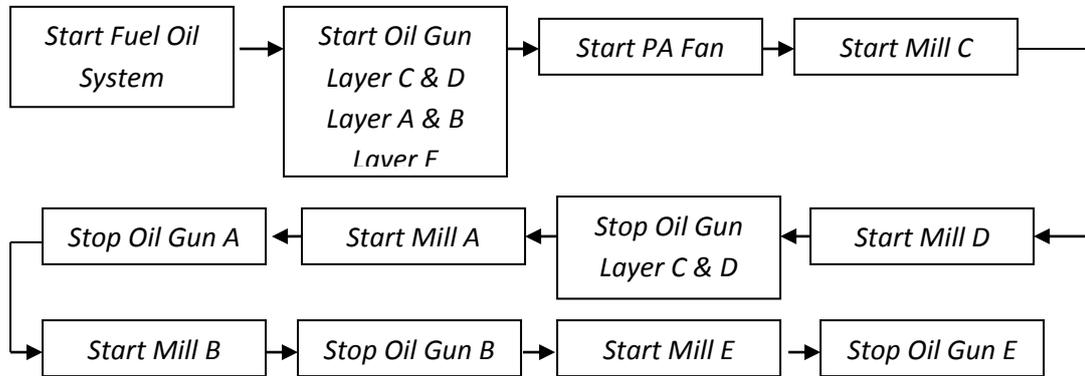
2.1.5. Kesimpulan

Dari perancangan simulator tersebut lalu dibuatlah kesimpulan yang menjawab permasalahan yang ada. Dan juga sebagai referensi untuk mahasiswa dan dosen.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. URUTAN KERJA SECARA UMUM

Urutan kerja operasi sistem pembakaran pada boiler supercritical di simulator ini diadaptasi dari instruksi kerja sistem pembakaran di UJP 2 Jawa tengah Adipala. Berikut adalah urutan operasi sistem pembakaran pada simulator secara umum :



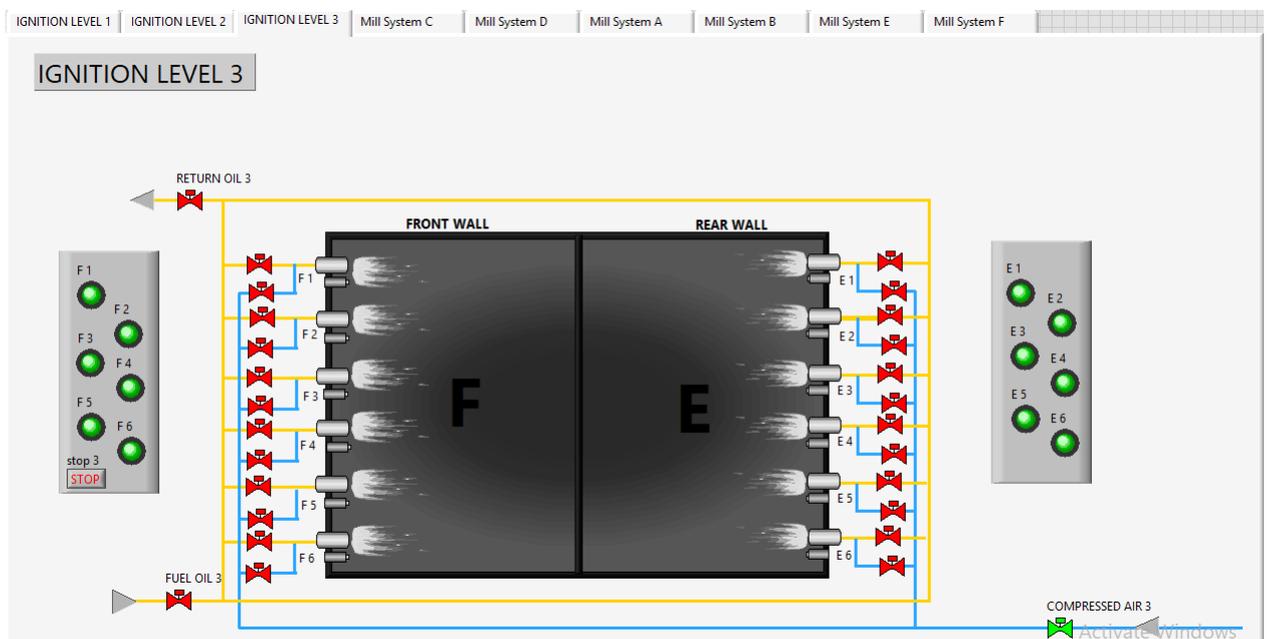
Gambar 3.1 Flowchart sekuens pembakaran pada boiler

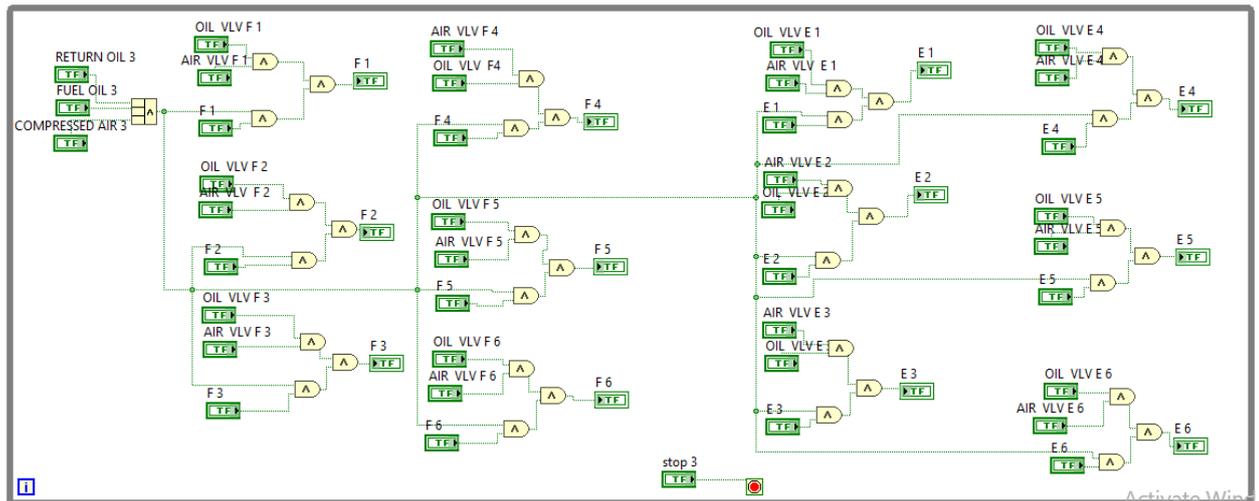
3.2. URUTAN KERJA MASING – MASING PERALATAN

3.2.1. OIL GUN SYSTEM

Komponen *oil gun system* berfungsi sebagai pemantik awal dari proses pembakaran pada boiler. Untuk sekuensnya yang berlaku pada komponen *oil gun system* adalah sebagai berikut

- Untuk dapat menyalakan oil gun, terdapat beberapa persyaratan: 1) Valve dari *Compressed Air* menuju *ignitor* harus terbuka 2) Valve dari Fuel oil menuju *ignitor* harus terbuka 3) Valve *return oil* yang berfungsi untuk mengalirkan *oil* dari *ignitor* kembali ke *fuel oil tank* harus terbuka



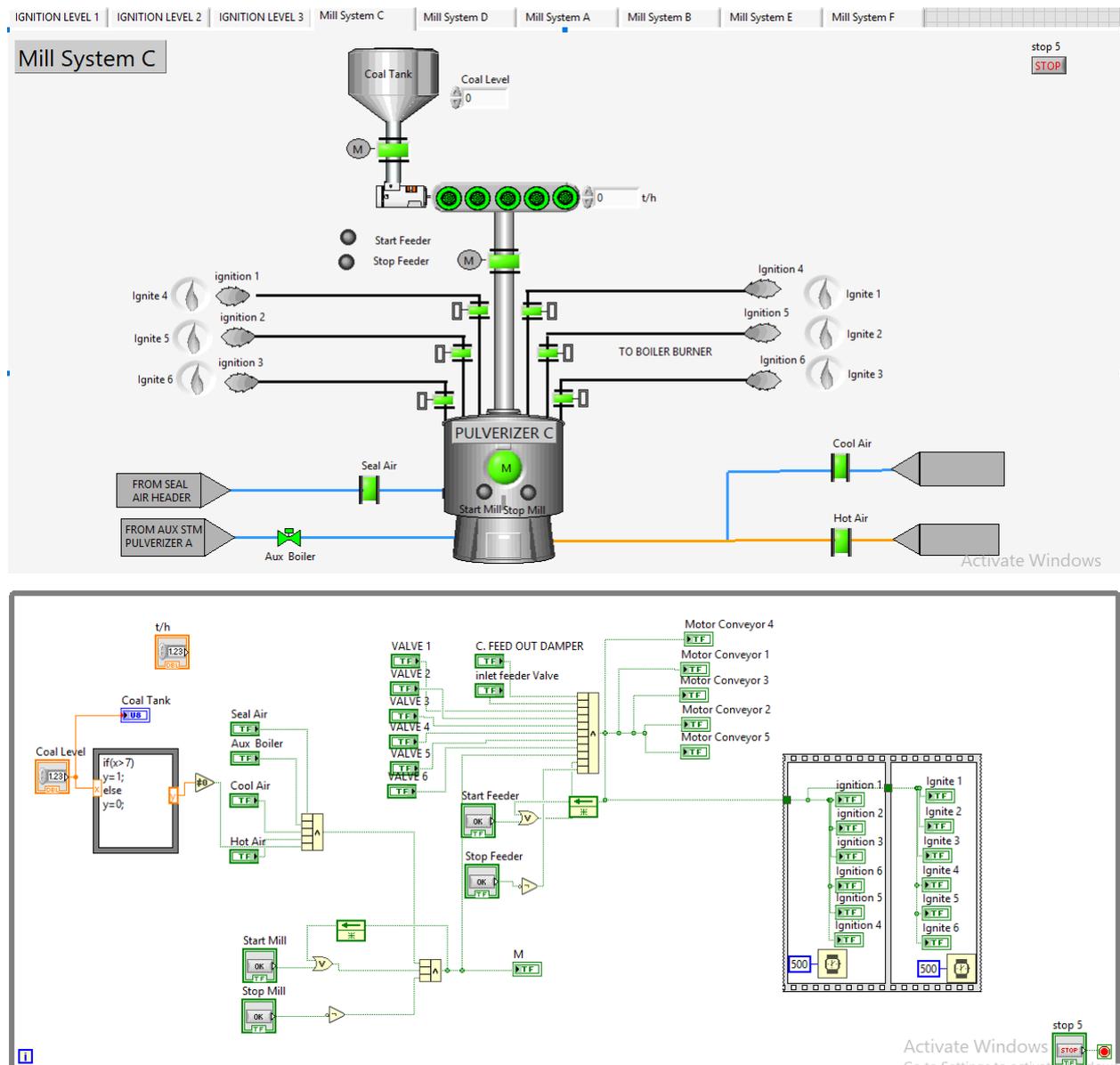


Gambar 3.2 Dari atas ke bawah : Tampilan *Front Panel* untuk komponen *Oil Gun*;
Tampilan *Block Diagram* untuk komponen *Oil Gun*

3.2.2.MILL SYSTEM

Sistem pembakaran batubara memiliki tiga komponen utama yaitu : 1) *Coal feeder*, berfungsi untuk memberikan pasokan batubara secara kontinyu manakala penggiling batubara dalam keadaan operasi serta mengatur aliran batubara. 2) *Pulverizer*, berfungsi untuk menggiling bongkahan batubara menjadi serbuk halus, agar lebih mudah bercampur dengan udara pembakaran dalam *furnace*, 3) *coal bunker*, berfungsi untuk memasok kebutuhan *furnace*[4]. Urutan kerja dari sistem pembakaran batu bara sebagai berikut :

- Buka cool air damper dan hot air damper
- Buka Seal air damper
- Untuk mengoperasikan *coal feeder* ada persyaratan yaitu: 1) keenam *pulverizer outlet damper* harus dalam posisi terbuka. 2) *Pulverizer inlet dan outlet damper* dalam posisi terbuka
- Untuk pengoperasian *pulverizer*, ada persyaratan yaitu: 1) *coal feeder* sudah beroperasi 2) *hot air damper* dan *cool air damper* dalam posisi terbuka 3) *Auxiliary steam to pulverizer damper* harus terbuka



Gambar 3.3 Dari atas ke bawah : Tampilan *Front Panel* untuk komponen *Mill*;
Tampilan *Block Diagram* untuk komponen *Mill*

4. Kesimpulan

Dalam proses pembuatan simulator dapat disimpulkan bahwa, pengoperasian sistem pengapian *boiler supercritical* pada PLTU dapat diterapkan pada program *LabVIEW* dengan memodifikasi instruksi kerja yang ada pada *manual operation* PLTU

5. Daftar Pustaka

- [1]. **Haojun, Lv.** *Training Courseware about Central Control Operation Of ADIPALA Supercritical Unit Project.* 2014.
- [2]. **Junhua, Jiang.** *CCB Operation Manual.* 2015.
- [3]. **PEMBANGKITAN, PT INDONESIA POWER UNIT JASA.** *PENGOPERASIAN UNIT PLTU UNIT COLD START UP LEVEL 3.* Cilacap : s.n., 2016.
- [4]. **MT, Ir. Drs.Jusafwar.** *Modul Pembangkit Listrik Tenaga Uap.*

TEKNOLOGI ALAT BERAT DAN OTOMOTIF

PERBAIKAN SISTEM KELISTRIKAN PADA UNIT MINI HEX 302.5

Wisnu Yudha Sena; Adam Farzanna Rahman; Fauzan Ismiyansyah; Idrus Assagaf

*Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
wyudhasena@gmail.com*

Abstrak

Makalah ini membahas tentang perbaikan sistem kelistrikan pada unit mini hex 302.5 untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dengan menggunakan berbagai macam alat ukur untuk pemeriksaan komponen dan literatur sebagai panduan dalam melakukan perbaikan pada sistem kelistrikan ini.

Dimulai dari pengumpulan data berupa komponen-komponen apa saja yang ada pada sistem kelistrikan unit. Selanjutnya, komponen-komponen tersebut dilakukan pemeriksaan berupa kelengkapan komponen sesuai schematic, visual inspection atau pemeriksaan visual, pengukuran voltase, pengukuran arus, dan pengukuran resistansi untuk mengetahui kondisi komponen apakah masih berfungsi atau tidak. Sehingga akan didapat kesimpulan apakah komponen tersebut harus diganti atau dilakukan perbaikan.

Berikutnya adalah melakukan pemasangan komponen-komponen tersebut sesuai dengan schematic dan manual book. Untuk memastikan komponen yang sudah dipasang bekerja sesuai dengan fungsinya, maka dilakukan pengetesan. Pengetesan dapat berupa pengukuran voltase, arus, dan resistansi pada kabel dan komponen kelistrikan serta melihat nilai pembacaan gauge dan lampu indikator yang terdapat pada monitoring system.

Observasi studi ini telah menguji fungsi dan kelengkapan komponen-komponen sistem kelistrikan pada unit mini hex 302.5 dengan melakukan berbagai pengukuran dan pengetesan sesuai dengan literatur. Hasil yang didapat adalah ada beberapa komponen yang sudah tidak berfungsi seperti fuel level gauge yang nilai pembacaannya tidak sesuai dengan jumlah fuel di dalam fuel tank, engine coolant temperature gauge tidak memiliki jarum penunjuk, kabel air restriction indicator putus, lampu flood lamp dan boom flood lamp yang tidak menyala, serta kabel-kabel yang putus, mengelupas, dan posisinya tidak sesuai sehingga berisiko mengalami hubung singkat (short). Hasil dari observasi tersebut menunjukkan bahwa unit mini hex 302.5 ini diperlukan adanya perbaikan untuk memudahkan kegiatan pembelajaran dan mengefisienkan penggunaannya.

Kata kunci: mini hex 302.5, komponen kelistrikan, pengukuran dan pengetesan.

Abstract

The paper examine about reparation of electrical system in mini hex 302.5 to improve the quality of learning by using various measuring tools for inspect the electrical components and literature as a guide in performing optimization on this electrical system.

Start from collecting the data like any components that exist in the electrical system unit. Furthermore, the components are examined in the form of completeness of components according to schematic, visual inspection, voltage measurement, current measurement, and resistance measurement to determine whether the component is still functioning or not. So it will be concluded whether the component should be replaced or repaired.

Next, install the components according to schematic and manual book. To make sure the components that have been installed work in accordance with its function, then do the test. Testing can be a measurement of voltage, current, and resistance to electrical cables and components and see the gauge reading values and indicator lights that are be found in the monitoring system.

Observations of this study have tested the function and completeness of electrical system components in a mini-hex 302.5 by performing various measurements and testing in accordance with the literature. The result is there are some components that are not functioning as the fuel level gauge that the reading value is not in accordance with the amount of fuel in the fuel tank, engine coolant temperature gauge does not have a needle pointer, air restriction indicator cable is broken, flood lamp and boom flood lamp is not lit, and the wires are broken, peeling, and the position is not appropriate so risky happened short circuit. The results of these observations indicate that this mini hex 302.5 required repair to facilitate learning activities and efficient use.

Keywords: mini hex 302.5, electrical components, measurement and testing.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Program Studi Alat Berat memiliki kompetensi keahlian tentang sistem dasar alat berat, perawatan, pengoperasian, dan manajemen alat berat. Kompetensi tersebut dimuat pada mata kuliah yakni: *Fundamental Engine, Fundamental Electric, Basic Machine Operation Technic, Technical Core Skill, Preventive Maintenance, dan Electric Electronic*. Dalam menunjang salah satu pembelajarannya membutuhkan sarana praktik berupa unit alat berat dalam bidang kelistrikan, seperti *mini hydraulic excavator (mini hex) 302.5* yang mempunyai sistem kelistrikan.

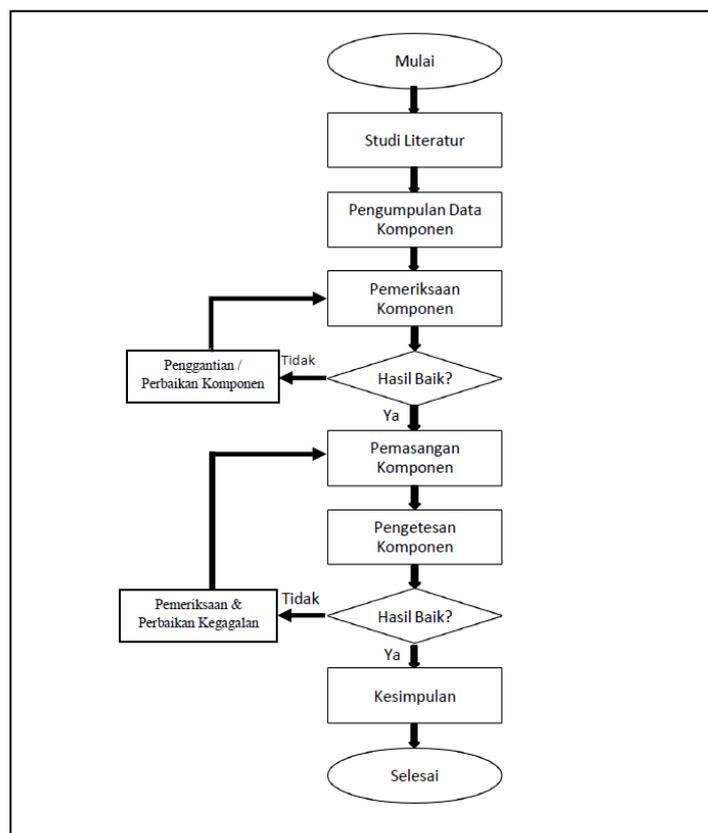
Sistem kelistrikan pada *unit mini hex* ada beberapa komponen yang mengalami kerusakan, misalnya *cab flood lamp, boom flood lamp*, serta kabel yang mengelupas yang berisiko mengalami hubung singkat (*short*). Kondisi *monitoring system* juga mengalami kerusakan seperti pada *fuel level, coolant temperature, dan air restriction indicator* sehingga untuk mengetahui kondisi aktual dari *unit mini hex 302.5* tersebut mengalami kesulitan. Permasalahan ini bisa menghambat mahasiswa dalam melaksanakan praktik yang nantinya akan menurunkan kualitas pembelajaran, maka untuk mengefisienkan penggunaannya diperlukan adanya perbaikan yang bisa membuat kondisi *mini hex 302.5* ini kembali optimum khususnya pada sistem kelistrikan.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merawat dan meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan *unit mini hex 302.5*, serta mengaktifkan kembali beberapa indikator pada unit ini.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari enam tahapan, yaitu studi literatur, pengumpulan data komponen, pemeriksaan komponen, pemasangan komponen, pengetesan komponen, dan kesimpulan. Tahapan tersebut ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut.



Gambar 2.1 Diagram Alir

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Komponen

Setelah dilakukan pendataan, selanjutnya komponen-komponen tersebut dilakukan pemeriksaan. Pemeriksaan komponen dilakukan untuk mengetahui apakah komponen tersebut masih berfungsi dengan baik atau tidak melalui alat ukur ataupun secara visual. Fungsi dari komponen ini berkaitan dengan performa *unit mini hex 302.5* itu sendiri.

Baterai

Tabel 1. Pemeriksaan Baterai

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Pengukuran Voltase	12.21 V	√		
Pengukuran <i>Specific Gravity</i>	1.225	√		
Fungsi		√		Masih berfungsi
Kesimpulan: Baterai masih dalam kondisi baik dan masih bisa digunakan				

Fuel Level Gauge

Tabel 2. Pemeriksaan *Fuel Level Gauge*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>			√	Jarum penunjuk tidak pada posisinya
Rangkaian Kabel		√		
Fungsi			√	Gauge tidak berfungsi
Kesimpulan: <i>Fuel level gauge</i> mengalami kerusakan karena jarum penunjuk yang tidak akurat, sehingga jumlah <i>fuel</i> dalam <i>fuel tank</i> tidak dapat diketahui, perlu dilakukan perbaikan/penggantian pada <i>gauge</i> .				



Keterangan simbol *fuel level indicator* :

E = *Empty* / Kosong

F = *Full* / Penuh

Gambar 2. Pemeriksaan Fuel Level

Engine Coolant Temperature Gauge

Tabel 3. Pemeriksaan *Engine Coolant Temperature Gauge*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
Visual Inspection			√	Tidak ada jarum penunjuk
Rangkaian Kabel		√		
Fungsi			√	<i>Gauge</i> tidak berfungsi
Kesimpulan: <i>Engine coolant temperature gauge</i> tidak memiliki jarum penunjuk sehingga temperatur <i>engine coolant</i> tidak diketahui, perlu dilakukan penggantian.				



Keterangan simbol *engine coolant temperature* :
C = Cool
H = Hot

Gambar 3. Pemeriksaan *Engine Coolant Temperature Gauge*

Air Restriction Indicator

Tabel 4. Pemeriksaan *Air Restriction Indicator*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Rangkaian Kabel			√	Kabel indikator putus
Fungsi			√	Indikator tidak menyala
Kesimpulan: Terdapat satu kabel yang putus pada <i>air restriction indicator</i> , sehingga jika saringan udara/saluran udara mampat tidak dapat diketahui, perlu dilakukan perbaikan.				



Gambar 4. Pemeriksaan *Air Restriction Indicator*

Charging Indicator

Tabel 5. Pemeriksaan *Charging Indicator*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Rangkaian Kabel		√		
Fungsi		√		Masih berfungsi
Kesimpulan: <i>Charging indicator</i> masih berfungsi dengan baik. Lampu menyala saat kunci kontak on dan mati saat engine dihidupkan.				

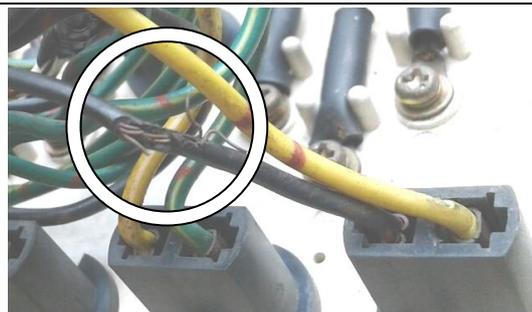


Gambar 5. Pemeriksaan *Charging Indicator* (Symbol Baterai/pengisian)

Glow Plug Indicator

Tabel 6. Pemeriksaan *Glow Plug Indicator*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Rangkaian Kabel			√	Kabel mengelupas
Fungsi		√		Masih berfungsi
Kesimpulan: Indikator masih berfungsi, namun kabel <i>glow plug indicator</i> mengelupas, sehingga perlu dilakukan perbaikan.				



Gambar 6. Pemeriksaan *Glow Plug Indicator*

Engine Oil Pressure Indicator

Tabel 7. Pemeriksaan Engine Oil Pressure Indicator

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Rangkaian Kabel			√	Tidak adanya <i>skun</i> /terminal kabel pada <i>oil pressure switch</i> , dan tidak menggunakan kabel yang sesuai <i>schematic</i> .
Fungsi		√		Masih berfungsi
Kesimpulan: Indikator masih berfungsi, namun perlu dilakukan perbaikan pada rangkaian kabel karena tidak adanya <i>skun</i> /terminal kabel pada <i>oil pressure switch</i> dan tidak menggunakan kabel yang sesuai <i>schematic</i>				



Gambar 7. Pemeriksaan Engine Oil Pressure Indicator

Fuel Level Sender

Tabel 8. Pemeriksaan Fuel Level Sender

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Rangkaian Kabel		√		
Fungsi		√		Masih berfungsi
Kesimpulan: <i>fuel level sender</i> masih berfungsi				

Coolant Temperature Sender

Tabel 9. Pemeriksaan Coolant Temperature Sender

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Rangkaian Kabel		√		
Fungsi		√		Masih berfungsi
Kesimpulan: <i>coolant temperature sender</i> masih berfungsi				

Right Cab Flood Lamp

Tabel 10. Pemeriksaan *Right Cab Flood Lamp*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>			√	Terdapat air di dalam lampu
Rangkaian Kabel			√	Kabel terputus
Lampu H3			√	Lampu patah
Fungsi			√	Lampu tidak menyala
Kesimpulan: lampu tidak menyala karena kabel yang terputus dan lampu yang patah, sehingga perlu dilakukan perbaikan				



Gambar 10. Pemeriksaan *Right Cab Flood Lamp*

Left Cab Flood Lamp

Tabel 11. Pemeriksaan *Right Cab Flood Lamp*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>		√		
Rangkaian Kabel			√	Kabel terputus
Lampu H3		√		
Fungsi			√	Lampu tidak menyala
Kesimpulan: lampu tidak menyala karena kabel yang terputus, sehingga perlu dilakukan perbaikan				

Boom Flood Lamp

Gambar 12. Pemeriksaan *Boom Flood Lamp*

Pemeriksaan	Hasil			Keterangan
	Nominal	Baik	Tidak Baik	
<i>Visual Inspection</i>			√	Tidak ada lampu
Rangkaian Kabel		√		
Lampu H3			√	Tidak ada lampu
Fungsi			√	Tidak ada lampu
Kesimpulan: <i>boom flood lamp</i> tidak ada, sehingga perlu dilakukan pemasangan				

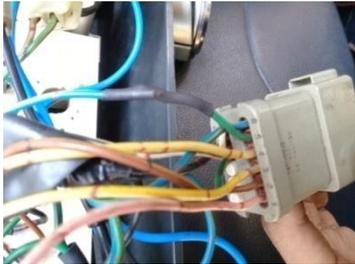


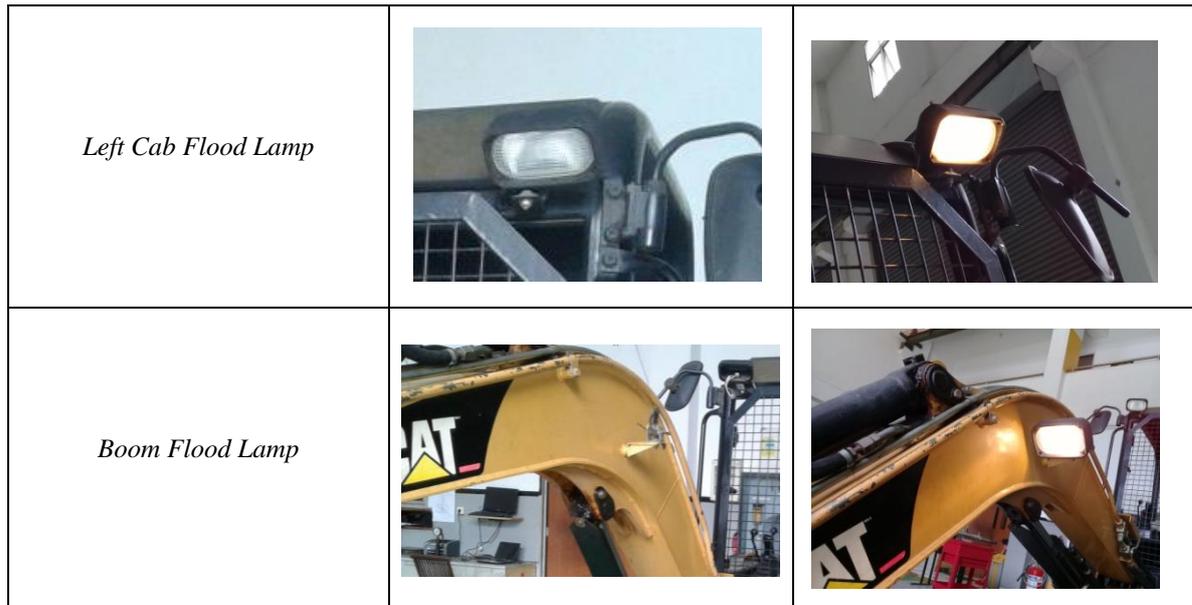
Gambar 12. Pemeriksaan *Boom Flood Lamp*

Hasil Perbaikan Komponen

Setelah dilakukan pemeriksaan, diketahui ada beberapa komponen yang mengalami kerusakan. Perbaikan yang dilakukan dapat berupa penggantian komponen atau penyetelan ulang komponen. Hasil perbaikan komponen ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 13. Hasil Perbaikan Komponen

Nama Komponen	Sebelum	Sesudah
<i>Fuel Level Gauge</i>	 A photograph of a fuel level gauge mounted on a dashboard. The needle is stuck at the 'E' (Empty) position. The gauge has markings for 'E', '1/2', and 'F' (Full).	 A photograph of a hand holding a fuel level gauge. The needle is now moving and pointing towards the 'F' (Full) position. The gauge is labeled 'FUEL'.
<i>Coolant Temperature Gauge</i>	 A photograph of a coolant temperature gauge. The needle is stuck at the 'H' (High) position. The gauge has markings for 'C' (Cold) and 'H' (Hot).	 A photograph of a hand holding a coolant temperature gauge. The needle is now moving and pointing towards the 'C' (Cold) position. The gauge is labeled 'TEMP'.
<i>Air Restriction Indicator Wire</i>	 A photograph of a hand holding a white plastic connector with several colored wires (blue, yellow, pink, green) protruding from it.	 A photograph of a hand holding the same white plastic connector, now with the wires properly inserted and secured.
<i>Oil Pressure Indicator</i>	 A photograph of an oil pressure indicator light on an engine. The light is not illuminated.	 A photograph of the same oil pressure indicator light, now illuminated with a bright yellow glow.
<i>Right Cab Flood Lamp</i>	 A photograph of a right cab flood lamp. The lamp is not illuminated.	 A photograph of the same right cab flood lamp, now illuminated with a bright yellow glow.



IV. KESIMPULAN

- a. Setelah dilakukan serangkaian pemeriksaan terhadap komponen-komponen sistem kelistrikan dan rangkaian kabel pada *unit mini hex 302.5*, didapatkan ada beberapa komponen yang tidak berfungsi dan rangkaian kabel yang keadaannya terkelupas. Untuk mengembalikan fungsi komponen dan rangkaian kabel tersebut maka dilakukan perbaikan atau penggantian serta reposisi rangkaian kabel. Hal tersebut bertujuan untuk merawat sekaligus meningkatkan kelayakan dari sistem kelistrikan *unit mini hex 302.5*.
- b. Pada *monitoring system unit mini hex 302.5* ada indikator yang tidak berfungsi, yaitu *fuel level* dan *engine coolant temperature*. Untuk mengaktifkan kembali fungsi indikator tersebut, maka dilakukan penggantian pada gauge indikator dan penataan kembali posisi indikator, sehingga penggunaan *unit* menjadi efisien.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Australia Pty Ltd, Caterpillar. *Fundamental of Electric System*. Australia: Melbourne. 2003
- [2] Australia Pty Ltd, Caterpillar. *Electric & Electronic*. Australia: Melbourne. 2010
- [3] Australia Pty Ltd, Caterpillar. *Caterpillar Product Line*. Australia: 2005
- [4] Australia Pty Ltd, Caterpillar. *Dasar-dasar kelistrikan*. Australia: 2003
- [5] *CATERPILLAR, 302.5 Product Brochure*, Retrived from <http://sis.cat.com> 2018
- [6] Tim Redaksi Penyusun KBBI. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka. 1994
- [7] Toyota Astra Motor. *New Step 1 Training Manual*. Jakarta: Sunter. 1994

ANALISA UNJUK KERJA SIMULATOR SYNCHROMESH DI WORKSHOP ALAT BERAT POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Faiz Andhika; Yosef Nove Ririhena; Fuad Zainuri

*Program Studi Teknik Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
faizandhika29@gmail.com*

Abstrak

Studi ini adalah tentang penganalisaan unjuk kerja atau performance dari syncromesh pada kendaraan yang menggunakan transmisi manual. Transmisi adalah salah satu komponen utama pada system powertrain yang mempengaruhi daya dan konsumsi bahan bakar kendaraan. Kinerja transmisi juga berhubungan dengan efisiensi gigi, kebisingan, dan kenyamanan saat perpindahan gigi. Manual transmisi adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk meneruskan torsi dari mesin ke roda penggerak. Terdapat beberapa gigi didalam kotak box pada system. Transmisi yang merupakan pilihan untuk mengatur kecepatan kendaraan. Pemilihan kecepatan dilakukan oleh pengemudi secara manual dengan memanfaatkan tuas pemindah. Secara garis besar terdapat tiga jenis transmisi kendaraan yaitu Manual Transmission (MT), Automatic Transmission (AT), dan Continuous Variable Transmission (CVT). Ada beberapa jenis dari manual transmission yaitu direct drive transmission, sliding gear, constantmesh, dan synchromesh. Dalam penulisan tugas akhir ini akan membahas synchromesh. Fungsi dari unit synchromesh adalah untuk menghubungkan dan memutus tenaga / putaran dari roda gigi tingkat ke poros output pada kondisi putaran tidak sama. Synchronizer merupakan elemen kunci yang berfungsi untuk penyalaras putaran antar elemen sehingga dapat dilakukan perpindahan pemasangan gigi dengan lembut. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini ialah mengetahui rasio gear, output dan juga unjuk kerja dari simulator synchromesh tersebut. Penulisan tugas akhir ini mencakup beberapa tahap yaitu studi literatur, pengecekan alat, perhitungan data, dan menyimpulkan hasil dari analisa tersebut apakah mencapai tujuan atau tidak. Jika tidak kita akan menganalisa lagi kegagalannya hingga dapat ditemukan rootcause nya.

Kata kunci: performance, syncromesh, transmission, constanmesh, synchronizer

Abstract

This study is about analyze on work or performances from syncromesh on a vehicle that uses transmission manual. The transmission is one component of the system resources and powertrain that affects vehicle fuel consumption. The performance of transmission related to gear efficiency, noise and comfort when the transmission is work. Manual transmission is a component that serves to continue torque from the engine to the driving wheels. There are some gear in the box on a system. A transmission that an option to set the speed of vehicles. The speed taken by drivers in manuals by utilizing shift lever. There are three types of the transmission there is manual transmission (MT), automatic transmission (AT), and continuous variable transmission (CVT). Some from manual transmission the direct drive transmission sliding, gear constantmesh, and synchromesh. On writing this final project we will discuss about synchromesh. Function of synchromesh unit is to engaged gears level to the output to the round are not equal. Synchronizer is a key element that serves to equal the round between elements so as to be done the teeth with soft displacement. The goals of this finales project is finding a gear ratio, output and also on the working of the synchromesh simulator. Writing duties recently covered several, first is a literature review checking a, calculation, data and concluded the results of the analysis is to achieve an objective or not. Otherwise we will analyze and its failure to find the rootcause.

Keywords: performance, syncromesh, transmission, constanmesh, synchronizer

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada penulisan tugas akhir ini penulis melihat simulator transmisi synchromesh yang dibuat oleh mahasiswa pada tahun 2017. Ketertarikan penulis pada bidang powertrain adalah penyebab penulis mengambil judul ini. program studi teknik alat berat di jurusan teknik mesin Politeknik Negeri Jakarta mempelajari berbagai system untuk keberlangsungan kinerja suatu machine, yaitu engine system, power train system, hydrolic

system, electrical system dan sebagainya. Tugas akhir ini akan membahas salah satu bagian dari power train yaitu Transmisi. Tenaga yang dihasilkan oleh engine di alirkan menuju transmisi untuk di atur putarannya lalu diteruskan ke differensial untuk dibagikan ke roda. Transmisi berperan penting dalam suatu kinerja machine, dan juga berperan dalam tingkat efisiansi bahan bakar pada engine.

Transmisi adalah salah satu komponen utama pada system powertrain yang mempengaruhi daya dan konsumsi bahan bakar kendaraan. Kinerja transmisi juga berhubungan dengan efisiensi gigi, kebisingan, dan kenyamanan saat perpindahan gigi. Pengembangan transmisi telah banyak dilakukan untuk memenuhi kebutuhan konsumen mulai dari model transmisi manual sampai dengan transmisi otomatis.

Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta merupakan salah satu program studi yang mempelajari sistem powertrain dan membutuhkan suatu proses kegiatan analisa unjuk kerja untuk mengetahui input dan output dalam suatu komponen powertrain. Kurangnya kegiatan tersebut mendorong penulis untuk memanfaatkan kegiatan tersebut untuk dijadikan tugas akhir. Faktor lain yang juga mendorong penulis untuk mengerjakan tugas akhir ini yaitu masih terbengkalainya alat atau tugas akhir yang sudah dibuat angkatan yang terdahulu. Kegiatan yang akan penulis lakukan adalah melakukan analisa unjuk kerja pada simulator synchromesh yang ada di workshop Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta.

Penganalisaan ini bertujuan untuk mengetahui gear rasio, output dan unjuk kerja dari simulator synchromesh. Setelah diketahui hasilnya akan dibandingkan dengan spesifikasi yang dipakai pada simulator synchromesh tersebut. Ruang lingkup pada penelitian ini hanya berfokus pada perhitungan rasio dan output transmisi yang dihasilkan oleh simulator tersebut. Yang nantinya akan diketahui unjuk kerja dari simulator synchromesh tersebut.

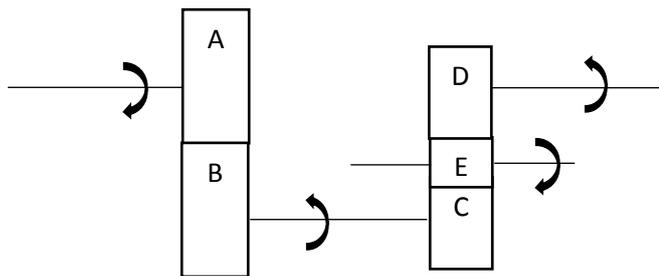
METODE PENELITIAN

1. Synchromesh adalah bagian transmisi yang berfungsi untuk menyamakan putaran antar gigi yang akan berhubungan sehingga perpindahan gigi percepatan dapat dilakukan secara mulus.
2. Pada penelitian ini dilakukan praktek atau pembongkaran pada simulator synchromesh untuk mengetahui rasio, output dan juga unjuk kerja dari simulator synchromesh tersebut. Adapun beberapa tahapan dalam penelitian ini sebagai berikut :
3. Studi Literatur mengenai synchromesh. Manual transmisi adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk meneruskan torsi dari mesin ke roda penggerak. Terdapat beberapa gigi didalam kotak box pada sistem transmisi yang merupakan pilihan untuk mengatur kecepatan kendaraan. Pemilihan kecepatan dilakukan oleh pengemudi secara manual dengan memanfaatkan tuas pemindah gigi (shift lever). Terdapat beberapa tipe manual transmisi yaitu sliding gear, *constantmesh* dan *synchromesh*.
4. Sebelum melakukan proses analisa unjuk kerja, penulis melakukan pengecekan pada alat tersebut agar bisa dianalisa unjuk kerjanya.
5. Melakukan pengumpulan data pada simulator tersebut berupa mencari jumlah giginya secara ber- urutan dari gigi 1,2,3,4,5, dan gigi mundur. Dan melakukan pengolahan data tersebut agar dapat di analisa rasio gear nya dan juga berapa rpm input dan output nya.
6. Menyimpulkan hasil mengenai analisa dari simulator tersebut apakah sesuai dengan spesifikasi yang ada. Setelah analisa yang dilakukan selesai maka dilakuan kesimpulan. Jika ada keraguan pada hasil perhitungan maka dilakukan perhitungan ulang untuk meyakini output dari transmisi tersebut dan mendapatkan *root cause* nya dan proses analisa selesai. Adapun spesifikasi data dari transmisi tersebut ialah:
 - Torsi Input : 400 Nm
 - Jarak sumbu : 116 mm
 - Jumlah gigi : 5 maju, 1 mundur

- Berat tanpa oli : 115 kg
- Kapasitas oli : 5.2 Ltr
- Tipe Lubrication : Natural
- Aplikasi : Truk, Bis sampai dengan tenaga 130 HP
- GVW : 16 ton

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengumpulan Data



Jumlah gigi yang didapat pada saat melakukan pengumpulan data adalah sebagai berikut :

	Gigi 1	Gigi 2	Gigi 3	Gigi 4	Gigi 5	Gigi Mundur
A	19	19	19	19		19
B	34	34	34	34		34
C	11	17	23	28		11
D	39	32	25	20		36
E						20

Dari hasil pengumpulan data yang didapat dapat dilakukan perhitungan untuk mencari gear rasionya dengan cara menghitung $\frac{\text{diputar}}{\text{memutar}} \times \frac{\text{memutar}}{\text{diputar}} = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C}$. Adapun hasil dari perhitungannya adalah sebagai berikut :

Gear	Rasio
1	6,344

2	3,368
3	1,944
4	1,278
5	1,000
R	5,856

Pada gigi 5 tidak dilakukan perhitungan karena pada saat gigi 5 terjadi rasio 1 :1 yang artinya putaran input sama dengan putaran output nya.

2. Hasil perhitungan rpm input dan output simulator

Hasil perhitungan rpm motor dan rpm output pada simulator synchromesh adalah sebagai berikut:

Gear	RPM	
	Input	Output
1	555,9	87,09
2	555,9	164,79
3	555,9	285,9
4	555,9	433,3
5	555,9	554,7
R	555,9	94,14

3. Cara Kerja Synchromesh

1. Pada kondisi netral

Pada kondisi ini, tenaga putaran dari poros engkol yang masuk ke input transmisi tidak akan diteruskan ke output transmisi, karena pada saat posisi netral synchromesh tidak dalam keadaan terhubung atau dalam keadaan bebas.

2. Pada kondisi gigi 1

Pada saat tuas transmisi pada posisi gigi 1 maka shift fork akan menggeser synchromesh sehingga unit synchromesh akan berhubungan dengan gear tingkat 1. Pada kondisi ini putaran output transmisi akan lambat tetapi untuk momen yang dihasilkan pada output transmisinya sangat besar.

3. Pada kondisi gigi 2

Pada saat tuas transmisi pada posisi gigi 2 maka shift fork akan menggeser synchromesh sehingga unit synchromesh berhubungan dengan gigi tingkat 2. Pada kondisi ini putaran pada output transmisi akan lebih cepat dibandingkan dengan posisi 1 tetapi untuk momen yang dihasilkan pada output transmisinya lebih kecil dibandingkan dengan posisi 1.

4. Pada kondisi gigi 3

Pada saat tuas transmisi pada posisi gigi 3 maka shift fork akan menggeser synchromesh sehingga unit synchromesh berhubungan dengan gigi tingkat 3. Pada kondisi ini putaran pada output transmisi akan lebih cepat dibandingkan dengan posisi 2 tetapi untuk momen yang dihasilkan output transmisinya lebih kecil dibanding transmisi pada posisi 2.

5. Pada kondisi gigi 4

Pada saat tuas transmisi pada posisi gigi 4 maka shift fork akan menggeser synchromesh sehingga unit synchromesh berhubungan dengan gigi tingkat 4. Pada kondisi ini putaran pada output transmisi akan lebih cepat dibandingkan dengan posisi 3 tetapi untuk momen yang dihasilkan output transmisinya lebih kecil dibanding transmisi pada posisi 3

6. Pada kondisi gigi 5

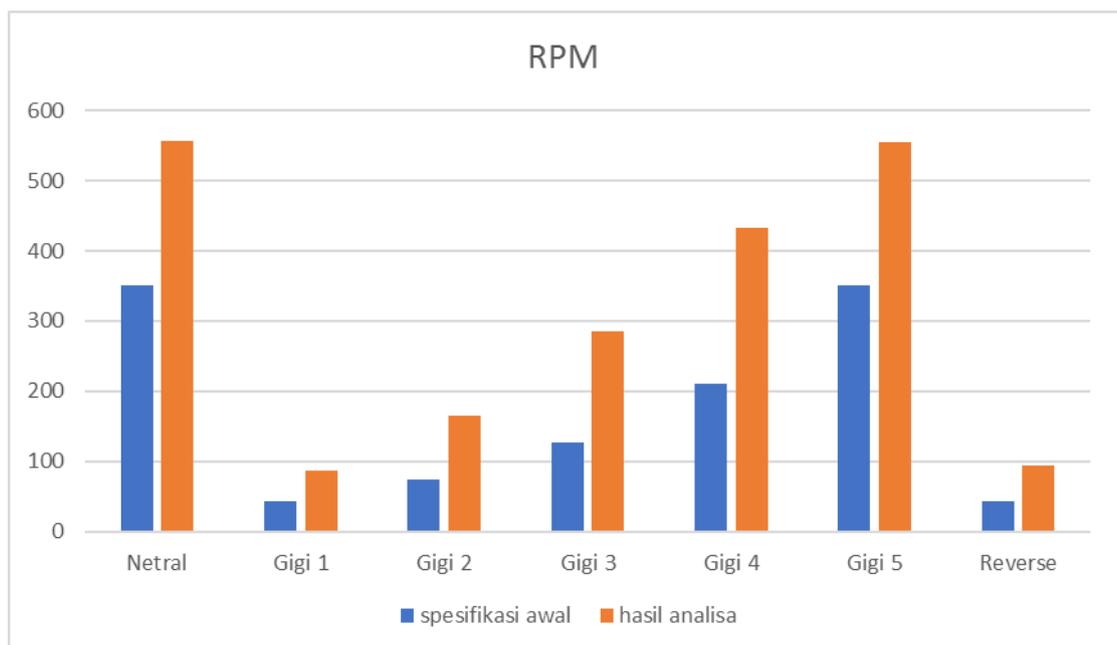
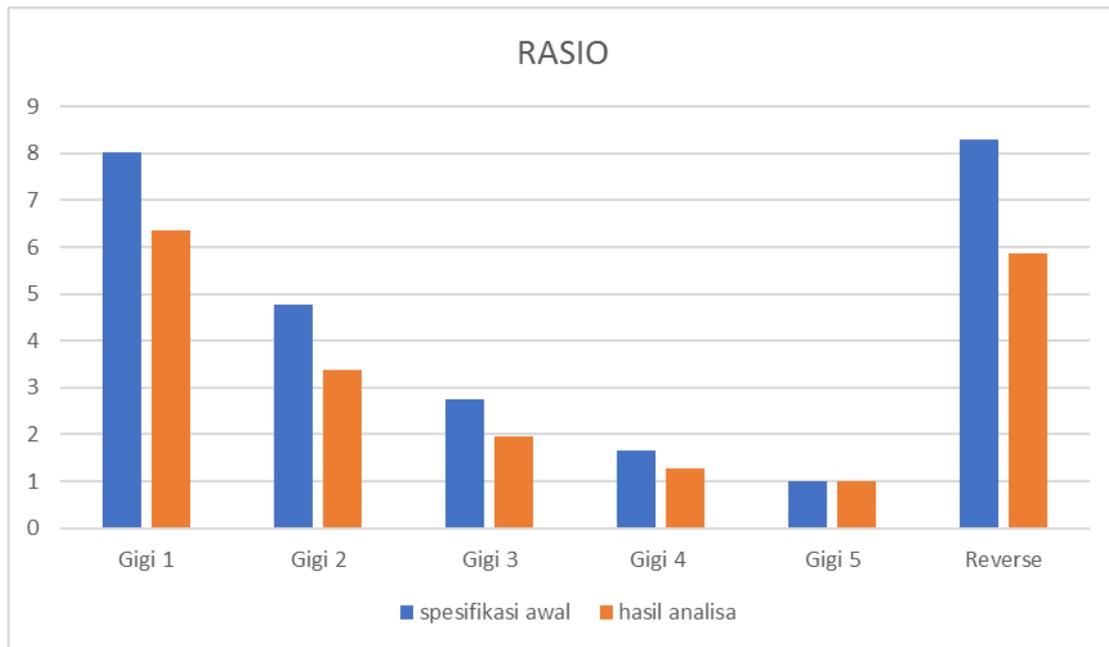
Pada saat tuas transmisi pada posisi gigi 5 maka shift fork akan menggeser synchromesh sehingga unit synchromesh berhubungan dengan gigi tingkat 5. Pada kondisi ini putaran input transmisi sama dengan putaran output transmisi. Jadi putaran transmisinya akan sangat cepat dibandingkan dengan posisi transmisi lainnya, sedangkan momen yang dihasilkan pada output transmisinya lebih kecil dibanding pada posisi lainnya.

7. Pada kondisi gigi mundur

Pada saat tuas transmisi pada posisi gigi mundur maka shift fork akan memindahkan tuas yang menggerakkan idler gear agar berhubungan dengan gear pada saat kondisi netral, jadi synchromesh tidak terhubung ke gear manapun. Pada kondisi ini putaran poros output akan berlawanan arah dengan putaran dari poros input transmisi.

4. Hasil

Melalui perhitungan ulang, penulis menemukan perbedaan data dari laporan pembuatan simulator, berikut diagram perbandingan rasio dan RPM.



IV. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan rasio dapat disimpulkan bahwa semakin besar percepatan putaran output transmisi yang dihasilkan semakin kecil momen yang diberikan. Dan juga data yang kami hitung tidak sesuai dengan spesifikasi simulator tersebut.
2. Dari hasil yang didapat dapat disimpulkan bahwa rpm dari motor simulator transmisi ini adalah sama yaitu 555,9. Sedangkan rpm outputnya meningkat seiring dilakukannya pergantian gigi ke gigi selanjutnya. Untuk rpm ketika mundur yaitu 94,14.
3. Setelah melakukan analisa terdapat perbedaan antara spesifikasi yang dipakai untuk simulator synchromesh tersebut dengan unjuk kerjanya. Perpindahan gigi maupun susunan gigi dalam gearbox simulator tersebut berbeda.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Back, O. (2013). Basics of synchronizer. Germany: Hoerbiger.
- [2] Bedmar, A. P. (2013). Synchronization processes and synchronizer mechanisms. Goteborg: Chalmers University of Technology.
- [3] Cheat, R., & Child, A. (2007). A seamless automatic manual transmission (AMT) with no torque interrupt. SAE International.
- [4] Eriyanto, Aditya. (2005). Analisis Sistem Transmisi Manual Pada Mitsubishi L 300 (Tugas Akhir DIII), Progam Studi Teknik Mesin FT Universitas Negeri Semarang.
- [5] Irwan, Doni., Rangga A., Rieza A., (2017). Simulasi Transmisi Jenis Synchromesh Sebagai Media Pembelajaran Di Workshop Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta (Tugas Akhir DIII), Program Studi Teknik Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

MUTU STAF PENGAJAR DALAM MENCAPAI KOMPETENSI PROGRAM STUDI TEKNIK ALAT BERAT

Minto Rahayu, Budi Prianto, Asep Apriana
Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Minto.rahayu@gmail.com

Abstrak

Penelitian tahun pertama berjudul Capaian Kompetensi Mahasiswa Program Studi Teknik Alat Berat menyatakan bahwa dari 36 kompetensi, dengan pencapaian 30 kompetensi. Dalam road map penelitian tahun kedua berjudul Mutu Staf Pengajar dalam Mencapai Kompetensi Program Studi Teknik Alat Berat. Penelitian akan mencari kelayakan kompetensi staf pengajar dengan matakuliah. Mutu staf pengajar ditinjau dari jenis pelatihan dari PT Trakindo Utama. Pelatihan sangat mendukung pembelajaran, dan telah dilaksanakan oleh seluruh dosen secara berkesibambungan sehingga dosen layak mengampu karena semua matakuliah mensyaratkan kompetensi yang diperoleh melalui pelatihan di PT Trakindo Utama. Mutu staf pengajar Program Studi Teknik Alat Berat dalam mendukung pembelajaran mencapai 73% dan dinyatakan baik.

Kata kunci: competence, heavy equipment, knowledge, lecture staf, skill, study program, training,

I. PENDAHULUAN

Mutu Staf Pengajar dalam Mencapai Kompetensi Program Studi Teknik Alat Berat, yang merupakan penelitian tahun kedua bertujuan mencari korelasi antara kompetensi staf pengajar dengan matakuliah di Program Studi Teknik Alat Berat. Mutu staf pengajar ini ditentukan oleh kompetensi yang mendukung matakuliah, yang diperoleh melalui pelatihan yang diselenggarakan oleh PT Trakindo Utama sebagai mitra kerja sama Program Studi Teknik Alat Berat.

Program Studi Alat Berat bermitra dengan PT Trakindo, bentuk kemitraan dapat berupa pelatihan untuk staf pengajar dengan materi yang sesuai dengan matakuliah. Pelatihan merupakan suatu kegiatan untuk memperbaiki dan mengembangkan sikap dan tingkah laku keterampilan dan pengetahuan karyawan sesuai dengan keinginan perusahaan atau institusi. Pelatihan merupakan proses sistematis agar karyawan mempelajari pengetahuan (knowledge), keterampilan (skill), dan kemampuan (ability) atau perilaku terhadap tujuan pribadi dan organisasi (lihat Denny Agus, 2010).

Kurikulum Program Studi Alat Berat Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta tahun 2014 yang merupakan hasil lokakarya alat berat di Banjarmasin 2014 yang diselenggarakan oleh Forum Grup Diskusi Program Studi Teknik Alat Berat. Permasalahan dalam penelitian ialah Bagaimana mutu staf pengajar dalam mencapai tujuan pembelajaran. Mutu staf pengajar ditinjau dari pelantihan yang telah di lakukan. Kontribunya memberikan masukan kebijakan sebagai dasar untuk meningkatkan kerja sama antara Politeknik Negeri Jakarta dan PT Trakindo Utama dalam meningkatkan dan mengembangkan kompetensi staf pengajar.

Kebutuhan akan alat berat semakin tinggi sehubungan dengan peningkatan kegiatan konstruksi maupun pertambangan. Hasil penelitian H. Witanto (2017) menyatakan bahwa produktivitas alat berat dipengaruhi kapasitas produksi alat berat pada setiap jenis kegiatan. Semakin besar kapasitas produksi suatu alat berat maka koefisiensi alat berat semakin kecil sehingga biaya yang dikeluarkan semakin kecil pula. Hal ini nkartema setiap Peralaiatan yang digunakan bekerja semakin efektif. Efisiensi mertupakan kata kunci bagi penggunaan alat berat. Itulah sebabnya peningkatan kompetensi tenaga kerja alat berat sangat diperlukan. Salah satu rantainya ialah melalui staf pengajar yang bermutu yang secara berkala dilatih, dalam hal ini dilatih di training centre PT Trakindo Utama.

Kompetensi utama lulusan teknik alat berat ialah ahli dalam overhaul alat berat, dengan kompetensi pendukung ahli gambar, ahli material, ahli pengukuran, ahli kontrol, ahli power train, ahli trouble shooting, ahli komunikasi, dan integritas. Kompetensi dicapai dengan beban kuliah teori 1488 jam per paket program, praktik 2224 jam per paket program, praktek kerja lapangan/on jon training 600 jam per paket program; jumlah total baban jam kuliah 2100 jam.

Kompetensi mahasiswa alat berat diturunkan dalam 36 kompetensi industri. Ke-36 kompetensi tersebut harus sertifikasi dan divalisedi oleh industri, dalam hal ini oleh PT Trakindo Utama. Sertifikasi dilaksanakan oleh dosen dan teknisi dari prodi alat berat dan PT Trakindo Utama, sedangkan validasi dilakukan oleh asesor dari Trakindo. Baik sertifikasi maupun validasi dapat dilaksanakan bersamaan waktu dengan OJT dan atau

dilaksanakan tersendiri, baik di kampus Politeknik Negeri Jakarta maupun di bengkel PT Trakindo Utama. (Borang Akreditasi Program Studi Teknik Alat Berat, 2016).

Program Studi Alat Berat dimulai tahun 2001 dari hasil kerjasama antara Politeknik Negeri Jakarta dengan PT Trakindo Utama. Kurikulum Program Studi Alat Berat disusun bersama dan dilakukan peninjauan dan evaluasi setiap akhir tahun kuliah untuk mengetahui kendala-kendala yang timbul selama proses belajar-mengajar. Hasilnya adalah kurikulum 2014 yang saat ini masih dipakai.

Staf pengajar sebagai fasilitator berperan memberikan pelayanan untuk memudahkan siswa dalam kegiatan proses pembelajaran (Wina Senjaya, 2008). Hal ini

membawa konsekuensi terhadap perubahan pola hubungan staf pengajar dan peserta didik, yang semula lebih bersifat pelaku instruksi menjadi hubungan kemitraan. Dalam hal ini staf pengajar dan peserta didik mempunyai hubungan yang harmonis saling melengkapi bukan sebagai hubungan birokrasi.

Staf pengajar harus berusaha membuat sesuatu menjadi jelas bagi peserta didik dan terampil dalam memecahkan masalah. Ada beberapa hal yang harus dilakukan oleh seorang staf pengajar atau guru dalam pembelajaran, yaitu: Membuat ilustrasi, mendefinisikan, menganalisis, mensintesis, bertanya, merespon, mendengarkan, menciptakan kepercayaan, memberikan pandangan yang bervariasi, menyediakan media untuk mengkaji materi standar, menyesuaikan metode pembelajaran, memberikan nada perasaan.

Agar pembelajaran memiliki kekuatan yang maksimal, guru-guru harus senantiasa berusaha untuk mempertahankan dan meningkatkan semangat yang telah dimilikinya ketika mempelajari materi standar. Untuk memenuhi kompetensinya dalam pembelajaran, staf pengajar dituntut untuk meningkatkan kemampuannya, dalam hal staf pengajar di Program Studi Teknik Alat Berat, dengan mengikuti training yang dilaksanakan oleh PT Trakindo Utama.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan ialah menghubungkan matakuliah terhadap jenis pelatihan yang diperlukan. Matakuliah yang dipaparkan di sini adalah matakuliah kompetensi alat berat. Pertama menghubungkan matakuliah dan jenis pelatihan yang dibutuhkan, kedua membuat daftar jenis pelatihan staf pengajar alat berat, ketiga mengukur mutu staf pengajar terhadap matakuliah yang diajarkannya, keempat mengukur kelayakan mutu dosen pengampu terhadap matakuliah yang diampu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurikulum alat berat dirancang untuk mencapai kompetensi alat berat Politeknik Negeri Jakarta mengacu pada Asean Economics Community, 2016 yang tertuang dalam skema sertifikasi mengacu pada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) bidang keahlian alat berat. yaitu:

- 1) Skema sertifikasi teknisi dasar perawatan alat berat.
- 2) Skema sertifikasi teknisi muda perawatan alat berat.
- 3) Skema sertifikasi teknisi madya perawatan alat berat.

Kurikulum alat berat dituangkan dalam matakuliah per semester, semester 1 dan 2 setara dengan skema sertifikasi teknisi dasar perawatan alat berat, semester 3 dan 4 setara dengan skema sertifikasi teknisi muda perawatan alat berat, semester 5 dan 6 setara dengan skema sertifikasi teknisi madya perawatan alat berat.

Tabel 4.1: Jenis Pelatihan yang Dibutuhkan Matakuliah

No	Matakuliah	Pelatihan yang Diperlukan															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Technical Core Skill																
2	Heavy Equipment Introduction																
3	Fundamental Engine System																
4	Fundamental Diesel Engine System																
5	Fundamental Electric System																
6	Fundamental Hydraulic System																
7	Fundamental Power Train System																
8	Basic Machine Operation Technic																
9	Intermediate Hydraulic System																
10	Electric and Electronic System																
11	Intermediate Engine System																
12	Engine Rebuilt																
13	Troubleshooting																
14	Electronic Engine																
15	Applied Failure Analysis																
16	Heavy Equipment Software																

17	Preventive Maintenance Concept														
18	Heavy Equipment Maintenance Management														
19	OJT														

Keterangan:

1. Basic Mechanic
2. PC & CAT Software
3. Intermediate Engine System
4. Intermediate Hydraulic System
5. Applied Failure Analysis 1
6. Electronic Engine
7. Engine Troubleshooting
8. Electric & Electronic System
9. Engine Performance Analysis
10. Assessment Training
11. Heavy Equipment Maintenance Management
12. Intermediate Powertrain System
13. Engine Rebuild
14. Ebasic Technical For Technician
15. Basic Macine Operation Technique
16. Intermediate Power Train System

Untuk mencari hubungan kompetensi staf pengajar dengan matakuliah di Program Studi Teknik Alat Berat, perlu diketahui data staf pengajar yang telah mengikuti pelatihan, berikut data staf pengajar yang mengikuti pelatihan dan jenis pelatihan yang diikutinya.

Tabel 4.2: Pengukuran Mutu Staf Pengajar terhadap Matakuliah

No	Matakuliah	Syarat ¹	Dosen Pengampu	Pelatihan
1	Technical Core Skill	1, 10	Asep Apriana, MKom	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13
2	Heavy Equipment Introduction	1, 10	Budi Prianto, ST	1, 2, 8, 10
3	Fundamental Engine System	1, 10	Fuad Zainuri, MSi	1, 7, 9, 11, 13
4	Fundamental Diesel Engine System	1, 10	Abd Azis, Drs, Msi	1
5	Fundamental Electric System	1, 10	Idrus Assagaf, ST, MT	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11
6	Fundamental Hydraulic System	1, 10	Abd Azis, Drs, Msi	1
7	Fundamental Power Train System	1, 10, 15	Budi Prianto, ST	1, 2, 8, 10
8	Basic Machine Operation Technic	1, 10, 14	Imam Wahyudi, M.Pd.	1, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16
9	Intermediate Hydraulic System	1, 10	Asep Apriana, MKom	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13
10	Electric and Electronic System	1, 9, 10, 13	Idrus Assagaf, MT	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11
11	Intermediate Engine System	1, 3, 10, 15	Lentang B Sibarani	Pensiunan karyawan industri alat berat
12	Engine Rebuilt	1, 3, 10	Asep Apriana, ST, M.Kom	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13
			Imam Wahyudi	1, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16
13	Troubleshooting	3, 4, 6	Budi Prianto, ST	1, 2, 8, 10
14	Electronic Engine	1, 2, 6, 10	Idrus Assagaf, ST, MT	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11
15	Applied Failure Analysis	1, 6, 7, 10	Vika Rizkia, MT, Dr.	-
16	Heavy Equipment Software	1, 2, 3, 4, 7, 10	Idrus Assagaf, ST, MT	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11
17	Preventive Maintenance Concept	1, 7, 10	Asep Apriana, ST, M.Kom	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13

18	Heavy Equipment Maintenance Management	1, 10	Fachruddin, MT	1, 10, 11
19	OJT	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,	Tim teaching industri alat berat	

Catatan:

1. Jenis pelatihan Technichal Core Skill, Basic Macine Operation Technique; dalam keterangan tabel 4.1 dimasukkan ke dalam jenis pelatihan Basic Mechanic.
2. Daftar dosen penyampu adalah dosen yang mengampu pada tahun ajaran 2016-2017 dan 2017- 2018.
3. Beberapa dosen yang berbasis di prodi Alat Berat tidak mengajar karena sedang melanjutkan studi.

Dari tabel 4.2 tentang Pengukuran Korelasi Kompetensi Staf Pengajar terhadap Matakuliah, akan dirangkum ke dalam tabel Kelayakan Dosen Pengampu Terhadap Matakuliah yang Diampu; berikut ini:

Tabel 4.4: Kelayakan Mutu Dosen Pengampu Terhadap Matakuliah yang Diampu

No	Matakuliah	Syarat	Pelatihan Dosen Pengampu	Kelayakan	%
1	Technical Core Skill	1, 10	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13	Layak	100
2	Heavy Equipment Introduction	1, 10	1, 2, 8, 10	Layak	100
3	Fundamental Engine System	1, 10	1, 7, 9, 11, 13	Kurang layak, pelatihan 10	50
4	Fundamental Diesel Engine System	1, 10	1	Kurang layak, dosen ybs harus pelatihan 10	50
5	Fundamental Electric System	1, 10	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11	Layak	100
6	Fundamental Hydraulic System	1, 10	1	Kurang layak, harus pelatihan 10	50
7	Fundamental Power Train System	1, 10, 15	1, 2, 8, 10	Kurang layak, harus pelatihan 15	75
8	Basic Machine Operation Technic	1, 10, 14	1, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16	Layak	100
9	Intermediate Hydraulic System	1, 10	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13	Layak	100
10	Electric and Electronic System	1, 9, 10, 13	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11	Kurang layak, harus pelatihan 9 dan 13	50
11	Intermediate Engine System	1, 3, 10, 15	Pensiunan karyawan industri alat berat	Layak	100
12	Engine Rebuilt	1, 3, 10	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13	Kurang layak, harus pelatihan 3	75
			1, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16	Kurang layak, harus pelatihan 3	
13	Troubleshooting	3, 4, 6	1, 2, 8, 10	Belum layak, harus pelatihan 3, 4, 6	0
14	Electronic Engine	1, 2, 6, 10	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11	Layak	100
15	Applied Failure Analysis	1, 6, 7,	-		0

		10			
16	Heavy Equipment Software	1, 2, 3, 4, 7, 10	1, 2, 5, 6, 8, 10, 11	Kurang layak, harus pelatihan 3, 7	70
17	Preventive Maintenance Concept	1, 7, 10	1, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13	Kurang layak, harus pelatihan 7	75
18	Heavy Equipment Maintenance Management	1, 10	1, 10, 11	Layak	100
19	OJT	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,	Industri	Layak	100

Catatan:

Kelayakan mengampu mata kuliah pada tabel 4.4 ditinjau dari jenis pelatihan yang sudah diikuti di PT Trakindo Utama. Ukuran tidak mempertimbangkan latar belakang pendidikan.

Perhitungan prosentasi ditinjau dari jenis pelatihan dan kebutuhan keahlian pada matakuliah. Dihitung dari jumlah prosentasi, mutu staf pengajar dalam mencapai kelayakan mencapai 73,12%.

IV. KESIMPULAN

- a. Pelatihan yang dilaksanakan oleh PT Trakindo Utama terhadap dosen pengampu matakuliah di Prodi Alat Berat sangat mendukung pencapaian pembejaran.
- b. Seluruh dosen pengampu matakuliah di Prodi Alat Berat telah melaksanakan pelatihan secara berkesinambungan.
- c. Dengan jumlah dan jenis pelatihan yang diikuti, dosen layak mengampu matakuliah di Prodi Alat Berat.
- d. Semua matakuliah mensyaratkan kompetensi yang diperoleh melalui pelatihan di PT Trakindo Utama.
- e. Mutu atau kompetensi staf pengajar Program Studi Teknik Alat Berat dalam mendukung pembelajaran baik (73%).

V. SARAN

1. Kerja sama dengan PT Trakindo Utama perlu dilanjutkan, khususnya terkait pelatihan bagi dosen muda dan retraining bagi dosen senior.
2. Bagi seluruh pemangku kepentingan diharapkan mengembangkan kompetensi Prodi Alat Berat dengan memberikan fasilitas kepada dosen dan staf untuk meningkatkan kemampuannya, khususnya di bidang alat berat

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Borang Akreditasi Program Studi Teknik Alat Berat, 2016,
- [2] Denny Agus, 2010, "Pelatihan Tenaga Kerja: Definisi, Tujuan, manfaat, dan Metode Pelatihan". Dalam Jurnal Manajemen Sumber Daya Manusia. jurnal-sdm.blogspot.com/2010/11/pelatihan-tenaga-kerja-definisi-tujuan_
- [3] H. Witanto, dkk. Alokasi Kebutuhan Alat Berat pada Proyek Peleburan Jalan Pettarani Makasar. http://www.academia.edu/7856981/JURNAL_ALOKASI_KEBUTUHAN_ALAT_BERAT, akses 30 Mei 2017
- [4] Pusat Bahasa, 2018. Kamus Besar Bahasa Indonesia. Jakarta: Pustaka Jaya
- [5] Stan Kossen, 1983. Aspek Manusia dalam Organisasi. Jakarta: Erlangga
- [6] Undang-Undang Dasar Republik Indonesia 1945
- [7] Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.
- [8] Wina Senjaya. 2008. Strategi Pembelajaran; Berorientasi Standar Proses Pendidikan. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.

Simulator Cara Kerja Air Starting Sebagai Media Pembelajaran Mahasiswa Teknik Alat Berat

Ahmad Thariq Habib¹; Dwi Hartanto; Mirza Al Vindra; Wahyu Wibowo; Fitri Wijayanti.

Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jln Prof. Dr. G. A. Siwabessy,
Kampus UI, Depok 16425

¹thariqhabib@gmail.com

Abstrak

Dalam Perguruan Tinggi khususnya dibidang Alat Berat tentunya tidak terlepas dari penggunaan Diesel Engine sebagai alat pembelajaran. Untuk dapat memahami dan menguasai Diesel Engine tentunya harus mengetahui sistem-sistem yang ada pada Diesel Engine. Salah satu sistem yang berperan penting dalam menghasilkan tenaga pada sebuah Diesel Engine adalah Starting System. Sistem ini merupakan sistem yang digunakan untuk memutar engine pertama kali. Perkembangan Starting System di Dunia saat ini khususnya pada Diesel Engine sudah sangat inovatif. Starting System Pada beberapa aplikasi Diesel Engine telah menggunakan sumber energi dari udara yang bertekanan sebagai penggerak komponen starter atau yang lebih dikenal dengan Air starting system. Air starting system memiliki keunggulan yaitu dapat menghasilkan Torsi yang cukup besar dan juga tidak menghasilkan panas seperti halnya pada Electrical Starting System. Dengan melihat keunggulan dan cara kerja Air starting system secara umum, dapat dirasakan beberapa kekurangan pada proses pembelajaran Starting System di Program Studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta, diantaranya yaitu tidak ada materi yang menunjang dan pembahasan secara lengkap mengenai Air starting system. Untuk itu maka akan dilakukan penelitian cara kerja Air starting system dengan membuat simulator cara kerja Air starting system. Tujuan dari penelitian ini adalah agar mahasiswa Program Studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta mengetahui dan memahami jenis starting system lain yaitu Air starting system. Dengan menggunakan media simulator ini nantinya diharapkan mahasiswa program studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta lebih mudah memahami cara kerja dan komponen apa saja yang ada dan menambah wawasan mengenai Starting System khususnya pada tipe Air starting system.

Kata Kunci : Starting system, Air starting, Simulator cara kerja Air starting, Media pembelajaran.

Abstract

In Higher Education, especially in Heavy Equipment study program certainly can not be separated from the use of Diesel Engine as a learning tool. To be able to understand and master the Diesel Engine of course must know the systems on Diesel Engine. One of the systems that very important to generate power in a Diesel Engine is the Starting System. This system is used to turn on the engine first. Development of Starting System in the World today especially on Diesel Engine has been very innovative. Starting System In some applications Diesel Engine has been using a compressed air source as a starter component or it is called Air starting system. Air starting system has the advantage that can produce a large enough torque and also does not generate heat as well as on the Electrical Starting System. By looking this advantages and workings of Air starting system in general, it can be felt some problem in the learning process of Starting System in Heavy Equipment Study Program in State Polytechnic of Jakarta that there is no supporting material and complete discussion about Air starting system. For that it will be done research about the working of Air starting system by making a simulator. The purpose of this research is that the students of the Heavy Equipment Study Program of State Polytechnic of Jakarta know and understand other starting system type it is Air starting system. By using this media simulator , it is expected that the students of Heavy Equipment study program in state Polytechnic of Jakarta can more easily understand the workings and components of what is there and explore about Starting System especially on Air starting system type.

Key Word : Starting System, Air starting, Simulator of working Air starting system, learning media.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan Starting System di Dunia saat ini khususnya pada Diesel Engine sudah sangat inovatif. Starting System yang digunakan saat ini tidak hanya menggunakan energi listrik sebagai sumber penggerak komponen starter. Untuk beberapa aplikasi Diesel Engine telah menggunakan sumber energi dari udara yang bertekanan sebagai penggerak komponen starting System (Scott Heard, 2016). Air starting banyak digunakan pada unit-unit yang berukuran besar karena kelebihanannya adalah torsi yang

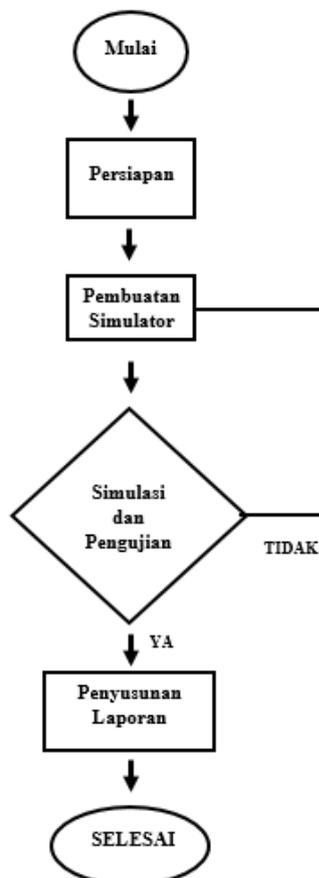
dihasilkan sangat besar dan waktu yang diperlukan untuk proses *Starting* lebih singkat dibandingkan dengan *Electrical starting* (Caterpillar, 2014).

Dengan melihat perkembangan *Starting System* khususnya pada jenis *Air starting system* dan proses pembelajaran *Starting System* di Program Studi Alat Berat, dapat dirasakan beberapa kekurangan yaitu tidak adanya materi dan literatur yang lengkap tentang *Air starting system*. Dengan melihat kekurangan yang ada maka akan dilakukan penelitian tentang *Air starting system* dengan membuat simulator cara kerja *Air starting system* tipe *Vane Motor* yang alir kerjanya ditunjukkan dengan menggunakan metode putaran mekanik dan lampu LED. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui proses pembuatan simulator *Air starting system* tipe *Vane motor*, mengetahui komponen *Air starting system* tipe *Vane motor*, dan mengetahui cara kerja *Air starting system* tipe *Vane motor* secara keseluruhan. Penelitian ini nantinya diharapkan akan dapat menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa serta melengkapi media pembelajaran tentang *Starting system* di Program Studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta.

Air starting system merupakan salah satu jenis *Starting system* yang memanfaatkan udara bertekanan yang diubah menjadi energi mekanik (Wen-Hsiu Chen *et al*, 2006). Terdapat dua jenis *Air starting system* yaitu *Direct Air Injection System* dan *Air Motor System* (USNRC, 1994). *Air motor system* adalah jenis *Starting* udara yang menggunakan udara yang dikompresikan dalam tangki bertekanan yang dialirkan menuju *Motor* yang nantinya akan menggerakkan *Flywheel* pada *Engine*. Salah satu tipe *Air motor system* adalah *Vane Motor*. Komponen *Air starting system* tipe *Vane motor* yaitu tangki udara, *Relay valve*, *Starter control button*, pipa atau selang udara, dan *Air starting motor*.

II. METODE PENELITIAN

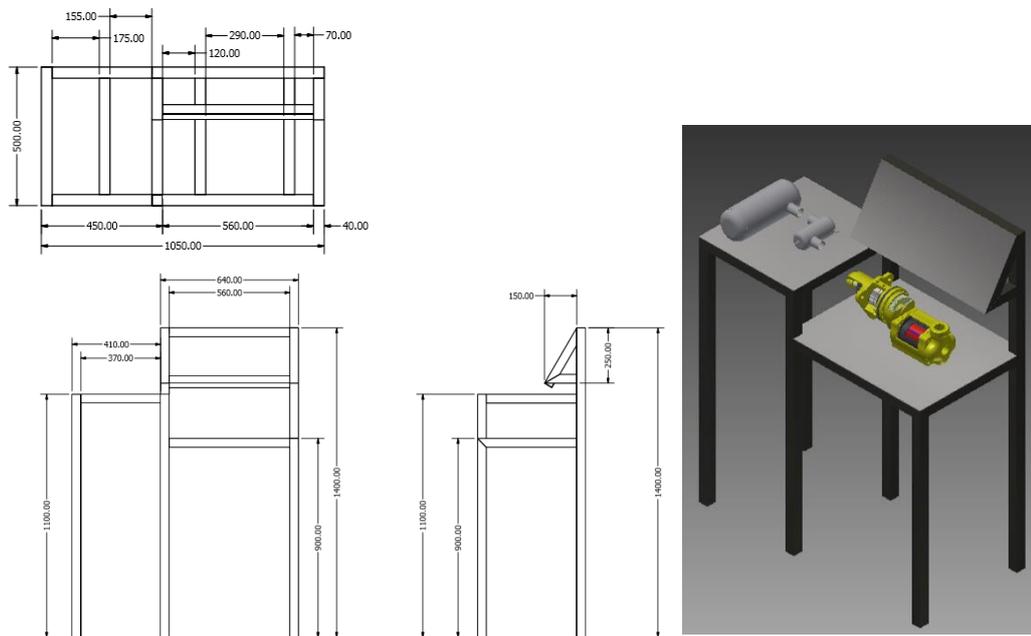
Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini mengikuti alir sebagai berikut



Gambar 1. Diagram alir penelitian

1. Persiapan

- a. Dalam tahap persiapan langkah pertama yang dilakukan adalah mencari dan mengumpulkan data untuk mendukung penelitian ini dengan menggunakan tiga cara, yaitu studi literatur, survey langsung ke lapangan, dan kuisisioner. Pembuatan kuisisioner dilakukan untuk mengetahui pengetahuan mahasiswa Teknik Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta mengenai *Air starting system* dengan jumlah responden sebanyak 30 orang. kriteria responden adalah mahasiswa semester 4 Program studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta. Setelah itu langkah selanjutnya menentukan konsep dan membuat desain simulator. berikut ini adalah desain simulator *Air starting*.



Gambar 2. Desain dan ukuran meja simulator *Air Starting*.

Ukuran meja simulator secara keseluruhan adalah 1050 mm x 500 mm x 1400 mm. Bahan yang digunakan untuk membuat meja simulator adalah Besi *Hollow* ukuran 4 cm x 4cm dengan tebal 2mm dan Plat Besi dengan tebal 1.2 mm.

2. Pembuatan simulator

Setelah langkah persiapan dilakukan dan juga bahan yang diperlukan untuk membuat simulator *Air starting system* sudah lengkap, langkah berikutnya adalah pembuatan simulator *Air starting system*. Pembuatan simulator dilakukan dengan membagi kedalam beberapa tahap yaitu tahap pemeriksaan kelengkapan komponen *Air starting motor*, tahap pembuatan meja simulator, tahap pembelahan *Air starting motor*, tahap pengecatan komponen simulator *Air starting system*, dan tahap perakitan simulator.

3. Simulasi dan pengujian

Langkah ini dilakukan setelah pembuatan simulator selesai. Pengujian yang dilakukan pada simulator ini yaitu dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- a. Pengujian pertama adalah tes *Air starting Motor* tipe *Vane motor* yang telah dibelah apakah dapat diputar dan bekerja dengan baik. Apabila *Air starting motor* tidak mau diputar, maka akan diperiksa komponen *Air starting motor* apakah sudah terpasang sesuai dengan literatur.
- b. Pengujian kedua adalah tes cara kerja Simulator *Air starting system*. Pengujian ini dilakukan dengan tiga kondisi *Air starting system* yaitu kondisi *Standby*, *Pre-Starting*, dan *Starting* yang alir kerjanya digambarkan dengan lampu LED. Apabila simulator tidak dapat bekerja pada salah satu atau tiga kondisi tersebut maka akan dilakukan pemeriksaan pada komponen *Air starting*

system. Jika simulator *Air starting system* dapat bekerja pada tiga kondisi tersebut maka simulator dapat digunakan.

4. Penyusunan laporan

Setelah semua penelitian dilakukan, langkah selanjutnya adalah menyusun semua data yang telah didapat dari penelitian menjadi sebuah informasi dalam bentuk laporan.

5. Selesai

Simulator Cara Kerja *Air starting system* tipe *Vane motor* dapat digunakan sebagai media pembelajaran di program Studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta.

III. Hasil dan pembahasan

1. Hasil Kuisisioner Tingkat Pemahaman Mahasiswa Mengenai *Air Starting System*.

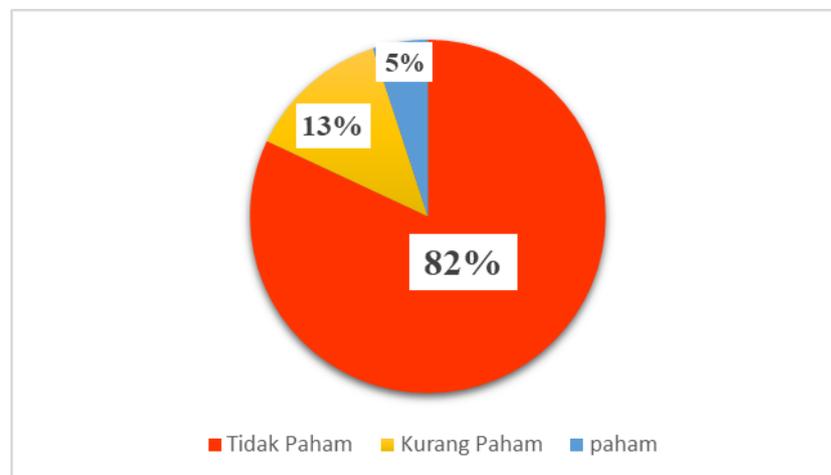
Berikut ini data kuisisioner yang didapatkan dari 30 responden.

T

PERTANYAAN	PAHAM (%)	KURANG PAHAM (%)	TIDAK PAHAM (%)
1. Jenis-jenis <i>Starting System</i> apa saja yang anda ketahui?	3.3%	70%	26.7%
2. Apa yang anda ketahui tentang <i>Air Starting System</i> ?	20%	20%	60%
3. Apakah anda mengetahui apa saja komponen <i>Air Starting System</i> ?	0%	3.3%	96.7%
4. Apakah anda mengetahui cara kerja <i>Air Starting System</i> ?	0%	6.7%	93.3%
5. Apa yang anda ketahui tentang <i>Air Starting Motor</i> ?	3.3%	10%	86.7%
6. Apakah anda mengetahui apa saja komponen <i>Air Starting Motor</i> ?	0%	3.3%	96.7%
7. Apakah anda mengetahui cara kerja <i>Air Starting Motor</i> ?	0%	0%	100%
8. Apakah anda mengetahui aplikasi dari <i>Air Starting System</i> ?	6.7%	0%	93.3%
9. Apakah anda mengetahui kelebihan dari <i>Air Starting System</i> dibandingkan jenis <i>Starting System</i> lainnya?	6.7%	6.7%	86.6%

mahasiswa mengenai *Air Starting System*

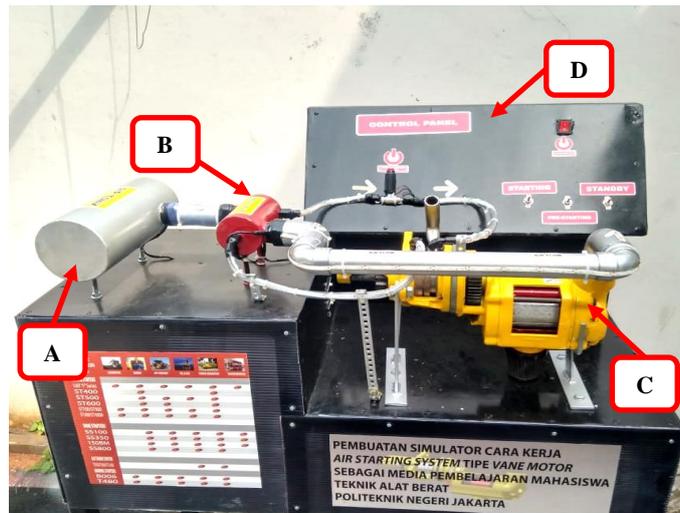
Dari hasil kuisioner dapat diketahui pengetahuan mahasiswa mengenai *Air starting system* masih cukup rendah. Dari tabel 1 dapat terlihat lebih jelas pada grafik di bawah ini.



Gambar 3. Pengetahuan mahasiswa tentang *Air starting system*.

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa persentase tingkat pengetahuan mahasiswa yang paham adalah 22%, tingkat pengetahuan mahasiswa yang kurang paham adalah 11%, dan pengetahuan mahasiswa yang tidak tahu adalah 67%. Oleh karena itu dari hasil penelitian ini akan sangat menunjang proses pembelajaran tentang *Starting system* di Program Studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta.

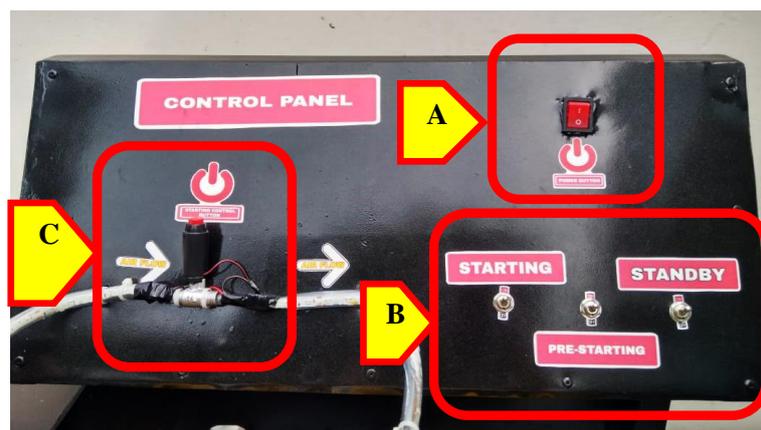
2. Simulator Cara Kerja *Air Starting System*



Gambar 4. Simulator Cara Kerja Air starting system.

Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan sebuah simulator cara kerja *Air starting system* tipe *Vane motor*. Simulator ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu tangki udara, *Relay valve*, Selang dan pipa udara, *Air starting motor*, dan *Starter control button*. Simulator *Air starting system* dapat menggambarkan tiga kondisi yang berbeda, kondisi pertama yaitu *Standby*, kondisi kedua yaitu *Pre-Starting* dan kondisi ketiga yaitu *Starting*. Pergerakan sistem aliran udara pada simulator ini digambarkan dengan menggunakan lampu LED dan tuas pemutar untuk menghasilkan putaran mekanik pada *Air starting motor*.

a. Penjelasan saklar pada panel indikator simulator cara kerja *Air starting system*.



Gambar 5. Control Panel simulator cara kerja Air Starting System (A. Saklar Power; B. Condition Switch; C. Saklar Starter Control Button).

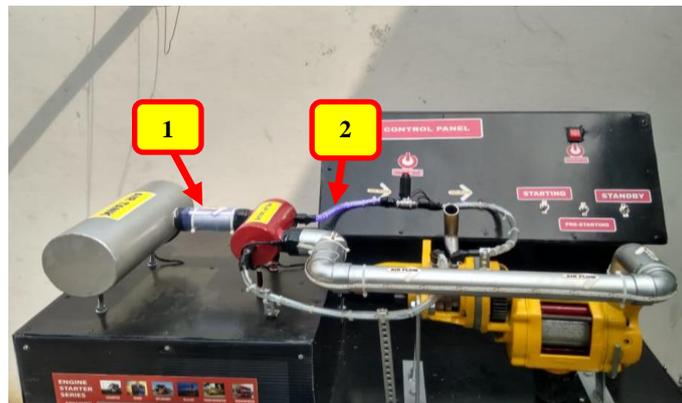
Berikut ini adalah penjelasan fungsi saklar pada Panel indikator simulator.

- Saklar *Power* berfungsi sebagai pengaman untuk memutus dan menyambungkan aliran listrik yang akan digunakan pada rangkaian yang terdapat pada simulator.

- Saklar *Standby* berfungsi untuk mengaktifkan simulator *Air starting system* menjadi kondisi *Standby*.
 - Saklar *Pre-Starting* berfungsi untuk mengaktifkan simulator *Air starting system* menjadi kondisi *Pre-Starting*.
 - Saklar *Starting* berfungsi untuk mengaktifkan simulator *Air starting system* menjadi kondisi *Starting*.
 - *Starter control button* berfungsi untuk mengaktifkan lampu pada selang yang berada antara *Starter control button* dengan *Inlet piston port* dan *Outlet piston port* dengan *Relay valve* pada *Air starting system*.
- b. Pengujian simulator
- Pengujian simulator dilakukan untuk mengetahui apakah simulator dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan pada tiga kondisi yaitu saat kondisi *Standby*, kondisi *Pre-Starting* dan kondisi *Starting*. Berikut ini adalah hasil dari pengujian simulator.

- **Kondisi *Standby***

Pengujian ini dilakukan dengan mengoperasikan simulator *Air starting system* pada kondisi *Standby* dengan mengaktifkan saklar *power* terlebih dahulu, lalu dilanjutkan dengan mengaktifkan saklar *Standby*.

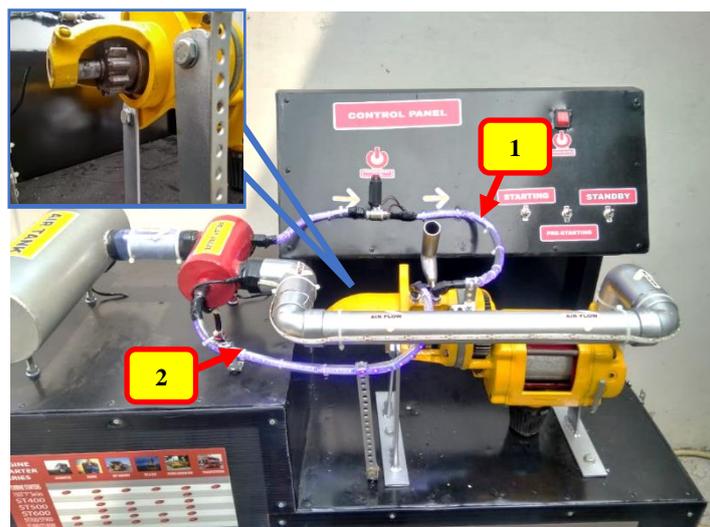


Gambar 6. *Air Starting system* kondisi *Standby*.

Hasil dari pengujian ini adalah lampu LED yang berada pada selang dari tangki menuju *Relay valve* (1) dan dari *relay valve* menuju *Starter control button* (2) menyala dengan sempurna sehingga proses kerja *Air starting system* pada kondisi *Standby* dapat terlihat.

- **Kondisi *Pre-Starting***

Pada pengujian ini simulator *Air starting system* yang sudah berada dalam kondisi *Standby* dioperasikan dengan mengaktifkan saklar *Starter control button*, lalu dilanjutkan dengan mengaktifkan saklar *Pre-Starting* serta mendorong tuas *piston* ke arah depan.



Gambar 7. Air Starting system kondisi Pre-Starting.

Hasil dari pengujian ini adalah lampu LED pada selang yang sudah menyala sampai *Starter control button* kemudian diteruskan dengan menyalanya lampu pada selang yang menuju *Inlet piston port* (1) sampai lampu yang berada pada selang *Outlet piston port* (2) dan *Pinion gear* sudah maju kearah depan. Pada kondisi ini proses kerja *Air starting system* pada posisi *Pre-Starting* dapat terlihat.

- Kondisi *Starting*

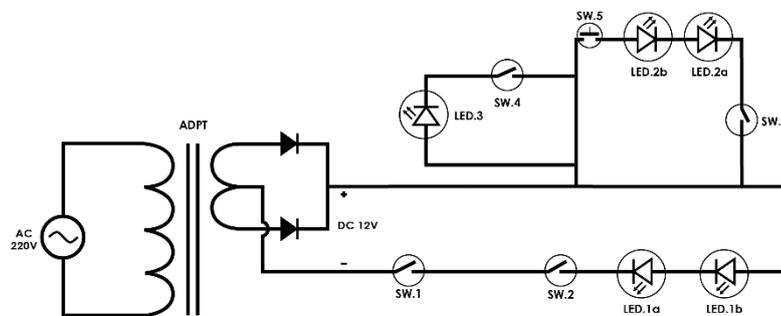
Pada pengujian ini simulator *Air starting system* yang sudah berada dalam kondisi *Pre-Starting* dioperasikan dengan mengaktifkan saklar *starting* dan memutar tuas pemutar pada *Air starting motor*.



Gambar 8. Air Starting system kondisi starting.

Hasil dari pengujian ini adalah lampu LED pada semua selang telah menyala dengan sempurna dan *Air Starting motor* dapat diputar dengan menggunakan tuas pemutar. Pada kondisi ini proses kerja *Air starting system* pada posisi *Starting* dapat terlihat.

- Penjelasan skematik rangkaian listrik pada simulator.



Keterangan :
AC 220V : Suplai arus AC 220V
ADPT : Adaptor
SW.1 : Saklar POWER
SW.2 : Saklar STAND BY
SW.3 : Saklar PRE-STARTING
SW.4 : Saklar STARTING
SW.5 : Starter Control Button
LED.1a : Lampu LED dari Air Supply Tank menuju Relay
LED.1b : Lampu LED dari Relay menuju Starter Control Button
LED.2a : Lampu LED dari Starter Control Button menuju Inlet Piston Port
LED.2b : Lampu LED Outlet Piston Port menuju Relay
LED.3 : Lampu LED dari Relay menuju Inlet Air Starting Motor Supply

Gambar 9. Skematik simulator *Air Starting System*.

Pada rangkaian simulator arus listrik mengalir dari sumber menuju *transformator* (1). Dari *Transformator* tegangan listrik yang akan masuk ke dalam rangkaian diperkecil. Setelah melewati *Transformator* arus listrik positif akan dialirkan menuju rangkaian lampu LED. Sedangkan arus listrik negatif akan dialirkan menuju Saklar *Power* (SW.1). Saklar ini adalah saklar pengaman pada rangkaian. setelah melewati saklar *Power* aliran listrik negatif akan dialirkan menuju saklar *Standby* (SW.2), saklar *Pre-Starting* (SW.3) dan sampai dengan saklar *Starting* (SW.4).

- c. Cara kerja simulator dan cara pengoperasian.
Simulator *AirsStarting system* bekerja dengan memanfaatkan energi listrik untuk menyalakan lampu LED untuk menggambarkan aliran udara yang mengalir pada *Air starting system* dan putaran mekanik untuk Menggambarkan cara kerja *Air starting motor*. Simulator ini bekerja ketika saklar *Power* diaktifkan lalu dengan menekan saklar *Standby*, saklar *Pre-Starting* dan saklar *Starting* sesuai dengan petunjuk pengoperasian.

Berikut ini *Standard Operation Procedure* untuk Simulator cara kerja *Air starting system*.

- Tahap persiapan
 1. Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti: *Safety Shoes*, *Safety Helmet*, *Safety Glass*, dan baju kerja.
 2. Pemeriksaan kelengkapan komponen simulator dan juga rangkaian listrik.
 3. Menghidupkan simulator dengan menghubungkan *stop* kontak ke sumber listrik. Setelah itu mengaktifkan saklar *Power* pada panel utama.
- Tahap Menjalankan Simulator
Setelah mengaktifkan saklar *Power* pada panel utama, langkah selanjutnya adalah menjalankan simulator dengan mengaktifkan *Condition switch* yang berada pada panel indikator yaitu saklar *Standby*, saklar *Pre-Starting* dan saklar *Starting* dengan mengikuti petunjuk penggunaan untuk menjalankan simulator.
- Tahap mematikan simulator
Ketika telah selesai menggunakan simulator, langkah yang dilakukan untuk mematikan simulator *Air starting system* adalah pastikan terlebih dahulu *Condition switch* yaitu saklar *Standby*, saklar *Pre-Starting* dan saklar *Starting* dalam posisi *off*. Setelah itu arahkan saklar *Power* pada simulator menuju *Off*. Setelah itu dorong *Pinion gear* menuju kedalam atau menuju posisi awal. Lalu lepaskan steker dari *stop* kontak dan simulator telah dimatikan.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

- a. Proses pembuatan simulator *Air starting* dilakukan dengan beberapa tahap yaitu tahap mendesain simulator, tahap pembuatan meja dan komponrn simulator, tahap pengecatan, dan tahap perakitan.
- b. Komponen *Air starting system* tipe *Vane motor* yaitu tangki udara, *Relay valve*, *Starter control button*, selang dan pipa udara, *Air starting motor*.
- c. Proses kerja *Air starting system* tipe *Vane motor* terbagi menjadi tiga kondisi yaitu kondisi *Standby*, *Pre-Starting*, dan *Starting*. Secara keseluruhan cara kerja *Air starting system* memanfaatkan udara bertekanan dari tangki yang alirnya diatur oleh *Relay valve*. Udara bertekanan nantinya akan menuju *Inlet Air Starting Motor* dan dimanfaatkan untuk mendorong *Sliding vanes* pada *rotor* sehingga dapat berputar. Pada kondisi ini *Air starting motor* dapat menggerakkan *Flywheel*.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam proses penelitian ini yaitu PT Cahaya Las dan PT Sinar Mas Teknik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Aditya, D., Data dan metode pengumpulan data penelitian, Surakarta, 2013.
- [2]. Caterpillar, *Application and Installation guide "Starting System"*. USA. 2014.
- [3]. Caterpillar, *System Operation:"3408B and 3412 Generator set Engines"Starting System"*, USA. 2001.
- [4]. Caterpillar, *System Operation:"3500C Marine Engines"Air Starting System"*, USA. 2009.
- [5]. Chen,Wen-Hsiu, *Investigation of a Best Maintenance Strategy Toward Extending the Service Life of the Air Starting Motor*, China, 2006.
- [6]. Hasan, M. Iqbal,Pokok Pokok Materi : Teori Pengambilan Keputusan, Ghalia Indonesia , Jakarta, 2002.
- [7]. Heard, S. *Heavy Duty Equipment Technology: A systems Approach*, Canada, 2016.
- [8]. Ingersoll Rand, *Starting System*, USA, 2013.
- [9]. IPU Group, "Engine Starting" http://www.ipu_starting.com/products/airstarters, 1 April 2018.
- [10]. J. Kakiay, Thomas, Pengantar Sistem Simulasi. Andi Offset. Yogyakarta, 2004.
- [11]. KH Equipment, "Austart Turbine Starting", <http://www.khequipment.com.au/11/austart-turbine-starting> 16 Februari 2018.
- [12]. Nurcahyo,A. "simulator penanganan Pre-order dan penjadwalan job untuk pembelajaran sistem manufaktur make to order" pada Tugas Akhir ITENAS, Bandung, 2010.
- [13]. Siagian, P.,Penelitian Operasional : Teori dan Praktek. Universitas Indonesia Press, Jakarta, 1987.
- [14]. Sugiyono, Statistika untuk Penelitian, Bandung, Alfabeta, 2012
- [15]. TDI Tech Development. TDI Turbo Twin *air starter for Oil and Gas Applications*, USA, 2006.
- [16]. Training Center, *Electric and Electronic*, Bogor: Trakindo Utama, 2010.
- [17]. U.S.NRC, *Emergency Diesel Generator: Diesel engine starting system*, USA, 1992.

Efektivitas Media Pembelajaran Piston Pump Hydraulic di Workshop Alat Berat

Marlyn Nadira Stephanie¹ ; Abiman Muhammad²; Ikhrar Damai Tullah³; Josua Hamonangan Silaban⁴; Imam Wahyudi⁵.

Program Studi Teknik Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof Dr.G.A.Siwabessy,Kampus UI,Depok 16425
marlyn_ananda@yahoo.com

Abstrak

Dalam dunia pendidikan, proses belajar mengajar tidak akan efektif jika mengandalkan teori saja, tetapi juga dibutuhkan adanya praktik. Untuk mendukung pemahaman mahasiswa dalam praktik tentang apa yang dipelajarinya, maka dibutuhkan media pembelajaran yang mendukung dengan jenis penelitian kualitatif deskriptif, di mana peneliti ingin mengetahui sejauh mana efektivitas penggunaan media piston pump hydraulic di workshop Alat Berat. Adanya penggunaan media pembelajaran dapat memengaruhi cara belajar dan berpikir mahasiswa mengenai sesuatu yang baru khususnya dalam pembelajaran mata kuliah hydraulic system dan diharapkan dapat meningkatkan hasil pembelajaran yang lebih baik agar mahasiswa lebih memahami apa yang dipelajarinya. Di program studi alat berat, media sangat mendukung dalam memperkenalkan cara kerja suatu sistem atau komponen-komponen bagi mahasiswa yang sedang mempelajari hydraulic system khususnya piston pump hydraulic. Namun, dikarenakan minimnya media pembelajaran, mahasiswa yang sedang mempelajarinya kurang memahami prinsip kerja dari sistem tersebut sehingga hasil dari pembelajaran menjadi tidak efektif. Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah (1) bagaimana membuat media pembelajaran piston pump hydraulic, (2) bagaimana efektivitas simulator piston pump hydraulic sebagai media pembelajaran. Tahap pertama yang digunakan adalah mempelajari studi pustaka dan observasi langsung ke lokasi awal untuk mengetahui kondisi pembelajaran di workshop Alat Berat sehingga peneliti dapat menyimpulkan media apa yang diperlukan dalam proses belajar mengajar. Tahap kedua adalah membuat media berupa simulator piston pump hydraulic yang sudah didesain dan modifikasi dengan tambahan menggunakan multimedia yang mendukung untuk menampilkan animasi cara kerja dari piston pump hydraulic, sehingga dapat dipahami dengan baik oleh mahasiswa alat berat yang sedang belajar dari teori maupun praktik khususnya di mata kuliah hydraulic system. Tahap ketiga adalah uji coba alat yang meliputi tes penggunaan media di hadapan mahasiswa semester dua dan dilakukan pengumpulan data dengan memberikan kuesioner yang bertujuan untuk melihat dan menilai bagaimana media yang telah dibuat dapat membantu proses belajar mengajar di workshop Alat Berat. Dengan melakukan penelitian ini dapat menilai bagaimana efektivitas penggunaan media dalam kegiatan proses belajar mengajar di dalam mata kuliah hydraulic system khususnya piston pump hydraulic.

Kata kunci: Efektivitas, Media Pembelajaran, Piston Pump Hydraulic.

Abstract

In the world of education, the process of studying and teaching will not be effective if we only rely on theory, but we also need practice. To support the understanding of the students in the practice of what they are learning, we need a learning media that can support the kind of descriptive qualitative research, where the researcher wants to know how effective is the use of piston pump hydraulic media in Heavy Equipment workshop. The use of learning media can affect the way students study and think of new things especially in the study of the subject of hydraulic system and hopefully can improve the results of learning so that students can better understand what they learned. In the study of heavy equipment, a media is really helpful in the introduction of how a system works or its components for the students especially the piston pump hydraulic. But, because of the limited amount of learning media, students who are learning it (hydraulic piston pump) don't understand very well the work principles of that system and makes the result of learning ineffective. The problems studied in this research are (1) how to make a learning media of hydraulic piston pump, (2) how effective is the hydraulic piston pump simulator as learning media. The first step used is to study literature and observe directly in the first location to know the study condition in the heavy equipment workshop, so that researchers can summarize what media is needed in the process of studying and learning. The second step is to make a media in the form of a Hydraulic piston pump Simulator, which is designed and modiflicated by adding the use of multimedia that supports the display of an animation of how hydraulic piston pump works so that it can be understood well by the students of heavy equipment that are studying from theory or practice, especially in the subject of Hydraulic system. The third step is the tool test that include the media usage test in front of second semester students and by doing a data accumulation by giving a questionnaire to observe and judge how the media is able help the process studying and teaching the heavy equipment workshop. By doing this research the effectiveness of the use of media in the process of studying and learning of the Hydraulic system subject especially hydraulic piston pump can be valued.

Key Word: Effectiveness, Instructional Media , Piston Pump Hydraulic

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Di era modern ini, penggunaan alat berat sangat penting sekali untuk membantu pekerjaan manusia khususnya dibidang konstruksi dan pertambangan. Alat berat merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan dan pertambangan. Tujuan dari penggunaan alat berat adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat. Alat berat terdiri dari lima system yaitu fuel system, starting and charging system, intake dan exhaust system, lubrication system, dan hydraulic system.

Hydraulic system adalah sebuah sistem untuk mentransfer dan mengontrol tenaga dengan menggunakan cairan atau fluida sehingga memungkinkan untuk mengubah gaya yang relatif kecil menjadi gaya yang sangat besar[1]. Alat berat juga menggunakan sistem hidrolik yang merupakan salah satu sistem terpenting dalam operasional kerja alat berat seperti unit excavator, wheel loader, track type tractor. Hydraulic system tersusun dari beberapa komponen-komponen yaitu hydraulic tank, hydraulic fluida, hydraulic oil filter, hydraulic pump, directional control valve, line, hydraulic cylinder, dan hydraulic oil cooler.

Pompa hidrolik adalah mengubah energi mekanis menjadi energi hidrolik. Peralatan ini mengambil energi dari sebuah sumber (seperti engine, electric motor, dan lain-lain) dan mengubahnya menjadi bentuk energi hidrolik. Fungsi pompa kemudian menyuplai aliran oil yang memadai ke sistem hidrolik supaya sirkuit dapat beroperasi dengan kecepatan normalnya. Pompa umumnya dibedakan menjadi 2 jenis yaitu positive displacement dan non- positive displacement. Pompa terdapat berbagai jenis seperti piston pump, gear pump, dan vane pump.

Selama penulis mengikuti kegiatan belajar di program studi alat berat Politeknik Negeri Jakarta. Penulis sering mendapatkan tugas mengenai hydraulic system khususnya di hydraulic pump. Tetapi, penulis merasa kurang memahami di bagian piston pump hydraulic. Karena terbatasnya media pembelajaran mengenai piston pump hydraulic di gedung alat berat, sehingga teori mengenai cara kerja piston pump tidak dapat dipahami dengan benar. Media pembelajaran sangat dibutuhkan untuk pemahaman mahasiswa, karena tidak semua teori yang diajarkan oleh pengajar dapat dipahami semuanya oleh mahasiswa jika tidak melihat langsung komponen atau menggunakan media tersebut. Hasil penelitian Bobbi De Porter(dalam Wahyudi 2013) mengungkapkan manusia dapat menyerap suatu materi sebanyak 70 Persen dari apa yang dilakukan 50 Persen dari apa yang didengar dan dilihatnya, dari Informasi yang 20 Persen dan dari yang dibaca hanya 10 Persen.

Dengan adanya media dapat menyampaikan informasi mengenai fungsi dan cara kerja komponen tersebut. Supaya proses kegiatan belajar mengajar dalam hydraulic khususnya piston pump dapat dimengerti baik oleh mahasiswa program studi teknik alat berat. Maka penulis merasa perlu menyalurkan gagasan pengembangan media ke dalam penelitian yang berjudul “Efektivitas Media Pembelajaran Piston Pump Hydraulic di Workshop Alat Berat”. Dengan adanya pengembangan media pembelajaran piston pump hydraulic diharapkan mempermudah kegiatan proses belajar mengajar bagi mahasiswa program studi teknik alat berat dalam memahami cara kerja piston pump hydraulic dalam mata kuliah hydraulic system.

2. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, maka pembuatan simulator ini memiliki tujuan sebagai berikut:

- a. Membantu proses pembelajaran mata kuliah hydraulic system khususnya piston pump.
- b. Mempermudah pemahaman mahasiswa mengenai cara kerja piston pump hydraulic dan meningkatkan keahlian mengenai piston pump hydraulic.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Program studi alat berat politeknik negeri jakarta jenis penelitian menggunakan penelitian deskriptif kualitatif dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Mencari informasi mengenai apa yang dapat diangkat menjadi tugas akhir pada program studi teknik alat berat terutama dapat membantu mahasiswa dalam melakukan kegiatan belajar mengajar di program studi teknik alat berat politeknik negeri jakarta. sehingga masalah yang ada dapat diatasi.

2. Menentukan Judul Tugas Akhir

Setelah ditemukan informasi mengenai apa yang diperlukan diprogram studi teknik alat berat selanjutnya adalah menentukan judul tugas akhir yang tepat. sehingga hasil yang didapatkan dapat membantu mengatasi masalah tersebut, guna meningkatkan ilmu bagi mahasiswa program studi teknik alat berat.

3. Studi Literatur

Dalam penelitian ini langkah selanjutnya adalah mencari dan mengumpulkan data untuk mendukung penelitian ini. pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan dua cara yaitu:

- a. Studi literature, yaitu dengan mengumpulkan berbagai informasi yang menunjang penelitian seperti manual book, buku, jurnal dan lainnya.
- b. Survey langsung kelapangan untuk mengetahui bentuk dan juga ketersediaan maupun harga barang yang penulis butuhkan untuk keperluan keefektivitas dari media pembelajaran piston pump di mata kuliah hydraulic system.
Lalu langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mengolah data data yang penulis dapatkan. pengolahan data dilakukan dengan mengikuti langkah berikut:
 - 1) Mempelajari data-data yang berhubungan dengan penelitian ini sedetailnya.
 - 2) Memasukan data kedalam beberapa kelompok dengan memberikan identitas pada setiap data.
 - 3) Penyusunan data menjadi informasi agar mudah dipahami mahasiswa.

Setelah semua data menjadi informasi dan dapat digunakan langkah selanjutnya adalah menentukan konsep dasar media pembelajaran piston pump hydraulic. Setelah menentukan konsep dasar dan tujuan, langkah selanjutnya adalah mempersiapkan daftar alat dan bahan yang dibutuhkan. Alat-alat yang Penulis butuhkan adalah sebagai berikut:

- a. Alat Pelindung Diri (Wearpack, Safety Glasses, Safety Gloves, dan Safety Shoes)
- b. Literatur atau buku panduan lainnya
- c. Gerinda
- d. Amplas
- e. Tool Box

Bahan yang diperlukan:

- a. Piston Pump Hydraulic
- b. Bearing
- c. Paint Gun dan Cat Besi
- d. Plat Besi
- e. Tuas Pemutar
- f. Batang Besi dan Plat

4. Membuat Alat Simulator

- a. Tahap awal adalah membuat desain simulator piston pump hydraulic dengan menggunakan software Solidwork. Komponen-komponen yang penulis desain adalah piston pump yang sudah di modifikasi beserta dengan stand dan tuas.
- b. Tahap kedua adalah membuat stand untuk menopang simulator piston pump hydraulic. Bahan yang penulis gunakan adalah besi hollo dengan ketebalan 3mm dengan panjang 30 cm sebanyak empat buah yang sudah dipotong dan sebuah plat baja berbentuk persegi dengan ukuran 4 x 8mm. Lalu dilakukan welding supaya plat baja dan 4 buah besi hollo terhubung dan siap digunakan menjadi stand sebagai tempat penyangga piston pump.
- c. Setelah dibuat stand maka langkah ketiga adalah modifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah memotong sisi samping housing piston pump yang sudah ada dan komponen lainnya seperti barell. Pemotongan ini bertujuan agar komponen-komponen didalam dapat terlihat seutuhnya.
- d. Tahap keempat adalah melakukan pemasangan handle (tuas pemutar) dengan piston pump yang dihubungkan melalui shaft yang sudah terpasang bearing. Tujuan pemasangan ini adalah supaya komponen-komponen didalam piston pump dapat digerakan sehingga prose kerjanya pun dapat dilihat dengan seksama.
- e. Tahap kelima adalah melakukan painting pada piston pump hydraulic yang bertujuan untuk memberikan tanda berupa warna sebagai alur flow kerja dari simulator piston pump hydraulic.
- f. Tahap keenam adalah menambahkan animasi cara kerja piston pump hydraulic dengan menggunakan media yang mendukung simulator piston pump. Sehingga, mahasiswa dapat memahami cara kerja dari piston pump tersebut.

5. Ujicoba Alat

Setelah dibuat alat simulator piston pump hydraulic maka langkah selanjutnya adalah ujicoba media pembelajaran, ujicoba ini dilakukan untuk memastikan kerja simulator. Pengujian cara kerja komponen alat simulator yang telah terpasang ini dilakukan dengan cara memutar simulator dengan menggunakan Handle. Pengujian ini dilakukan agar mengetahui apakah komponen didalam simulator ini:

- a. Bekerja dengan baik atau tidak.
- b. Menimbulkan bunyi kasar atau tidak. (Jika didapati kendala dan masalah didalam pengujian simulator maka peneliti akan mengambil langkah perbaikan. Tetapi jika simulator bekerja dengan baik maka simulator ini siap digunakan).

6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data digunakan untuk mengumpulkan data penelitian, agar memperoleh data-data yang diinginkan sesuai dengan tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner (angket), dan observasi (pengamatan).

a. Kuesioner (Angket)

Sugiyono (2013), menyebutkan “kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. Melalui kuesioner ini diharapkan dapat mengumpulkan data mengenai kelayakan dan kesesuaian model simulator piston pump hydraulic diworkshop alat berat. Responden dalam hal ini ditunjukkan kepada mahasiswa program studi alat berat. Metode yang digunakan adalah metode skala Likert. Skala Likert adalah skala penelitian yang digunakan untuk mengukur sikap dan pendapat. Dengan skala likert, responden diminta

untuk melengkapi kuesioner yang mengharuskan mereka untuk menunjukkan tingkat persetujuannya terhadap serangkaian pertanyaan.

b. Metode Observasi dan Wawancara

Observasi atau yang disebut pula dengan pengamatan, meliputi kegiatan pemuatan perhatian terhadap sesuatu objek dengan menggunakan seluruh alat indra. Suharsimi arikunto (Chandra dkk).

Wawancara dilakukan bersamaan dengan kegiatan observasi awal dan pengisian kuesioner oleh mahasiswa program studi alat berat. Teknik Analisis Data. Setelah data diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data. Hasil kuesioner yang telah diberikan kepada mahasiswa program studi teknik alat berat diolah menjadi diagram batang.

Skala likert digunakan Untuk menterjemahkan hasil dengan analisis interval. Agar dapat dihitung dalam bentuk kuantitatif, jawaban-jawaban dari responden tersebut dapat diberi bobot nilai atau skor likert seperti dibawah ini:

No	Kode	Keterangan	Nilai
1	STS	Sangat Tidak Setuju	1
2	TS	Tidak Setuju	2
3	R	Ragu-ragu	3
4	S	Setuju	4
5	SS	Sangat Setuju	5

Tabel.1 Keterangan Skala Likert 1

Skor maksimum = Jumlah responden x skor tertinggi likert
Skor minimum = Jumlah responden x skor terendah likert
Indeks (%) = $(\text{Total Skor} / \text{Skor Maksimum}) \times \text{jumlah Responden}$

Interval penilaian untuk mengelompokkan berdasarkan nilai indeks yang didapat adalah:

Indeks 0% - 19,99% : Sangat Tidak Setuju
Indeks 20% - 39,99% : Tidak Setuju
Indeks 40% - 59,99% : Ragu-ragu
Indeks 60% - 79,99% : Setuju
Indeks 80% - 100% : Sangat Setuju [5]

7. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Gedung Workshop Teknik Alat Berat dan dilaksanakan selama 2 Bulan, dari Bulan Mei Sampai dengan Juni 2018.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil



Gambar.1 Simulator Piston Pump 1

Penelitian ini menghasilkan sebuah model simulator piston pump hydraulic yang sudah dimodifikasi. Model simulator ini mempunyai 5 komponen utama yaitu head, housing, shaft, piston, port plate, barrel, dan swash plate. Penggerak pada simulator ini menggunakan handle, handle ini akan memutar shaft sehingga piston didalam akan ikut berputar. Piston-piston bergerak maju dan mundur dengan jalur yang berdekatan dan parallel terhadap titik sumbu shaft. Adapun sudut swashplate mengontrol jarak gerakan maju dan mundur piston di lubang barrel. Semakin besar sudut swashplatennya maka semakin besar output pompa setiap putarannya.

2. Pembahasan

2.1. Penjelasan Warna pada Simulator Piston Pump.



Gambar.2 Keterangan Warna pada simulator 1

Keterangan warna pada model simulator :

- a. Warna kuning merupakan komponen Housing dan Shaft.

- b. Warna biru merupakan Stand,swashplate dan inlet pada Simulator Piston Pump.
- c. Warna merah merupakan Barrel dan outlet pada Simulator Piston Pump.

Dari Gambar yang diatas paling kiri merupakan gambar yang diambil dari sisi kiri Simulator. Disisi kiri simulator merupakan Inlet (IN) yang fungsinya sebagai saluran masuk fluida ke piston pump yang ditandakan dengan warna biru, sedangkan Outlet (OUT) fungsinya sebagai saluran keluar fluida dari piston pump yang ditandakan dengan warna merah.

2.2. Pengujian pada Simulator Piston Pump.

Pengujian ini dilakukan untuk melihat media piston pump hydraulic bisa digunakan dengan melibatkan mahasiswa teknik alat berat .sample yang dipilih secara acak dengan metode proposional random sampling. Hasil pengujian akan menentukan keefektifan media yang telah dibuat

Hasil angket yang telah di sebar menunjukkan bahwa persentase mahasiswa yang menjawab sangat setuju, setuju, ragu ragu, tidak setuju, sangat tidak setuju menunjukkan hasil media tersebut digunakan. Tahap – tahapan yang penulis lakukan adalah:

Pada pertemuan pertama, Pelaksanaan pengujian ini dilakukan di kelas 2P, Pengujian ini dilakukan Tanggal 06 Juni 2018. Adapun Tahap-tahapan yang penulis lakukan adalah:

- a. Perkenalan dan Pembagian Kuesioner



Gambar.3 Pembagian Kuesioner 1

Tahap pertama yang dilakukan penulis adalah memperkenalkan anggota tim kepada Responden dan membagikan kuesioner untuk meminta pendapat responden mengenai penelitian yang penulis sedang lakukan.

- b. Pengarahan dan Presentasi di depan Responden





Gambar.4 Pengarahan dan Presentasi 1

Tahap Kedua yang dilakukan Penulis adalah memberi pengarahan dalam pengisian kuesioner yang meliputi pengisian Identitas mahasiswa dan keterangan yang ada di dalam kuesioner dan memulai presentasi. Presentasi yang dilakukan adalah dengan menampilkan Animasi dari cara kerja piston pump hydraulic dan menjelaskannya selama 10 Menit dengan menggunakan Laptop beserta LCD Proyektor, sehingga mempermudah pemahaman responden terhadap prinsip kerja dari piston pump hydraulic.

c. Penjelasan Cara kerja dengan media Simulator



Gambar.5 Penjelasan dengan Simulator 1

Dalam tahap ini, setelah dilakukan presentasi Penulis bertanya jawab dengan responden yang mengenai piston pump hydraulic. Penulis mengajak responden untuk melihat simulator yang sudah dibuat dengan menjelaskan letak komponen dan cara kerja dari

piston pump hydraulic maupun pertanyaan yang penulis ajukan terhadap responden. Pada gambar diatas ini, beberapa responden terlihat antusias dalam melihat dan menanyakan sesuatu tentang simulator piston pump hydraulic.

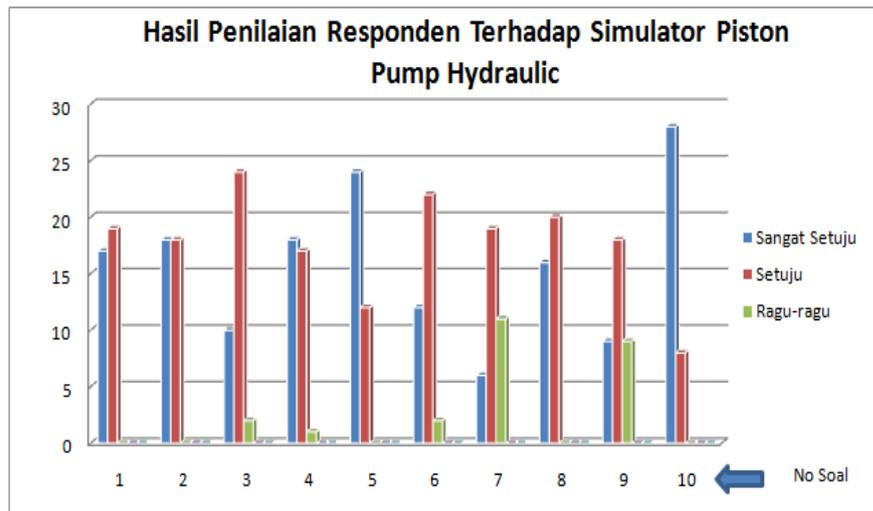
d. Pengisian Kuesioner



Gambar.6 Pengisian Kuesioner 1

Tahap Keempat adalah pengisian kuesioner, Didalam tahapan ini setelah dilakukan presentasi dan penjelasan dengan menggunakan simulator, Maka responden diminta mengisi lembar kuesioner didalam kolom yang sudah disediakan sesuai dengan keterangan yang ada di lembar kuesioner dan fakta yang responden terima dari kegiatan tersebut.

2.3. Analisis Data



Gambar.7 Hasil Perhitungan Data 1

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa 24 dari 36 responden sangat setuju dengan adanya media pembelajaran berupa simulator yang bisa dibawa keruang kelas, Pernyataan ini didasarkan nomor soal 5 dengan keterangan “Model simulator Pump Hydraulic mudah dibawa keruangan kelas dan didalam workshop”, Beserta juga yang menjawab nomor soal 10 dengan keterangan “Model Simulator Piston Pump Hydraulic layak digunakan sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Hydraulic System”.sebanyak 28 dari 36 Responden. Tetapi, Peneliti melihat bahwa responden masih ragu-ragu dalam menyisihkan waktu untuk menyiapkan simulator sebagai keperluan belajar yang mengenai dengan materi piston pump hydraulic,

Pernyataan ini berdasarkan jawaban responden di nomor 7 dengan keterangan ” Dengan adanya Simulator piston pump membuat anda menyisihkan waktu untuk menyiapkan keperluan belajar yang mengenai piston pump hydraulic”.

IV. KESIMPULAN

berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, maka didapatkan kesimpulan, yaitu :

- a. Dengan dibuatnya model simulator piston pump hydraulic. Maka simulator ini dapat menjelaskan dan mempermudah pemahaman mengenai cara kerja piston pump kepada mahasiswa program studi teknik alat berat.
- b. Adanya media pembelajaran berupa simulator piston pump hydraulic diworkshop teknik alat berat yaitu cukup efektif. Karena kriteria pembelajarannya sudah terpenuhi dan dari hasil kuesioner yang diberikan ke mahasiwa program studi teknik alat berat menunjukkan bahwa simulator ini dibutuhkan dan layak digunakan diworkshop alat berat sebagai media pembelajaran dalam mata kuliah hydraulic system.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caterpillar Of Australia. (2003). "Dasar-dasar Hidrolik". Victoria: Asia Pacific Learning 1 Caterpillar.
- [2] Chandra Agustian, Ian Luri dan Rivo Ma`ruf. 2014. “Pembuatan Model Simulator Torque Divider untuk Media Pembelajaran di Workshop Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta” (Tugas Akhir DIII). Depok: Politeknik Negeri Jakarta.
- [3] Sugiyono, 2013. “Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D”. Bandung: Alfabeta.
- [4] Wahyudi I, 2013.”Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Courselab Pada Prinsip Kerja Engine Bidang Keahlian Kendaraan Ringan SMK Darussalam Makasar”. (Tesis).Universitas Negeri Makasar.
- [5] “Pengertian Skala Likert”.
From <https://teknikelektronika.com/pengertian-skala-likert-likert-scale-menggunakan-skala-likert/> Diakses 28 Mei 2018.

Optimalisasi Simulator *Fundamental Hydraulic* di *Workshop* Teknik Alat Berat

Yogi Julianto; Arif Anggara Putra; Azwardi;
Teknik Alat Berat, Politeknik Negeri Jakarta,
Program Studi Teknik Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
masyogi27@gmail.com

Abstrak

Hydraulic merupakan sebuah sistem yang menggunakan media zat cair berupa fluida atau oli untuk menghasilkan tekanan, yang digunakan untuk implement, steering system, breaking system, dan power train system. Prinsip dari peralatan hidrolis memanfaatkan konsep tekanan, yaitu tekanan yang diberikan pada salah satu silinder akan diteruskan ke silinder yang lain. Sistem *hydraulic* ini memiliki rangkaian untuk meneruskan fluida bertekanan, ada beberapa tipe rangkaian, diantaranya yaitu parallel, series dan kombinasi. Tugas akhir ini untuk membuat simulator *fundamental hydraulic* sebagai media pembelajaran. dikarenakan belum adanya media pembelajaran yang memudahkan mahasiswa untuk mempelajari mata kuliah *hydraulic*. Simulator ini memanfaatkan pompa *hydraulic* yang ada di *workshop* Teknik Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta, simulator menggunakan 3 (tiga) buah *cylinder hydraulic* sebagai medianya dan menggunakan hose sebagai media fluida dengan menggunakan satu input dan satu output sehingga memudahkan rangkaian parallel, series dan kombinasi. Input didapat dari pompa *hydraulic* yang bekerja dengan cara menghisap oli dari tangki hidraulik dan mendorongnya kedalam sistem hidraulik dalam bentuk aliran (flow). Aliran ini yang dimanfaatkan dengan cara merubahnya menjadi tekanan. Tekanan dihasilkan dengan cara menghambat aliran oli dalam sistem hidraulik. Sedangkan outputnya dapat mengetahui cycle time dari pergerakan *cylinder hydraulic*. Rangkaian ini mudah untuk di remove dan install, sehingga penggunaanya bisa merubah rangkaian sesuai kebutuhan. Hasil yang akan didapatkan dari tugas akhir ini adalah simulator sebagai media pembelajaran dasar *hydraulic* dan perbandingan atau perhitungan waktu ketika *cylinder hydraulic* mencapai titik maksimal saat menggunakan rangkain parallel, series maupun kombinasi. Dengan adanya simulator *fundamental hydraulic* ini mahasiswa dapat lebih mudah memahami materi tentang *fundamental hydraulic*.

Kata kunci : *cylinder hydraulic*, simulator, rangkaian, *fundamental hydraulic*.

Abstract

Hydraulic is a system that uses liquid media in the form of fluid or oil to produce pressure, which is used for the implementation, steering system, breaking system, and power train system. The principle of hydraulic equipment utilizes the concept of pressure, ie the pressure applied to one of the cylinders is passed to the other cylinder. This hydraulic system has a series to continue the pressurized fluid, there are several types of circuits, including parallel, series and combination. This final project is to create a hydraulic fundamental simulator as a learning medium. due to the lack of learning media that allows students to study hydraulic courses. The simulator utilizes the existing hydraulic pumps at the Jakarta Polytechnic Heavy Equipment Engineering workshop, the simulator uses 3 (three) hydraulic cylinders as its medium and uses the hose as a fluid medium using one input and one output to facilitate parallel, series and combination. Input is obtained from a hydraulic pump that works by sucking oil from the hydraulic tank and pushing it into the hydraulic system in the form of flow (flow). This flow is exploited by turning it into pressure. The pressure is generated by inhibiting the flow of oil in the hydraulic system. While the output can know the cycle time of the movement of hydraulic cylinder. This series is easy to remove and install, so that users can change the circuit as needed. The results of this final project are simulators as basic hydraulic learning medium and comparison or time calculation when the hydraulic cylinder reaches the maximal point when using parallel, series or combination sequences. With this fundamental hydraulic simulator, students can more easily understand the material about hydraulic fundamentals.

Key Word : *cylinder hydraulic*, simulator, circuit, *fundamental hydraulic*.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Politeknik Negeri Jakarta adalah suatu perguruan tinggi vokasi. Kurikulum yang diterapkan adalah kurikulum yang telah disesuaikan untuk pendidikan vokasi. Kurikulum yang diterapkan cenderung lebih besar kearah praktik, namun juga tidak meninggalkan teori agar pemahaman mahasiswa sesuai dengan kebutuhan industri.

Politeknik Negeri Jakarta memiliki beberapa program studi salah satunya adalah program studi D3 Teknik Alat Berat, jurusan Teknik Mesin. Program studi teknik alat berat ini mempelajari bagaimana sistem kerja unit alat berat, perawatan dan perbaikan unit alat berat. Untuk menunjang materi tersebut ada mata kuliah yang berhubungan langsung dengan unit alat berat, salah satunya *fundamental hydraulic*.

Sistem hidrolik mempunyai peran sangat penting dalam operasi alat berat. Prinsip-prinsip dasar hidrolik digunakan ketika merancang dan mengoperasikan sistem hidrolik untuk *implement, steering system, breaking system, dan power train system*. Prinsip-prinsip hidrolik berlaku ketika menggunakan cairan yang bertekanan untuk melakukan kerja. Rangkaian yang digunakan untuk meneruskan fluida yang bertekanan ada beberapa tipe diantaranya yaitu *parallel, series*, dan kombinasi.

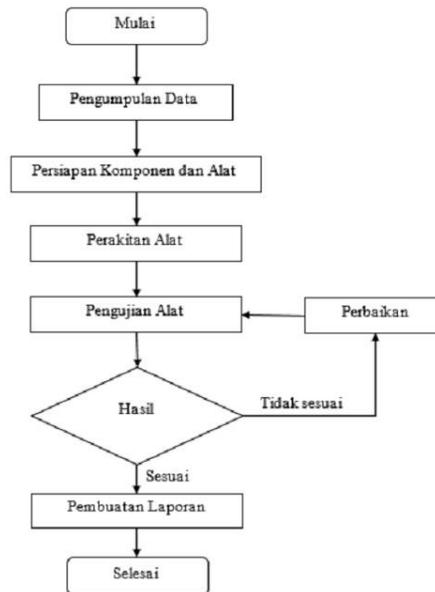
Untuk menunjang perkuliahan di program studi Teknik Alat Berat terutama di mata kuliah *hydarulic*, diperlukan suatu bahan atau simulator sebagai media pembelajaran agar mahasiswa bisa memahami secara langsung apa yang dipelajari selama di dalam kelas. Belum adanya media penunjang pembelajaran tentang sistem dasar hidrolik, dengan mengoptimalkan pompa *hydraulic* yang ada di *workshop* alat berat, maka kami mengangkat tugas akhir dengan judul “Optimalisasi Simulator *Fundamental Hydarulic* di *Workshop* Teknik Alat Berat”.

Tujuan

1. Membuat simulator rangkain *hydraulic* dengan posisi *series, parallel* dan gabungan.
2. Menggunakan *cylinder hydraulic actuator* sebagai media penggerak untuk rangkaian *series, parallel*, dan gabungan.
3. Mengoptimalkan penggunaan pompa *hydraulic* yang ada di *workshop* teknik alat berat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Flowchart



Gambar.1 flowchart

2.2 Penjabaran Alur Kerja

2.2.1 Pengumpulan Data.

Langkah pertama yang dipersiapkan adalah pengumpulan data diantaranya jurnal artikel dan materi tentang *hydraulic*, dan juga mendata komponen dari pompa *hydraulic*, *hose*, *nipple*, *fitting*. Pengambilan data tersebut meliputi spesifikasi, dan kondisi visual dari pompa yang ada di *workshop* alat berat, dan pendataan komponen yang dibutuhkan untuk pembuatan simulator *fundamental hydraulic*.

2.2.2 Persiapan Komponen dan Alat.

Setelah dilakukan pendataan langkah selanjutnya adalah pengumpulan komponen yang dibutuhkan, komponen yang dibutuhkan yaitu : *cylinder hydraulic*, *nipple*, *fitting*, *hose* dan meja kerja untuk peletakan simulator.

2.2.3 Perakitan Alat

Setelah semua data dan komponen yang dibutuhkan telah terkumpul maka langkah selanjutnya adalah proses perakitan alat. Proses pembuatan ini meliputi penyesuaian *nipple* yang terdapat pada *cylinder hydraulic* dan pompa dan pemasangan rangkaian *parallel*, *series* dan kombinasi.

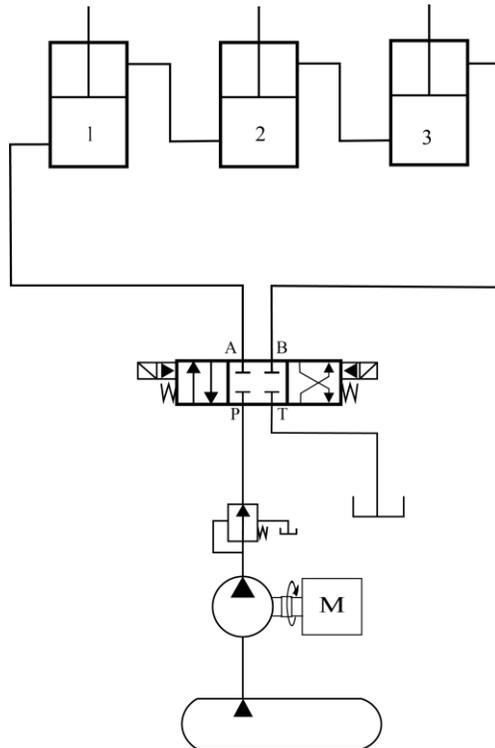
2.2.4 Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan untuk menguji simulator rangkaian *fundamental hydraulic*, apakah sudah bekerja secara optimal atau masih diperlukan perbaikan, jika simulator sudah bekerja secara optimal maka masuk ke tahap selanjutnya, dan jika simulator tidak bekerja atau ada masalah maka akan dilakukan perbaikan.

2.2.5 Pembuatan Laporan

Setelah rangkaian alat bekerja secara optimal, maka tahap selanjutnya yaitu pembuatan laporan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
3.1 Hasil Uji Rangkain *Series*



Gambar.2 Skematik Rangkain *Series*

Hasil uji dari rangkaian *series* pada aliran *hydraulic* dengan menggunakan pompa *hydraulic* yang ada di *workshop* teknik alat berat, hasil yang di dapat ketika DCV posisi normal, *input* dari port P ke port A masuk ke *cylinder hydraulic actuator 1*, *output* dari *cylinder hydraulic actuator 1* masuk ke *cylinder hydraulic actuator 2*, dan *output* dari *cylinder hydraulic actuator 2* masuk ke *cylinder hydraulic actuator 3*, dan *cylinder hydraulic actuator 3* kembali ke tangki melalui port B ke port T. Namun jika posisi DCV di tukar / *cross* hasilnya akan sam hanya bedanya *cylinder hydraulic actuator 3* yang bergerak pertama. Hasil uji coba rangkaian *series* ini menghasilkan ketika posisi DCV normal posisi *cylinder hydraulic actuator 1* piston keluar maksimal, *cylinder hydraulic actuator 2* piston keluar setengah, *cylinder hydraulic actuator 3* piston keluar sepertiga, ketika posisi DCV dicross maka hasilnya akan sebaliknya / dari *cylinder actuator 3*.

Berikut adalah dokumentasi dari uji rangkaian *series* :

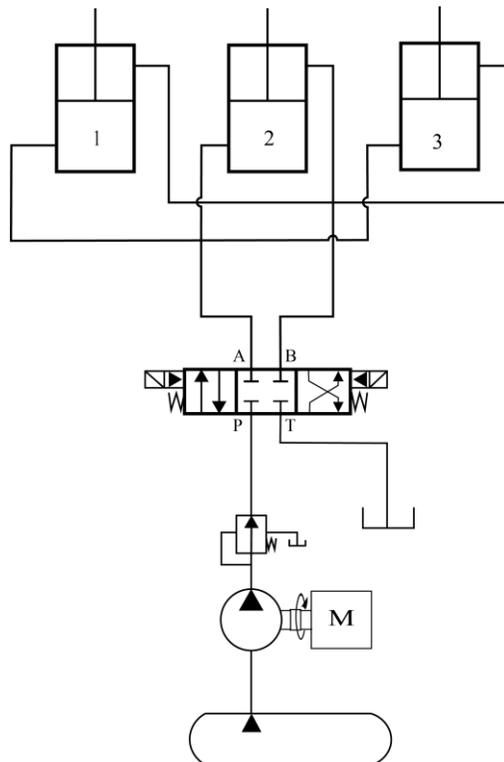


Gambar.3 kondisi awal rangkain *series*.



Gambar.4 Kondisi Rangkaian *Series* ketika *cylinder hydraulic actuator* mencapai posisi maksimal

3.2 Hasil uji rangkaian *paralell*



Gambar.5 Skematik Rangkaian *Parallel*

Hasil uji coba rangkaian *paralell* dengan posisi normal *input* dari *port P* ke *port A* kemudian aliran di bagi menjadi 3 oleh *fitting* sehingga *input* yang masuk ke masing-masing *cylinder hydraulic actuator* sama dan *output* dari masing-masing *cylinder hydraulic actuator* juga sama dan kembali ke tangki melalui *port B* ke *port T*.

Hasil uji coba rangkaian *paralell* ketika *DCV (Directional Control Valve)* pada posisi normal, semua *cylinder* bergerak bersamaan dan semua mencapai titik maksimal/*piston* keluar maksimal, begitu pula ketika *DCV cross* hasilnya akan sama, bedanya hanya titik maksimal adalah *piston* masuk maksimal.

Berikut adalah dokumentasi dari uji rangkaian *paralell* :

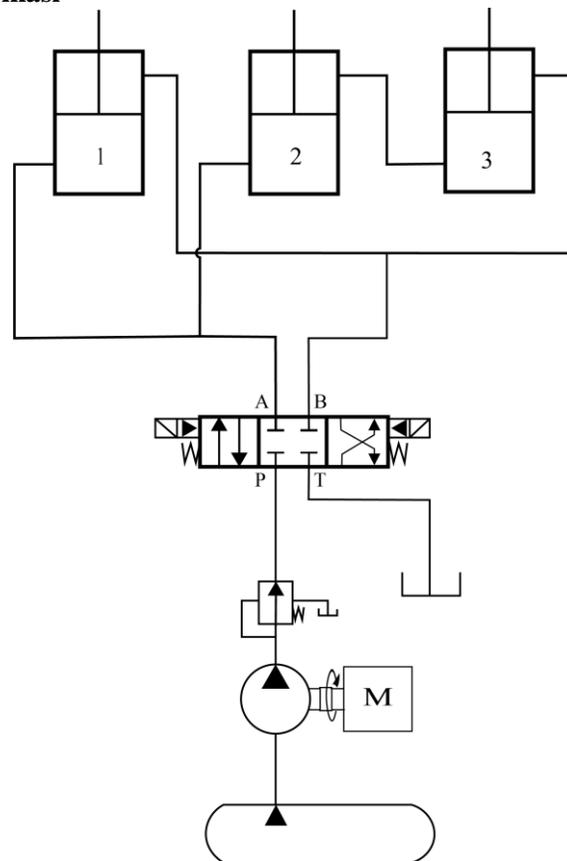


Gambar.6 Kondisi awal rangkaian *parallel* menggunakan *fitting* untuk membagikan fluida



Gamabr.7 Kondisi ketika *cylinder hydraulic actuator* pada posisi rangkain *parallel* mencapai posisi maksimal

3.3 Hasil uji rangkaian kombinasi



Gambar.8 Skematik Rangkain Kombinasi

Hasil uji rangkaian kombinasi *series* dan *paralell*, ketika DCV posisi normal *input* dari pompa / port P ke port A kemudian aliran akan dibagi mejadi 2(dua) oleh *fitting*, dua *input* ini masuk ke *cylinder hydraulic actuator 1* dan *cylinder hydraulic actuator 2*, *output* dari *cylinder hydraulic actuator 2* akan masuk sebagai *input* ke *cylinder hydraulic actuator 3*, dan *output* dari *cylinder hydraulic actuator 1* dan 3 akan langsung kembali ke tangki.

Hasil uji rangkaian kombinasi *series* dan *paralell*, ketika DCV posisi normal, *cylinder hydraulic actuator 1* dan 2 akan bergerak bersamaan sampai titik maksimal / *piston* keluar maksimal, namun *cylinder hydraulic atuator 3* delay beberapa detik dan posisi *piston* keluar setegah.

Berikut dokumentasi dari uji rangkaian kombinasi.



Gambar.9 Kondisi Awal *Cylinder Hydraulic Actuator* pada Rangkaian Kombinasi



Gambar.10 Kondisi *Cylinder Hydraulic Actuator* Rangkaian Kombinasi saat Maksimal

4. KESIMPULAN

1. Rangkaian *hydraulic* dalam posisi *series*, *parallel* dan kombinasi bisa digunakan, sehingga mahasiswa bisa menjadikan alat ini untuk kegiatan praktek mata kuliah *fundamental hydraulic*.
2. *Cylinder actuator* yang digunakan sebagai media gerak juga dapat menunjukkan hasil maksimal dan bisa disesuaikan dengan skematik yang telah digambar pada posisi *series*, *parallel* dan kombinasi.
3. Pompa *hydraulic* dapat digunakan secara optimal sebagai penggerak untuk menjalankan simulator rangkaian *series*, *parallel*, dan kombinasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priyati, A., Ansar., & Abdulla, S,H. 2015. Karakteristik dan Simulasi Sistem Kontrol Hidrolik Pada Proses Pengepresan Biji Jarak Keyar (*Ricinus communis L.*). Mataram: Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Vol.3, No. 2.
- [2] Caterpillar, Buku Pegangan Siswa Fundamental Of Hydraulic System. USA: Caterpillar Inc, 2000.
- [3] Kamsar., Hasbi, Muhammad., Rachman, Aditya. 2016. Analisis Sistem Hidrolik Pengangkat Pada Alat Berat Jenis Wheel Loader Studi Kasus Dinas Pekerjaan Umum Kab. Bombana, Universitas Halu Oleo, Vol. 1, No. 1

Analisa Keausan pada Engine Unit Mini Excavator 302.5 dengan Metode S.O.S Lab

Bagus Pratama⁽¹⁾ ; Cecep Heryana⁽²⁾ ; Tia Rahmiati⁽³⁾

Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
baguspratamma@gmail.com⁽¹⁾

Abstrak

Pada program studi teknik alat berat terdapat satu buah mini excavator 302.5 dengan prefix number 4az yang digunakan sebagai bahan ajar dan praktek mahasiswa. Engine merupakan suatu alat untuk mengkonversi energi panas pada bahan bakar menjadi energi gerak, berdasarkan fungsinya *engine* pada caterpillar biasa digunakan sebagai sumber tenaga utama (*prime power*) pada alat berat, genset, kapal, lokomotif dan berbagai macam peralatan industri lainnya. Keausan (*Wear*) merupakan permasalahan serius yang sering terjadi pada komponen engine dan lainnya, keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya material akibat interaksi mekanik antara dua permukaan yang bergerak sliding dan dibebani. Faktor yang membuat tingkat keausan menjadi meningkat biasanya terdapat pada sistem pelumasan yang tidak berjalan dengan baik, sistem pemasukan udara yang bermasalah, sistem pendingin yang terhambat, perawatan unit yang tidak sesuai dengan rekomendasi perusahaan pembuat, pengoperasian alat yang tidak sesuai dengan prosedur, kondisi lingkungan tempat unit tersebut bekerja. Sehingga permasalahan yang muncul akibat keausan adalah unit mengalami downtime, biaya pengeluaran menjadi tinggi, serta performa engine atau mesin menurun. Untuk memonitoring kondisi engine/ mesin, caterpillar menciptakan program schedule oil sampling. Schedule Oil Sampling (SOS) merupakan Program pengambilan oli secara berkala untuk diketahui kandungan dan kualitasnya, program ini meliputi analisa keausan logam, analisa kondisi oli, dan analisa fisik (Viskositas, PQ index, Kandungan air, Kandungan bahan bakar). Program ini dijalankan seiringan dengan jadwal interval maintenance yang berlaku pada unit alat berat tersebut, proses pengambilan sample perlu mengikuti petunjuk yang berlaku agar tidak terjadi kesalahan terhadap pembacaan sample. Dari permasalahan ini maka dilakukan analisa peningkatan keausan pada komponen engine, viskositas, total base number dan faktor external penyebab keausan tersebut meningkat dengan metode schedule oil sampling lab.

Kata kunci : Engine, komponen, keausan, mini excavator 302.5, sos lab.

Abstract

In the heavy equipment study have a unit mini excavator 302.5 with prefix number 4az which is used for learning and practice. Engine is a equipment for converting heat energy in fuel to mechanical energy, as a fuction the engine in caterpillar is commonly used as prime power in heavy equipment, genset, vessel, locomotif and various other industrial equipments. Wear and tear is a serious problem which happend in engine component and the others, basically wear and tear is analogous with loss of material by mechanical interaction between two move surface sliding and burdened. The increase wear and tear factor commonly occur lubrication is not working well, the trouble in air intake and exhaust system, blocked coolant system, inappropriate maintenance as manufacturer recommendation, inappropriate operation as a procedure, environmental condition which unit is operated. Therefore the trouble caused wear and tear is unit downtime, high cost, low engine or machine performance. So caterpillar make a program schedule oil sampling to monitoring engine or machine condition. Schedule oil sampling (sos) is a program periodic taking oil for knowing the content and quality, this program involve metal wear analysis, oil condition analysis and physical analysis (Viscosity, PQ Index, Water, Fuel). This program is according with interval maintenance schedule in the unit of heavy equipment, sampling process must be following the instruction so that no error in reading. From this trouble take increase wear and tear analysis in engine component, viscosity, total base number and external factor caused wear and tear increase with schedule oil sampling lab method.

Keywords: Engine, component, wear, mini excavator 302.5, schedule oil sampling lab.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Analisis merupakan pengamatan mengenai suatu kegiatan, metode, prosedur, atau teknik untuk menentukan manfaat kegiatan tersebut dan cara terbaik untuk memperolehnya[1], analisa mengenai keausan dilakukan untuk mengetahui kondisi dan kualitas oli, analisa dapat dilakukan dengan melakukan perbandingan sampel. Politeknik Negeri Jakarta khususnya Program Studi Alat Berat memiliki unit alat berat mini Excavator Cat dengan seri 302.5 yang digunakan sebagai penunjang matakuliah *Basic Machine Operation and Technician*, secara histori unit ini tidak melakukan S.O.S sejak tahun 2009 sehingga tidak diketahui kondisi unit tersebut. *Schedule Oil Sampling* merupakan program pengambilan oli secara berkala untuk diketahui kandungan dan kualitasnya. Dalam mata kuliah *Intermediate Engine System, Preventive Maintenance, Applied Failure Analysis* program S.O.S ini menjadi salah satu materi penunjang dikarenakan salah satu point penting dalam pemeliharaan alat berat adalah mengantisipasi masalah atau kerusakan sebelum terjadi, antisipasi yang dilakukan untuk masalah yang akan timbul salah satunya melalui analisis sampel oli, analisa ini meliputi keausan logam, kondisi oli dan fisik (Viskositas, *PQ Index*, Kandungan air, Kandungan bahan bakar), dari program tersebut dapat diketahui mengenai meningkatnya nilai keausan serta penyebabnya.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membandingkan hasil dari sampel pada 12 jam kerja.
2. Memprediksi komponen yang mengalami keausan.
3. Mengetahui kualitas oli *engine mini excavator 302.5*.
4. Menentukan tingkat keausan dengan durasi 12 jam kerja.

Landasan Teori

Keausan

Keausan (*Wear*) adalah hilangnya material dari permukaan benda karena adanya gerakan mekanik. Keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya material akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak *slidding* dan dibebani.[2] Faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan,tekanan,kekerasan permukaan dan kekerasan suatu material, semakin besar kecepatan relatif benda atau material yang bergesekan maka akan semakin mudah aus. Keausan ini menyebabkan kerusakan pada benda tersebut[3]

Peningkatan Kadar Logam

Kadar logam di minyak pelumas meningkat seiringan waktu operasional dan jumlahnya mengacu pada kualitas bahan bakar dan kondisi kerja, mayoritas bahan penyusun komponen adalah logam baja atau besi yang tahan aus, selain logam lain seperti aluminium,silicon,tembaga. Kondisi operasional dengan tekanan dan temperature tinggi memberikan dampak logam penyusun tersebut terlepas dan menyebabkan kenaikan keausan, karena sifat logam yang mudah teroksidasi[4]

Faktor awal keausan pada komponen

Beberapa faktor keausan dini pada komponen:

1. Kotoran pada sistem pelumasan
2. Kebocoran pada sistem pemasukan udara (*inlet system*)
3. Kebocoran sistem bahan bakar (*fuel system*)
4. Tekanan oli yang rendah (*low oil pressure*)
5. Suhu kerja lebih (*Overheating*) [5]

Excavator 302.5



Gambar.1 Mini Excavator 302.5

Mini Excavator 302.5 Cat merupakan alat berat yang dapat bekerja dalam radius sempit, *excavator* ini memiliki berat 2616 Kg (5750 lbs) dengan *variable displacement hydraulic pump*. *Excavator* ini dilengkapi dengan seri *engine 3013* yang terdiri dari 3 *cylinder* dan menghasilkan daya sebesar 18 kW (24 hp) pada 2300 RPM.[6]

Schedule Oil Sampling

Schedule Oil Sampling adalah Program pengambilan oli secara berkala untuk diketahui kandungan dan kualitasnya. Program ini meliputi Analisa Keausan Logam, Analisa Kondisi Oli, Analisa Fisik.

Adapun problem dalam pengambilan sampel disebabkan ketika :

1. Partikel dan logam yang mengendap
2. Sampel mengandung endapan
3. Botol diisi terlalu penuh

Cegahlah masalah dengan mengambil sampel ketika oli panas menggunakan teknik yang benar (sebagai contoh hidupkan mesin mencapai temperatur kerja sebelum pengambilan sampel). Hal ini akan menjaga semua partikel yang ada di oli tercampur.

Sediakan sedikit rongga udara di dalam botol sebagai rongga pengembangan ketika sampel dikirim melalui pesawat udara.[7]

General Analysis Guide

Tabel. 2 Analysis guide

Primary Element	Secondary Element	Potential Wear	Problem area & causes
Si	Al	Piston, Rings, Liner	Air induction, breathers, dirt.
Fe	-	Liner, piston, valve, gear train, crankshaft	Dirt, abnormal temperature, lack of lubricant, storage (rust)
Pb, Sn	Cu, Al	Bearing	Dirt contamination, lack of lubricant.
Al or Cu	Sn, Pb	Bearing	Low or fluctuating oil pressure.
Cr	Mo	Piston ring	Blow by, oil consumption
Na	Si, B	Cooling system	Water Pump, Cyl Head, Liner seal, Oil Cooler, Anti Freeze
Al	Cr	Piston & Rings	Blow-by
Fe	Cr	Piston ring	Abnormal operating temperature
Fe	Al	Liner	Restricted air induction system

II. Metode Penelitian

Subyek penelitian adalah oli unit mini excavator 302.5 dan pengujian pada oli di laboratorium dilakukan sebanyak 2 kali dengan jarak operasi 12 jam kerja. Data hasil uji laboratorium dianalisis dengan menggunakan metode :

1. Analisa Visual.
2. Pengukuran tekanan oli pada *engine*.

III. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil uji laboratorium

Tabel.1 Wear Metal

Lab No	Date	SMU	Wear Metal							
			Cr	Pb	Fe	Cu	Al	Sn	Ni	PQ
A18D030206	2-Apr-18	1094	0	0	22	2	5	0	0	8.0
A18E230215	22-May-18	1106	1	0	23	2	6	1	0	7.0

Hasil dari pengujian di laboratorium teridentifikasi telah terjadi peningkatan keausan pada logam dengan unsur Cr,Fe,Al,Sn pada tabel 1 sebesar 1 ppm pada uji coba sample kedua tanggal 22 Mei 2018 dengan smu 1106. Unsur logam tersebut merupakan komponen : *Cr* : *Piston Rings*. *Fe* : *Liner, Piston, Gear Train, Crankshaft*. *Al dan Sn* : *Bearing*.

Tabel. 2 Kontaminan

Lab No	Date	SMU	Kontaminan			
			K	Na	Si	ST
A18D030206	2-Apr-18	1094	1	0	11	0
A18E230215	22-May-18	1106	2	1	11	1

Pada tabel 2 menunjukkan hasil pengujian sebanyak dua kali, pada kontaminan yang terdapat di oli *engine* hasilnya terjadi peningkatan sebanyak 1 ppm pada K, Na, dan ST pada uji coba sampel kedua tanggal 22 Mei 2018.

Tabel. 3 Kondisi Oli

Lab No	Date	SMU	Kondisi Oli			
			NIT	OXI	SUL	TBN
A18D030206	2-Apr-18	1094	7	7	15	9.6
A18E230215	22-May-18	1106	7	7	15	9.6

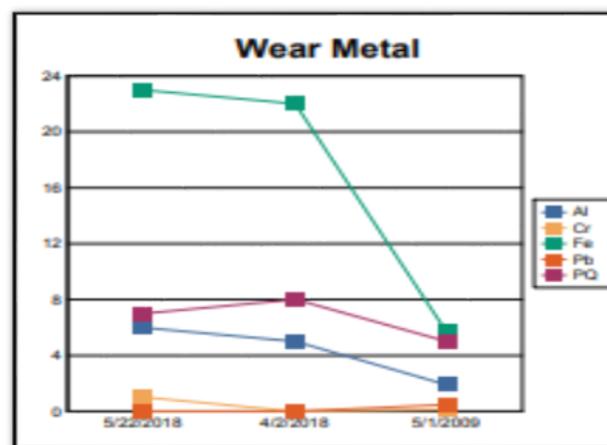
Pada tabel 3 menunjukkan hasil pengujian sampel oli kedua pada tanggal 22 Mei 2018 yang hasilnya kondisi oli *engine* tidak terjadi penurunan / kondisi masih baik.

Tabel. 4 Viskositas

Lab No	Date	SMU	Viskositas
A18D030206	2-Apr-18	1094	13.7
A18E230215	22-May-18	1106	13.2

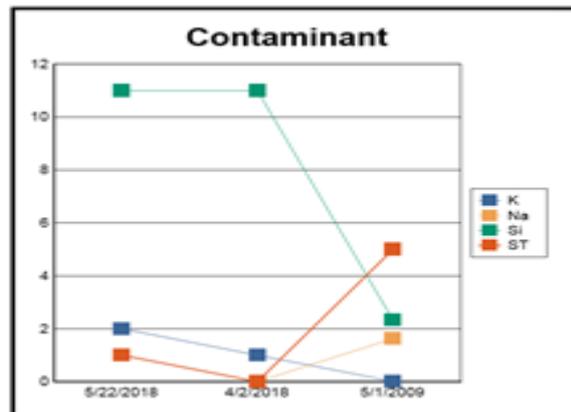
Pada tabel 4 menunjukkan hasil pengujian sampel oli sebanyak dua kali dan hasilnya terjadi penurunan viskositas sebesar 0.5 cP (sentipoise) pada uji coba sample kedua

2. Grafik



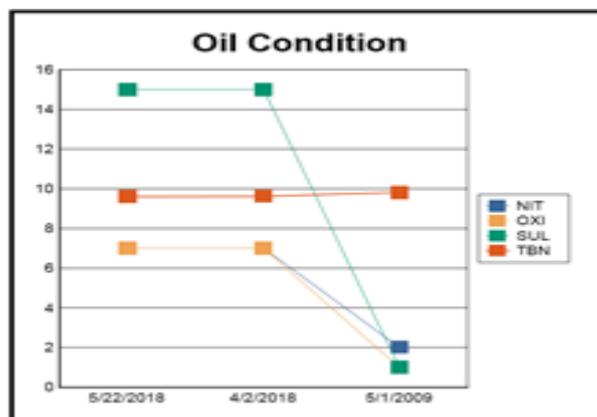
Gambar. 2 Grafik Keausan

Pada gambar 2 merupakan grafik *wear metal* yang menunjukkan bahwa warna hijau merupakan garis kenaikan pada unsur Fe, warna ungu merupakan garis turunnya PQ pada oli tersebut, warna biru merupakan garis kenaikan pada unsur Al, garis coklat merupakan garis kenaikan pada unsur Cr, dan Garis berwarna oranye merupakan garis lurus tidak ada kenaikan maupun penurunan pada unsur Pb.



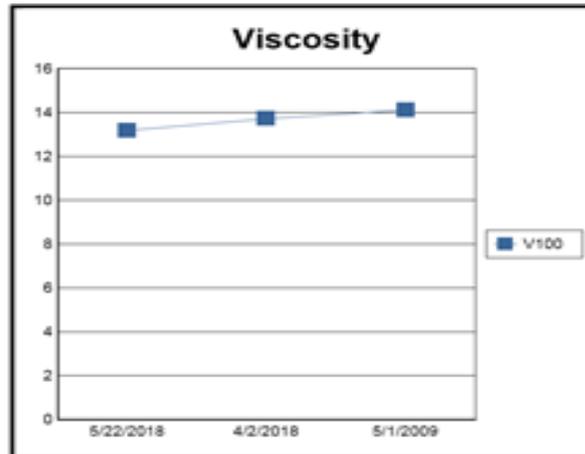
Gambar. 3 Grafik Keausan

Pada gambar 3 merupakan grafik *Contaminant* yang menjelaskan bahwa warna hijau merupakan garis lurus tidak terjadi kenaikan atau penurunan pada unsur Si, warna biru merupakan garis kenaikan pada unsur K, garis coklat merupakan garis kenaikan pada unsur Na, dan garis coklat merupakan garis kenaikan pada unsur ST.



Gambar. 4 Grafik kondisi oli

Pada gambar 4 merupakan grafik oil condition yang menunjukkan tidak terjadi penurunan pada semua unsur.



Gambar. 5 Grafik viskositas

Pada gambar 5 merupakan grafik *viscosity* yang menunjukkan penurunan pada viskositas oli *engine* tersebut.

3. Analisa penyebab kenaikan nilai keausan pada logam

Visual Analisis



Gambar.6 Kondisi engine excavator 302.5

Pada visual analisis ini bahwa kondisi engine excavator terdapat rembesan oli pada blok engine.

Pengukuran Tekanan Oli

Specifications of Engine Oil Pressure

1. *Minimum oil pressure at low idle with a temperature of 18 to 20°C (64 to 68°F.)... 62 kPa (9 psi).*
2. *Maximum oil pressure at high idle and at normal operating temperature engine 3013.... 262 to 359 kPa (38 to 52 psi.)*[8].



Gambar.7 hasil pengukuran tekanan oli

Pengukuran *engine oil pressure* dengan *pressure gauge* menunjukkan angka yang normal sesuai dengan spesifikasi manufaktur yakni :

1. 50 Psi pada Low Idle.
2. 52 Psi pada High Idle

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan serta hasil dan pembahasan yang diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan laporan dari laboratorium sos terjadi peningkatan nilai keausan pada komponen piston ring (Cr), liner, piston, valve, gear train, crankshaft (Fe), dan bearing (Al, Sn)
- b. Terjadi kenaikan keausan sebesar 1 ppm pada percobaan sampel kedua
- c. Hasil analisa visual pada engine bahwa kondisi engine terdapat rembesan oli pada bloknnya.
- d. Hasil pengukuran tekanan oli dan temperature kerja engine menunjukkan angka normal sesuai spesifikasi engine tersebut.
- e. Keausan yang terjadi pada laporan ini merupakan keausan normal dikarenakan seiringan waktu operasional engine tersebut bekerja.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arti kata “analisis” <https://kbbi.web.id/analisis>.
(akses 11 Juli 2018)
- [2] Ahmad Taufik, Darmanto Dan Imam Syafa’at, ”Analisa Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Kecepatan”, 2017.
- [3] Dwi Tarina W Dan Yusuf Kaelani, ”Studi Eksperimental Laju Keausan (Specific Wear Rate) Resin Akrilik Dengan Penambahan Serat Penguat Pada Dental Prosthesis” Jurnal Teknik ITS Vol.1, 2012.
- [4] Agus Supriyanto, Alimuddin Dan Bohari, ”ANALISIS LOGAM Fe,Cu,Pb, DAN Zn DALAM MINYAK PELUMAS BARU DAN BEKAS MENGGUNAKAN X-RAYFLUORESCENCE” Jurnal Atomik 1, Hal. 13-17, 2018.
- [5] Caterpillar, “Engine components have early wear”, <https://sis.cat.com>.
(akses 30 Mei 2018)
- [6] Caterpillar, Service Training, ”Introduction Mini Excavator 302.5”, 2000.
- [7] Training center, ”Fundamental Engine System”, Jakarta, Trakindo Utama 2003.
- [8] Caterpillar, ”Specifications 3003,3013,3014 and 3024 Engines for Caterpillar Built Machines”, <https://sis.cat.com>. (akses 30 Mei 2018)

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Teknik Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta dan Ibu Tia Rahmiati selaku dosen pembimbing atas dukungannya dan kepada sumber-sumber referensi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

PENERAPAN PERANGKAT SIMULATOR EXCAVATOR SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PENGOPERASIAN MESIN ALAT BERAT

Achmadi Dwi Cahyo; Linda Puspita; Muhammad Faris; Muhammad Yuda Pratama; Abdul Azis
Abdillah

Program Studi Teknik Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Renstaf@gmail.com

Abstrak

Makalah ini bertujuan untuk menerapkan perangkat simulator sebagai media pembelajaran mahasiswa untuk mempelajari cara pengoperasian unit alat berat, khususnya unit hydraulic excavator, pada mata kuliah Basic Mechanic Operation Technic di program studi Teknik Alat Berat, Politeknik Negeri Jakarta. Simulator tersebut digunakan untuk mempermudah pembelajaran praktek mengoperasikan unit hydraulic excavator dengan memanfaatkan perangkat lunak komputer. Selain itu, simulator ini juga diharapkan dapat menghindari dan/atau memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan yang disebabkan oleh kelalaian manusia dalam pengoperasian alat berat yang dapat berakibat fatal bagi unit/mesin maupun manusia tersebut. Simulator yang dimaksud pada makalah ini adalah sebuah alat yang dirakit dari beberapa perangkat keras dan sebuah perangkat lunak yang didesain sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi layaknya sebuah unit hydraulic excavator. Komponen-komponen yang digunakan untuk merakit simulator ini antara lain joystick yang dimodifikasi sebagai controller, kursi, baja hollow untuk membuat rangka dan dudukan, dan perangkat lunak construction simulator 2015. Metode pelaksanaan yang digunakan pada tulisan ini antara lain 1) Identifikasi masalah; 2) pengumpulan data; 3) Perancangan dan desain simulator; 4) Perakitan 5) Pengetesan dan Analisa kegagalan. Identifikasi masalah dilakukan dengan cara melihat dan mewawancarai mahasiswa Alat Berat semester 2 dan 4 tentang bagaimana cara belajar mengoperasikan unit Excavator pada mata kuliah Basic Machine Operation Technic di Program Studi Alat Berat. Kemudian pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari tahu spesifikasi dan data lainnya untuk mempermudah dalam proses perancangan maupun perakitan perangkat simulator excavator ini. Tahap selanjutnya adalah perakitan perangkat simulator berdasarkan data dan rancangan yang telah dibuat. Setelah serangkaian proses identifikasi pengumpulan data, dan perakitan dilaksanakan selanjutnya adalah pengetesan untuk menguji alat tersebut. Jika pengetesan sesuai dengan yang diharapkan maka alat dapat dipergunakan. Tetapi jika terjadi kegagalan dalam proses pengetesan maka akan dilakukan analisa penyebab kegagalan pada alat tersebut untuk segera dilakukan perbaikan pada bagian yang mengalami kegagalan. Luaran yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebuah prototype simulator hydraulic excavator yang dapat digunakan untuk membantu kegiatan belajar mengajar basic machine operation technique khususnya untuk unit excavator.

Kata kunci: perakitan, simulator, alat berat, media pembelajaran

Abstrack

This paper aims to apply the simulator tool as a learning media for students to learn how to operate heavy equipment unit, especially hydraulic excavator unit, in Basic Mechanic Operation Technic subject in Heavy Engineering program, State Polytechnic of Jakarta. The simulator is used to facilitate the practical learning of operating the hydraulic excavator unit by utilizing computer software. In addition, the simulator is also expected to avoid and / or minimize the likelihood of accidents caused by human negligence in the operation of heavy equipment that can be fatal to the unit / machine or human. The simulator in this paper is a tool assembled from some hardware and a software designed so that it can function like a hydraulic excavator unit. Components used to assemble the simulator include modified joystick as controller, seat, hollow steel to make frames and cradle, and software construction simulator 2015.

The implementation methods used in this paper include 1) Identification of problems; 2) data collection; 3) Design and design of simulator; 4) Assembling 5) Testing and Analysis of failure. The problem identification is done by viewing and interviewing Heavy Equipment students in 2nd and 4th semester on how to learn to operate the Excavator unit in the Basic Machine Operation Technic course in the Heavy Equipment Study Program. Then the data collection is done by finding out the specifications and other data to simplify the process of designing and assembling this excavator simulator device. The next stage is the assembly of simulator devices based on data and designs that have been made. After a series of identification processes the data collection, and assembly is done next is testing to test the tool. If the test is as expected then the tool can be used. But if there is a failure in the testing process it will be analyzed the cause of failure on the tool to immediately make improvements on the part that failed. The expected output of this final project is a prototype hydraulic excavator simulator that can be used to help teaching learning activities basic machine operation technique especially for excavator unit.

Keywords: assembly, simulator, heavy equipment, learning media

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Berdasarkan Undang-undang No 2 th 1989 tentang Pendidikan Nasional, serta PP 60 Th 1999 tentang Pendidikan Tinggi disebutkan bahwa pendidikan tinggi terdiri atas pendidikan akademik dan pendidikan profesional. Pendidikan akademik merupakan pendidikan yang diarahkan terutama pada penguasaan Ilmu Pengetahuan, sedangkan Pendidikan Profesional merupakan pendidikan yang diarahkan terutama pada kesiapan penerapan keahlian tertentu.

Politeknik merupakan jenjang pendidikan yang berorientasi pada keterampilan dan profesionalisme, yang menuntut para lulusannya mengenali sekaligus terjun ke dunia kerja. Hal ini terkandung dalam misi Politeknik Negeri Jakarta untuk menghasilkan dan mengembangkan sumber daya manusia profesional yang bermutu, beriman dan bertakwa kepada Tuhan YME untuk memenuhi kebutuhan lapangan pekerjaan di tingkat nasional, regional maupun internasional.

Politeknik Negeri Jakarta merupakan salah satu lembaga pendidikan vokasional yang menyelenggarakan pendidikan dibidang rekayasa Teknik dan Tata Niaga. Pada bidang rekayasa Teknik terdiri dari Jurusan Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Teknik Informatika dan Teknik Grafika dan Penerbitan. Jurusan Teknik Mesin mempunyai 5 Program Studi dan salah satunya yaitu Program Studi Teknik Alat Berat yang bekerja sama dengan PT. Trakindo Utama.

Media pembelajaran merupakan salah satu hal yang dapat meningkatkan mutu pendidikan. Penggunaan media pembelajaran dapat menunjang keterampilan mahasiswa dalam proses pembelajaran. Ilmu teknologi dan informasi pun kian berkembang dalam bidang pendidikan. Teknologi dibidang alat berat sudah banyak digunakan, seperti penggunaan simulator sebagai media pelatihan bagi para operator dan teknisi alat berat. Pelatihan menggunakan unit alat berat akan mengakibatkan adanya biaya untuk bahan bakar, oli, dan bahkan biaya untuk suku cadang atau spare part. Sedangkan dengan simulator tidak ada biaya tersebut. Selain itu unit alat berat akan lebih efektif jika digunakan untuk pekerjaannya dibanding jika hanya digunakan sebagai alat pelatihan.

Pembelajaran pengoperasian unit alat berat pada mata kuliah *Basic Machine Operation Technic* di PNJ menurut kami masih sangat kurang efisien. Karena jumlah unit yang tidak sebanding dengan jumlah mahasiswa yang membuat tidak efisiensinya waktu sehingga tidak semua mahasiswa dapat mengoperasikan unit tersebut. Berdasarkan masalah ini penulis mencoba membuat media pembelajaran simulator unit *Hydraulic Excavator* yang dapat digunakan dalam pembelajaran *Basic Machine Operation Technic*.

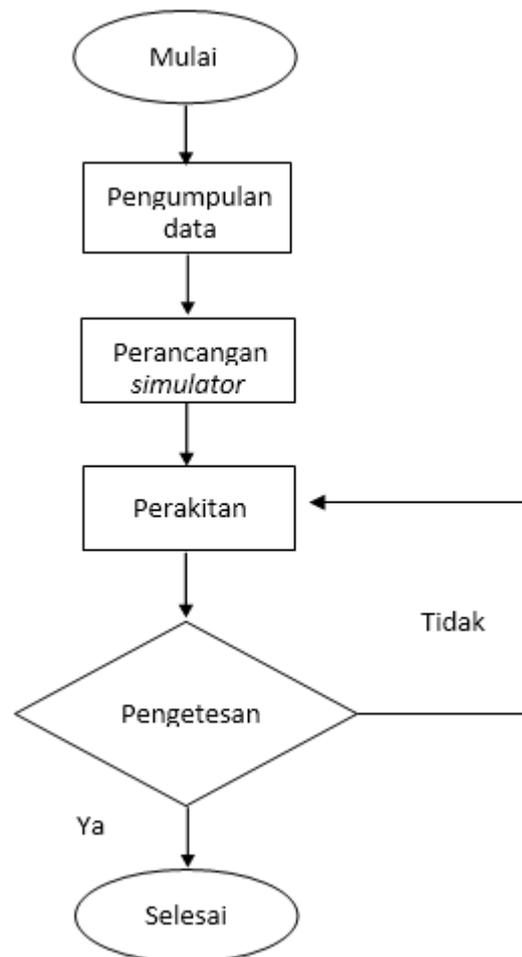
Tugas akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Untuk menjelaskan proses perakitan simulator excavator
2. Untuk menjelaskan cara penerapan perangkat simulator sebagai media pembelajaran

II. METODE PENELITIAN

Flowchart

Metode pelaksanaan tersebut dapat dilihat dalam bentuk alur pekerjaan atau flowchart. Flowchart dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar. 1 Diagram Alur

KETERANGAN

Bila hasil pengetesan simulator gagal atau tidak sesuai dengan perintah komputer saat digunakan yang dilambangkakan dengan kata 'Tidak' maka dilakukan perbaikan pada system yang bermasalah. Lalu lakukan pengetesan ulang hingga hasilnya sesuai dengan perintah komputer.

1. Identifikasi Masalah

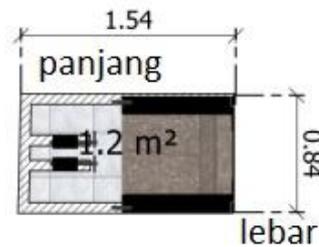
Identifikasi masalah dilakukan dengan cara mewawancarai kepada beberapa mahasiswa Alat Berat semester 2 dan 4 tentang bagaimana cara belajar mengoperasikan unit Hydraulic Excavator pada mata kuliah Basic Machine Operation Technic di Program Studi Alat Berat.

2. Pengumpulan Data

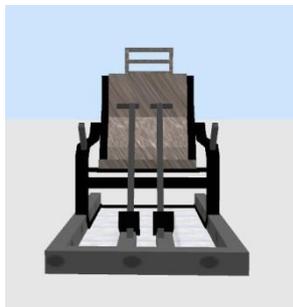
Mengumpulkan data dengan cara mencari tahu spesifikasi dan data lainnya untuk mempermudah dalam proses perancangan. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara studi literatur, yaitu dengan mengumpulkan berbagai informasi yang menunjang penelitian seperti buku, jurnal dan lainnya.

3. Perancangan/Desain Simulator

Dari hasil data yang sudah didapatkan akan digunakan untuk membuat desain simulator dan memaksimalkan pada saat proses pengerjaan. Berikut desain prototipe perangkat simulator yang telah didesain dapat dilihat pada gambar 1, 2 dan 3 berikut ini.



Gambar. 2 Ukuran desain



Gambar. 3 Desain tampak depan



Gambar. 4 Desain tampak samping

Setelah mendapatkan desain yang akan dibuat langkah selanjutnya adalah mempersiapkan daftar alat dan bahan yang dibutuhkan. Alat dan bahan yang dibutuhkan antara lain :

a. Alat :

1. Mesin Las
2. Tool Box
3. Alat Ukur

b. Bahan :

1. Jok/ Bangku
2. Besi
3. Baja Ringan
4. Baut dan Mur
5. Pedal+Lever
6. Joystik
7. Port USB
8. Cat Besi
9. CPU
10. Monitor

4. Perakitan

Setelah langkah pembuatan desain dan bahan sudah siap, langkah berikutnya adalah pengerjaan perangkat simulator excavator dengan bahan-bahan yang telah tersedia yang meliputi perakitan sistem pengemudian unit tersebut.

5. Pengetesan dan Analisa Kegagalan

Setelah proses pengerjaan selesai maka akan dilakukan pengetesan untuk menguji alat peraga tersebut. Jika pengetesan sesuai dengan yang diharapkan maka alat peraga dapat dipergunakan. Tetapi jika terjadi kegagalan dalam proses pengetesan maka akan dilakukan analisa.

6. Selesai

Simulator hydraulic excavator dapat digunakan untuk menunjang pembelajaran pengoperasian unit alat berat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Simulator Excavator

Simulator excavator yang telah di install di komputer dan sudah dapat di uji coba. Simulator dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar. 5 Perangkat simulator excavator

2. Pembahasan

- A. Pada gambar di bawah penulis merakit CPU yang memiliki spesifikasi RAM 4 GB DDR 3, DualCore, Hardisk 160 GB SATA, Casing SAMI, Mother Board AsRock G41M, PSU Eyota ATX-500 W agar dapat di install dengan program simulator. Perakitan CPU dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar. 6 Merakit CPU

- B. Pembuatan rangka kabin simulator, pada tahap pembuatan bangku penulis baru sampai pada tahap pembuatan rangka bawah dan jok. Pembuatan rangka untuk simulator dilakukan kerjasama dengan PT Cahaya Las. Rangka dapat dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Rangka bawah



Gambar 8. Jok mobil

- C. Pengecatan rangka simulator. Rangka simulator excavator yang di cat seperti rangka bangku, gagang pedal.
- D. Perakitan simulator excavator. Perakitan ini dilakukan dengan memasang monitor dan CPU pada rangka yang sudah di buat.

E. Mengkalibrasi program excavator dengan pedal+lever yang sudah di rakit agar bekerja sesuai dengan kegunaannya.

Berikut fungsi gerak dari joystick yang digunakan. Dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Fungsi Joystick

Joystick sebelah kiri



: stick kearah depan



: stick kearah dalam



: swing kearah kanan



: swing kearah kiri

Joystick sebelah kanan



: boom kearah atas



: boom kearah bawah



: bucket kearah keluar (untuk unload)



: bucket kearah dalam (untuk load)

Berikut tampilan dari dalam kabin simulator excavator saat beroperasi. Dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Kabin

Ketika pengguna menggerakkan joystick, maka boom, stick dan bucket yang ditampilkan dalam program akan bergerak sesuai dengan pergerakan joystick. Berikut ini adalah tampilan dalam kabin excavator, dan dari dalam keterangan menunjukkan bucket menggali material sebanyak 30% (gambar 11) dan 100% (gambar 12).



Gambar 11. Tampilan kabin saat menggali material sebanyak 30%



Gambar 12. Tampilan kabin saat menggali material sebanyak 100%

IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut :

1. Cara merakit perangkat simulator adalah sebagai berikut : a) Install program simulator pada komputer; b) Rakit Joystick agar dapat digunakan menjadi lever; c) Kalibrasikan joystick dan lever pada program simulator agar dapat digunakan sesuai dengan perintah; d) Rakit besi hollow sesuai dengan desain yang sudah direncanakan.
2. Cara menerapkan simulator adalah sebagai berikut : a) Menggerakkan kedua joystick sesuai dengan kehendak pengguna; b) Boom, stick, dan bucket dalam tampilan program simulator akan bergerak sesuai dengan pergerakan joystick; c) Material yang telah digali akan terlihat jumlahnya dalam persen pada tampilan program simulator

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prastiawan, “Perancangan Simulator Driving Car Dengan Menggunakan Metode Augmented Reality (AR)”;
STMIK Budi Darma, Medan; 2004.
- [2] Peter Salim, Yenny Salim, “Kamus Bahasa Indonesia Kontemporer, Modern English Perss”;
Jakarta; 2002.
- [3] eprints.uny.ac.id/9331/3/bab%202-08208241006.pdf
- [4] <http://belajarpsikologi.com/pengertian-media-pembelajaran/>

Optimalisasi Kelistrikan Pada *Control Panel Engine 3126B* Di Workshop Alat berat

Dyanie Saepudin Ramdan Pratama; Andhika Azhar Ibrahim; Muhammad Alfiansyah Arifin; Idrus Assagaf

*Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Dzaynies.ramdhan@yahoo.com*

Abstrak

Kelistrikan adalah sifat benda yang muncul dari adanya muatan listrik, yaitu muatan listrik positif dan negatif. Suatu benda bermuatan listrik negatif apabila kekurangan elektron, dan bermuatan positif jika kelebihan proton. Secara alami, muatan listrik positif selalu mengalir dari titik potensial tinggi ke titik potensial rendah. Engine 3126 B di program studi Teknik Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta digunakan sebagai salah satu bahan pembelajaran oleh mahasiswa. Engine itu terdiri dari beberapa sistem yang saling berkesinambungan, salah satunya adalah elektronik sistem. Elektronik sistem merupakan Kelistrikan mempunyai fungsi dan peranan yang sangat penting dalam dunia alat-alat berat. Diantaranya adalah untuk memutar engine pada saat starting, menjaga tingkat pengisian pada battery, mengoperasikan indikator/gauge-gauge, aksesoris, mengoperasikan lampu-lampu, sensor dan mendukung semua sistem yang menggunakan perangkat elektronik dalam unit unit alat berat. Sensor digunakan untuk mengukur parameter fisik seperti tekanan, temperatur, posisi dan kecepatan. Electronic sensor akan mengkonversi parameter fisik tersebut ke dalam bentuk signal elektronik. Pada elektronik sistem Caterpillar, sensor digunakan untuk memonitor sistem yang dinilainya secara kontinyu berubah selama mesin beroperasi. Signal elektronik me-representasikan parameter yang diukur. Karena perkembangan teknologi di bidang alat berat melahirkan inovasi sistem dengan media komputerisasi. Tugas akhir bertujuan untuk mengembalikan performa sistem kelistrikan pada control panel, pergantian box indicator, penambahan sensor panas di cooling tower engine 3126 B, menambahkan volt-meter dan ampere-meter indikator, penambahan fuel level indikator, penambahan temperature alarm, dan rewiring. Control panel engine adalah seperangkat yang menunjukkan pengukuran parameter pada RPM, tekanan oli engine, tekanan bahan bakar engine, sensor suhu air dari cooling tower, voltase dan arus baterai(aki), level tangki bahan bakar. Dengan melakukan optimalisasi di control panel engine ini, mempermudah mahasiswa dalam pembelajaran mata kuliah Electronic Engine serta mengetahui spesifikasi dan aktual engine 3126B sebelum, sesudah atau pada saat engine di operasikan.

Kata kunci: Optimalisasi, Kelistrikan, Alat Berat, Indikator, Sensor.

Abstract

Electricity is the nature of objects that arise from the presence of electrical charges, namely positive and negative electric charges. An object is negatively charged if the electron deficiency, and positively charged if the excess proton. Naturally, a positive electric charge always flows from a high potential point to a low potential point. Engine 3126 B in Heavy Equipment Engineering of State Polytechnic Jakarta is used as one of the learning materials by the students. The engine consists of several systems that are mutually sustainable, one of which is the electronic system. Electronic systems are Electricity has a function and a very important role in heavy equipment. Among them are to rotate the engine at start, keep the charging level on battery, operate the indicator / gauge, accessories, operate the lights, sensor and support all system using electronic device in unit of heavy equipment. Sensors are used to measure physical parameters such as pressure, temperature, position and speed. Electronic sensors will convert these physical parameters into electronic signals. In the Caterpillar electronic system, sensors are used to monitor systems that are judged to be continuously changed during machine operation. Electronic signals represent the measured parameters. Because technological developments in the field of heavy equipment spawned system innovations with computerized media. The final project aims to restore the performance of electrical system in control panel, switch indicator box, addition of heat sensor in cooling tower engine 3126 B, adding volt-meter and ampere-meter indicator, addition of fuel level indicator, temperature alarm addition and rewiring. Engine control panel is a set showing the parameter

measurements of RPM, engine oil pressure, engine fuel pressure, water temperature sensor from cooling tower, battery voltage and current (accumulator), fuel tank level. By optimizing the control panel of this engine, facilitate the student in the learning course Electronic Engine and know the specifications and actual engine 3126B before, after or when the engine is in operation.

Keywords: Optimization, Electricity, Heavy Equipment, Indicator, Sensor.

I. PENDAHULUAN (FONT 11)

Latar belakang

Politeknik Negeri Jakarta memiliki kurikulum pendidikan yang lebih besar dalam bidang praktik dibandingkan dengan teori. Kurikulum praktik tersebut tentu harus dilengkapi dengan peralatan dan sarana prasana yang memiliki kualitas baik dan memenuhi standar keamanan dan keselamatan. Hal ini dilakukan untuk memudahkan mahasiswa dalam melakukan kegiatan praktik dan mencegah terjadinya kecelakaan dalam kerja.

Program studi teknik Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta memiliki beberapa mata kuliah yang membutuhkan unit alat berat sebagai sarana prasarana objek pendukung kegiatan praktik mahasiswa yaitu *Basic Machine Operation Technic, Electric & Electronic, Fundamental Electric, Rebuild Engine, Electric Engine* dan lain sebagainya. Selain itu, Program Studi Alat Berat juga memiliki berbagai macam *engine*. yaitu *engine 3126b, 3176, 3406e, 3013, 3208, 3066, 3306, 92b*

Engine itu terdiri dari beberapa sistem yang saling berkesinambungan, salah satunya adalah elektronik sistem. Elektronik sistem merupakan Kelistrikan mempunyai fungsi dan peranan yang sangat penting dalam dunia alat-alat berat. Diantaranya adalah untuk memutar *engine* pada saat starting, menjaga tingkat pengisian pada *battery*, mengoperasikan *indikator/gauge-gauge*, aksesoris, mengoperasikan lampu-lampu, dan mendukung semua sistem yang menggunakan perangkat elektronik dalam unit unit alat berat

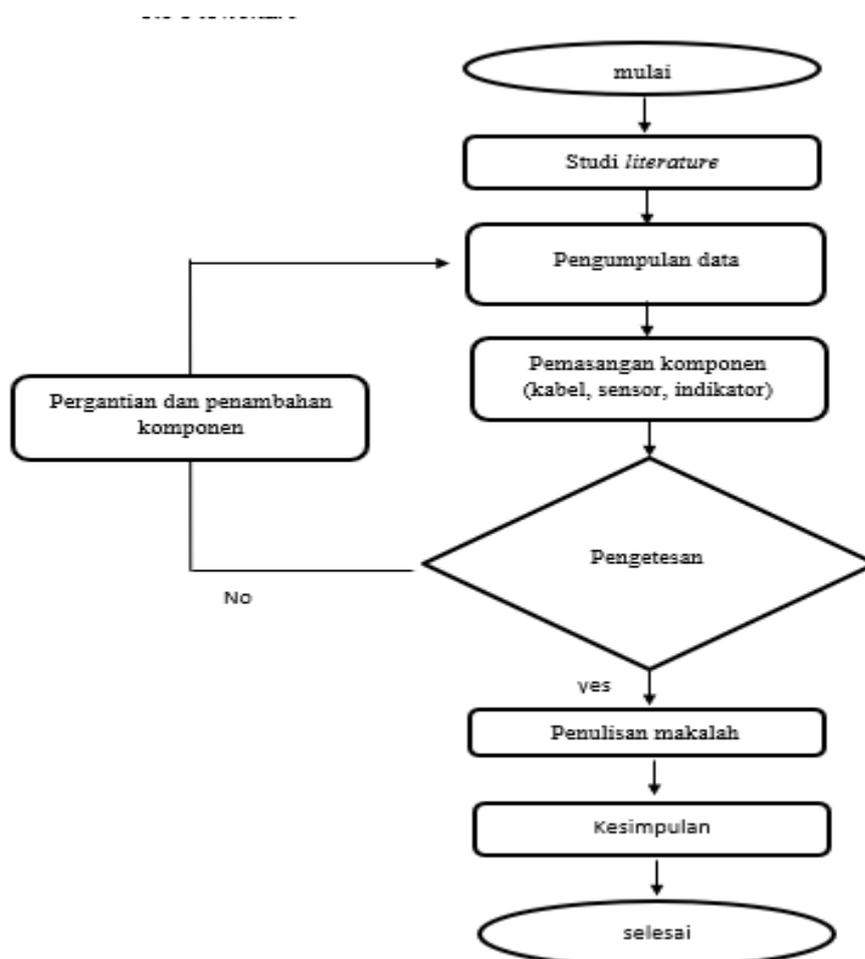
Salah satu *engine* yang dimiliki oleh Program Studi Alat Berat adalah *marine engine caterpillar 3126B*. *Engine* tersebut digunakan sebagai bahan pembelajaran pada mata kuliah *electric & electronic*. Hal ini dikarenakan unit tersebut dapat dioperasikan

dan merupakan salah satu *engine* yang menggunakan elektronik sistem. Berdasarkan hasil praktek pada saat Semester 3, penulis mendapati bahwa panel pada *marine engine caterpillar 3126B* tidak beroperasi dengan baik sehingga menyulitkan mahasiswa untuk mengetahui sistem kelistrikan yang ada pada *engine* tersebut. Setelah dilakukan penelusuran mendalam ternyata didapati kabel (*wire*) terkelupas, tidak tersusun dengan baik, terputus sehingga berisiko mengalami hubungan arus pendek (*short-circuit*), serta ditemukan bahwa *marine engine caterpillar 3126B* tidak memiliki sensor temperatur di *cooling tower*.

Dengan melakukan pengoptimalan sistem kelistrikan pada control panel di *engine 3126B* termasuk pemasangan indikator untuk mengetahui panas di *cooling tower*, volt-meter dan ampere-meter pada baterai, *fuel level*, dan temperatur alarm sehingga dapat digunakan secara optimal untuk media pembelajaran dan memudahkan mahasiswa untuk mengetahui kondisi aktual di *engine* sebelum, sesudah, atau pada saat pengoprasian dengan melihat indikator yang sudah terhubung pada sensor. Berdasarkan penelusuran yang telah dilakukan, penulis tertarik untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dan menjadikannya sebagai laporan tugas akhir dengan judul “Optimalisasi Kelistrikan pada *control panel Engine 3126B* Di Workshop Teknik Alat Berat”.

II. METODE PENELITIAN

Studi ini dilakukan secara eksperimental dengan langkah-langkah sebagai berikut:



1. Studi *Literature*, Menghimpun data-data yang berhubungan dengan topik bertujuan sebagai pedoman.
2. Pengumpulan data, Mencari tahu spesifikasi dan data lainnya dengan menggunakan *monitoring sistem* untuk mempermudah dalam proses perancangan serta menginspeksi komponen agar lebih efisien.
3. Pemasangan komponen, yaitu mengganti komponen kelistrikan seperti kabel (*wire*) yang sudah rusak dan penambahan komponen baru seperti sensor temperatur, indikator temperatur, indikator temperatur alarm, volt-meter dan ampere-meter baterai dan indikator *fuel level* agar mempermudah mahasiswa dalam pembelajaran.

4. Pengetesan, Setelah memasang komponen akan dilakukan pengujian. Jika hasil monitoring sesuai dengan spesifikasi dan aktual *engine*, maka *engine* akan teroptimalisasi. jika gagal akan dilakukan pergantian.
5. Pergantian komponen, yaitu Mengganti komponen yang tidak berfungsi dengan normal pada saat pengetesan.
6. Penulisan Makalah dilakukan setelah semua data sudah cukup di dapat untuk menyelesaikan tugas akhir.
7. Kesimpulan, kesimpulan dibuat untuk menunjang penyelesaian tugas akhir

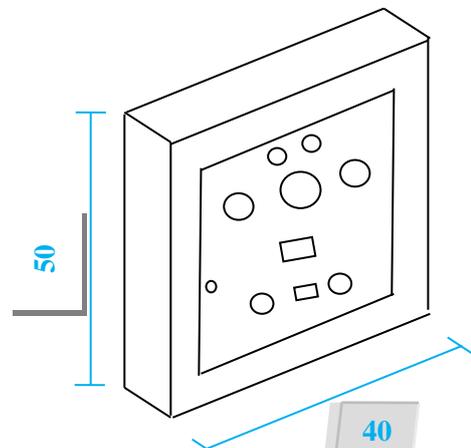
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penggantian box indikator

Setelah ada penambahan sensor dan indikator di *engine* 3126B kotak indikator akan diganti. Dapat dilihat box indikator sebelum dilakukan optimalisasi (gambar 1) dan setelah di lakukan pergantian



Gambar. 2. Kotak indikator sebelum optimalisasi



Gambar. 2. Kotak indikator sesudah optimalisasi

2. Pemasangan *Coolant Water Temperature*

Indikator *coolant water temperature* adalah alat yang dapat memberikan petunjuk atau keterangan suhu air laut yang masuk ke *engine* dari *cooling tower*.



Gambar. 3. Indikator *coolant water temperature*

3. Penambahan volt-meter dan ampere-meter

Tujuan dari pemasangan volt-meter dan ampere-meter adalah untuk mempermudah mahasiswa dalam memonitoring tegangan dan arus pada baterai sebelu atau saat pengoperasian unit.



Gambar. 4. Volt-meter dan Ampere-meter

4. Penambahan *fuel Level* indikator

Fungsi dari penambahan *fuel level* indikator adalah untuk mempermudah mahasiswa dalam memonitoring volume bahan yang terdapat didalam *fuel tank*.



Gambar. 5. *Fuel level* indikator

5. Penambahan tempertur alarm

Fungsi utama dari temperatur alarm adalah mengkontrol suhu agar tidak *overheating*. Saat suhu air laut macapai batas suhu yang sudah di atur pada alarm, secara otomatis alarm ini memutuskan arus litrik sehingga *engine* mati.



Gambar. 6. Temperatur alarm

6. Rewiring

Rewiring adalah proses pengkabelan ulang atau menyusun ulang kabel yang tidak tersusun dengan baik. Karena beberapa bagian kabel yang terdapat pada *engine 3126B* bisa dikatakan membutuhkan perawatan. Oleh sebab itu proses rewiring dibutuhkan untuk melengkapi optimalisasi kelistrikan pada *control panel*.



Gambar. 7. Kabel yang akan di optimalisasi

IV. KESIMPULAN

- a. Setelah dilakukan pergantian kotak control panel, mahasiswa lebih mudah dalam memonitoring kinerja *engine*.
- b. Semua indikator yang terpasang berfungsi sesuai antara spesifikasi dengan aktual nya.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Fuqoha dan Arief Muharam. 2017. *Optimalisasi Sistem Pendingin pada Engine 3126B di Workshop Alat Berat*. Tugas Akhir. Tidak di terbitkan. Jurusan Mesin Politeknik Negeri Jakarta : Depok.
- [2] Ihkwan Lazuardi dan Wahyu Sutanto. 2016. *Optimalisasi Monitoring Sistem Engine 3125B Di Politeknik Negeri Jakarta*. Tugas Akhir. Tidak di terbitkan. Jurusan Mesin Politeknik Negeri Jakarta : Depok.
- [3] Australia Pty Ltd, Caterpillar. *Fundamental of Electric System*. Australia: Melbourne. 2003
- [4] Australia Pty Ltd, Caterpillar. *Electric & Electronic*. Australia: Melbourne. 2010
- [5] Tim Redaksi Penyusun KBBI. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka. 1994

STUDI KASUS PENYEBAB KEGAGALAN SHAFT PULLEY PADA BLOWER RGS-J-418 DI PT. X

Hirzan Fairuz Zofari¹, Muhammad Zakinura²

¹Program Studi D3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034
Email: hirzanfairuz@yahoo.co.id

²Dosen Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Polyester Yarn Plant adalah salah satu Plant yang ada di PT. X dalam memproduksi benang polyester. Proses di Polyester Yarn Plant secara garis besar terbagi menjadi 4 tahapan yaitu Unloading Process, SSP Process, Spinning, dan Drawing. SSP Process adalah tempat dimana chip atau bahan baku pembuatan benang polyester diproses untuk merubah iv chip dari 0,64 menjadi 1. Blower RGS-J-418 merupakan salah satu blower dengan jenis lobe yang berfungsi untuk mengalirkan gas nitrogen di SSP Area. Gas nitrogen digunakan untuk conveying chip dari proses preheater menuju reaktor. Pada tanggal 18 Januari 2018 blower tersebut mengalami kegagalan pada shaft pulley. Akibat dari kejadian tersebut proses mengalami shutdown dalam waktu 10 menit. Sampai saat ini penyebab pasti kegagalan shaft tersebut belum dipastikan. Oleh karena itu, perlu dianalisis penyebab pasti dari kegagalan tersebut.

Metode yang digunakan adalah pengamatan visual, analisa minyak dan analisa temperatur dan vibrasi. Pengamatan visual dilakukan dengan mengamati bentuk patahan pada shaft dan mengamati kondisi bearing. Analisa data vibrasi dan temperatur dilakukan untuk mengetahui gejala kerusakan yang timbul selama blower beroperasi. Analisa Minyak dilakukan dengan mengambil sampel pelumas setelah blower beroperasi selama 10/20 hari.

Hasil pengamatan visual pada shaft yang patah ditemukan lokasi patahan dan bentuk patahan. Hasil pengamatan visual pada bearing ditemukan kerusakan pada ring dalam, keausan pada rolling element serta perubahan warna pada permukaan ring dalam bearing. Hasil analisa minyak didapatkan nilai viskositas pelumas Anderoll 5220 adalah 196/242 cSt sedangkan batas nilai minimum adalah 187/264 cSt. Kondisi pelumas tersebut memungkinkan untuk terjadi kontak antara rolling element dengan ring dalam bearing akibat tipisnya lapisan pelumas pada area kontak. Gesekan menimbulkan temperatur yang tinggi pada bearing sehingga memungkinkan terjadinya kerusakan shaft bermula dari kerusakan pada bearing yang sudah tidak mendukung putaran dari shaft. Oleh karena itu, disarankan untuk menaikkan tingkat minyak pelumas dari ISO VG 220 menjadi ISO VG 320.

Kata Kunci: Lobe blower; kegagalan shaft, bantalan, pelumas.

Abstract

Polyester Yarn Plant is one of the existing plant in PT. X in producing polyester yarn.. The process in Polyester Yarn Plant is divided into 4 stages: Unloading Process, SSP Process, Spinning, and Drawing. SSP Process is a place where chips or raw materials for making polyester yarns are processed to convert iv chips from 0.64 to 1. Blower RGS-J-418 is one blower with lobe type that serves to drain nitrogen gas in SSP Area. Nitrogen gas is used for conveying chips from the preheater process to the reactor. On January 18, 2018 the blower suffered a failure on the shaft pulley. As a result of the event the process undergoes a shutdown in a few moments. Until now the exact cause of the shaft failure has not been ascertained. Therefore, it is necessary to analyze the exact cause of the failure.

The method used is visual observation, oil analysis and temperature and vibration analysis. Visual observation is done by observing the shape of the fracture in the shaft and observing the bearing condition. Vibration and temperature data analysis is performed to determine the damage symptoms that occur during blower operation. Oil analysis is done by taking the sample of lubricant after blower operate for 10/20 days.

The visual observation results on the broken shaft found the location of the fracture and the fracture shape. Visual observation results on bearing found failure on the inner race, wear on the rolling element and color changes on the ring surface in the bearings. The oil analysis results obtained the viscosity value of the lubricant Anderoll 5220 is 196/242 cSt while the minimum value limit is 187/264 cSt. The condition of the lubricant allows for contact between the rolling element and the inner race the bearings due to the thin layer of lubricant in the contact area. The friction that creates a high temperature on the bearing, thus allowing damage to the shaft starts from damage to the bearings that have not supported the rotation of the shaft. Therefore, it is advisable to increase the oil grade from ISO VG 220 to ISO VG 320.

Keywords: Lobe blower; shaft failure, bearing, lubrication.

1. PENDAHULUAN

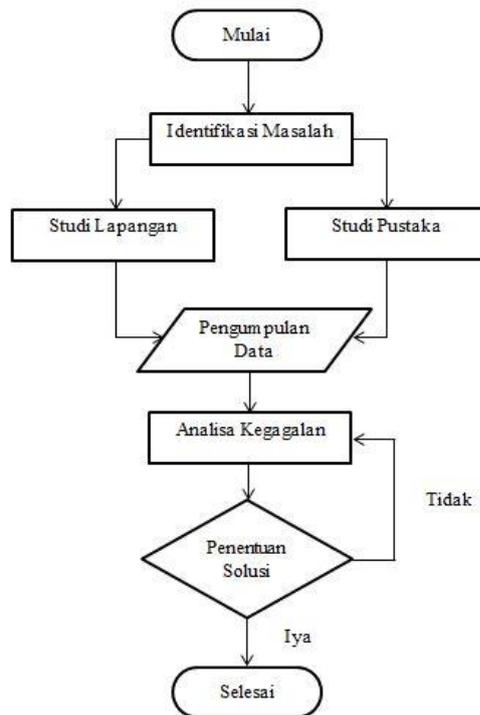
PT. X adalah perusahaan yang bergerak pada bidang produksi benang dan kain penguat ban. Produksi benang dilakukan di *Polyester Yarn Plant* untuk produksi benang *polyester* dan *Nylon 66 Yarn Plant* untuk produksi benang *nylon*. sedangkan untuk produksi kain penguat ban dilakukan di TCF1 dan TCF2. Proses di Yarn Plant, secara garis besar terbagi menjadi 4 tahapan yaitu *Unloading Process*, *SSP Process*, *Spinning*, dan *Drawing*. SSP Process merupakan proses perubahan sifat dan karakteristik *chip*. Proses dilakukan dengan pemberian bahan kimia, penyaluran gas nitrogen, dan pemanasan pada *chip* untuk mengubah *Chip* yang semula mempunyai nilai *iv* 0,64 menjadi 1. Secara visual *chip* akan berubah warna dari semula bening menjadi putih susu. Mesin-mesin yang terdapat pada proses di SSP berupa blower, kompresor, *heater*, dan *cooler*. Blower dan kompresor digunakan untuk menyalurkan gas nitrogen untuk kebutuhan proses di SSP. Sedangkan *heater* dan *cooler* berperan langsung untuk pembentukan *chip*. Blower RGS-J-418 merupakan salah satu blower yang ada di SSP 1 yang berfungsi untuk menyalurkan gas nitrogen menuju reaktor. Gas nitrogen tersebut berfungsi untuk *conveying* *chip* dari preheater menuju reaktor. Pada 18 Januari 2018 blower RGS-J-418 mengalami kegagalan pada *shaft* yang terhubung dengan *pulley*. *Shaft* tersebut patah sehingga membuat proses produksi shutdown selama 10 menit. Sampai saat ini sudah 2 kali *shaft* tersebut mengalami kegagalan dalam waktu 2 tahun terakhir. Belum ditemukan penyebab pasti dari masalah tersebut.

Didasarkan pada latar belakang diatas, akan dilakukan analisa untuk membahas penyebab kegagalan *shaft pulley* blower dan menemukan solusi untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sama. Penulisan makalah ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui penyebab-penyebab yang memicu terjadinya kegagalan pada *shaft* blower.
2. Menentukan penyebab pasti kegagalan *shaft* blower.
3. Menentukan langkah terbaik untuk mengatasi kegagalan tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Pertama penelitian melakukan studi lapangan. Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh data dan masalah blower RGS-J-418 . selanjutnya melakukan studi pustaka dengan mencari referensi dari buku-buku perpustakaan yang berkaitan dengan penelitian, e-book dan internet, dokumen dokumen perusahaan saat melakukan penelitian. Penyusunan makalah ini digunakan metode deskriptif. Metode deskriptif adalah sebuah metode yang menjelaskan sebuah objek penelitian dengan menyertakan data secara nyata (real) sebagaimana kondisi yang berada dilapangan. Selanjutnya melakukan pengumpulan data untuk menunjang pembuktian secara nyata bahwa objek yang diteliti oleh penulis bergantung pada data yang sudah ada dilapangan. Selanjutnya melakukan analisa kerusakan. Pada tahap ini data – data yang telah didapat dari studi lapangan dianalisa lalu dibandingkan dengan data yang diperoleh dari studi pustaka. Setelah dilakukan analisa kemudian dicari solusi dari masalah yang dianalisa. Solusi berupa perbaikan yang harus dilakukan. Setelah data selesai dianalisa dan dicari solusi yang tepat kemudian menafsirkan kesimpulan yang berdasarkan pada tujuan dan permasalahan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Studi Lapangan

Studi lapangan yang diteliti adalah Blower RGS-J-418. Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh data dan masalah blower tersebut. Dengan observasi dapat kita peroleh gambaran yang lebih jelas tentang data pada blower yang akan dibahas. Studi lapangan dilakukan dengan pengamatan visual pada blower secara langsung maupun kondisi lingkungan tempat blower beroperasi.

3.1.1 Kondisi operasi blower adalah sebagai berikut :

- Fungsi : Sirkulasi gas nitrogen pada reaktor
- Tekanan masuk : 11 mbar
- Temperatur masuk : 34,6 °C
- Tekanan keluar : 370 mbar
- Temperatur keluar : 55 °C
- Beban motor : 73 %
- RPM Motor : 2352 RPM
- Temperatur ruang : 35 °C

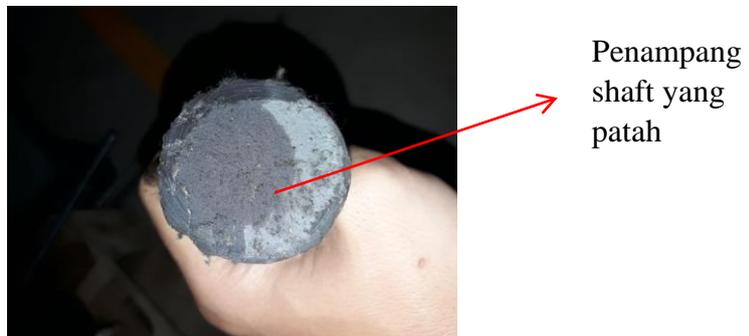


Gambar 2 Blower RGS-J-418

3.1.2 Data Hasil Pengamatan Visual pada Blower

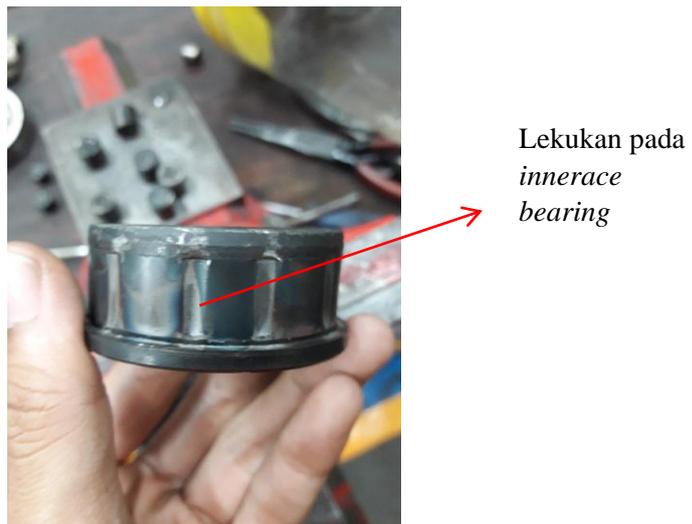


Gambar 3 Lokasi terjadinya kerusakan



Gambar 4 Penampang shaft yang patah

Gambar diatas menunjukkan hasil pengamatan visual pada blower sehingga ditemukan posisi patahnya shaft dan kondisi bearing saat dilakukan pembongkaran pada blower.



Gambar 5 Bearing yang mengalami Brinelling

Rolling
element yang
mengalami
keausan

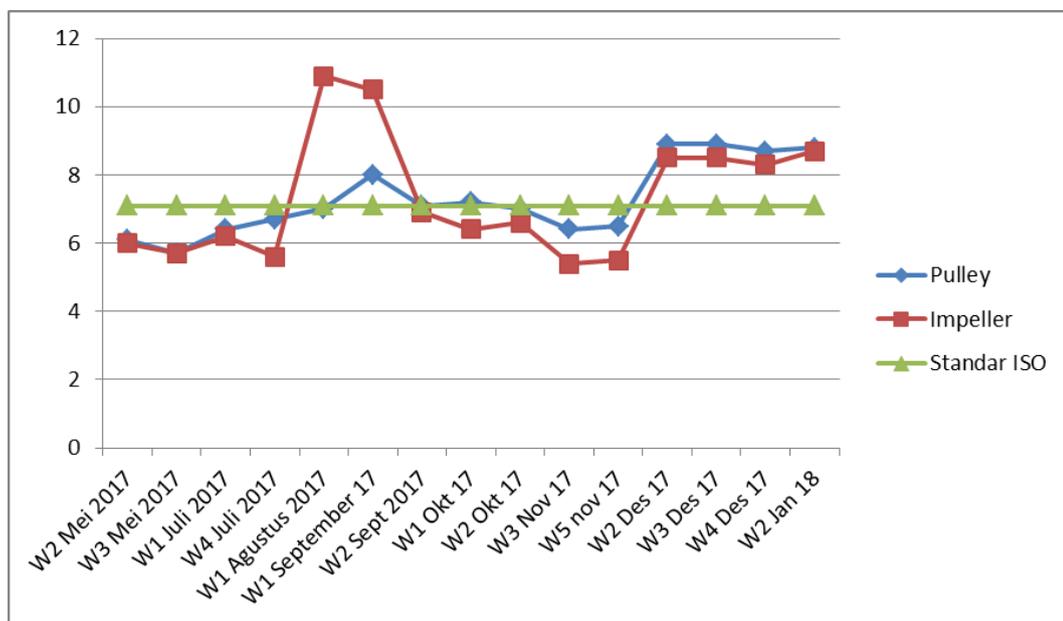


Gambar 6 Rolling element bearing mengalami keausan pada permukaannya

Gambar diatas menunjukkan *innerace bearing* dan *rolling element* pada bagian *drive end* setelah dilakukan pembongkaran berlanjut pada blower. Dari hasil pengamatan visual pada *bearing* tersebut ditemukan adanya lekukan pada bagian *innerace* yang letaknya menyerupai titik bertumpunya *rolling element*, serta timbul perubahan warna pada permukaan *bearing*. Sedangkan pada bagian *rolling element* ditemukan permukaan yang aus serta perubahan warna.

3.1.3 Data Hasil Pengukuran

1. Data pengukuran vibrasi



Gambar 7 Grafik nilai pengukuran vibrasi

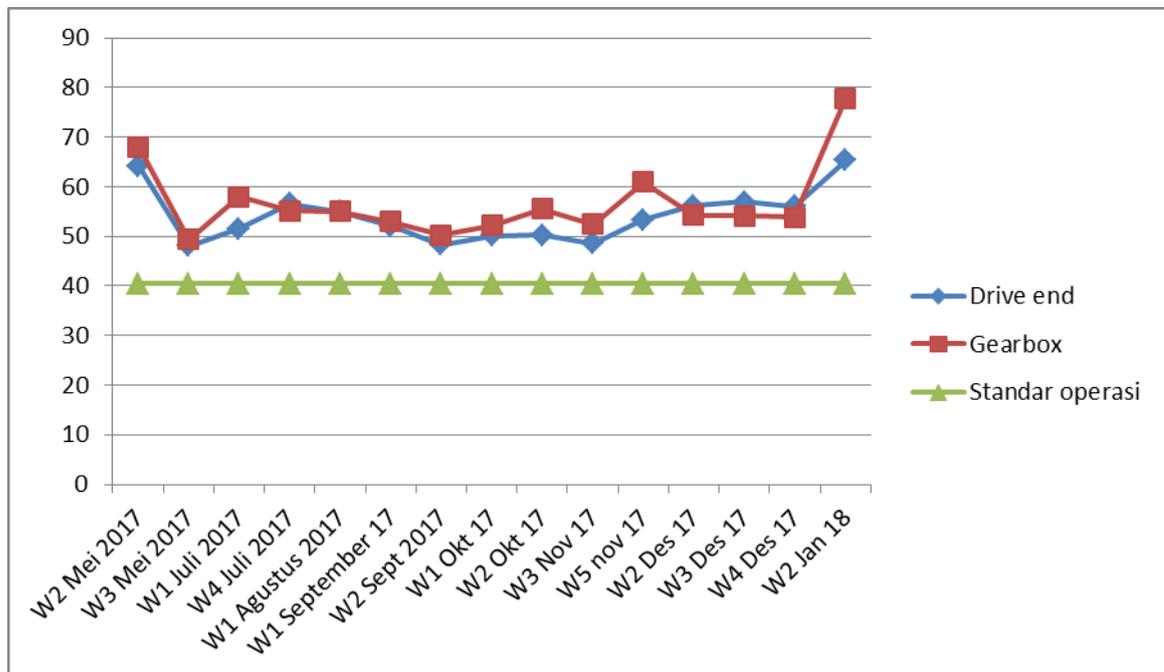
Tabel dan grafik tersebut berisikan nilai hasil pengukuran vibrasi pada blower sebelum terjadinya kerusakan pada shaft. Pengukuran dilakukan dengan mengukur getaran pada *cover blower* pada titik *bearing drive end* maupun *gear box*. Standar vibrasi yang digunakan adalah ISO 10816 dengan nilai 7,1 mm/s untuk batas vibrasi pada zona *unsatisfactory* sehingga untuk nilai diatas 7,1 mm/s vibrasi sudah dalam zona *unacceptable* yang dapat berdampak pada kerusakan. W2 jan 18 adalah pengukuran terakhir sebelum terjadinya kegagalan pada shaft

Tabel 1 Standar vibrasi menurut ISO 10816

R.m.s. vibration velocity mm/s	Class I	Class II	Class III	Class IV
0,28	A	A	A	A
0,45				
0,71				
1,12	B	B	B	B
1,8				
2,8	C	C	C	C
4,5				
7,1	D	D	D	D
11,2				
18				
28				
45				

Blower RGS-J-418 menurut ISO 10816 termasuk kedalam kelas 2, dengan spesifikasi 15kW < P < 75 Kw. Blower mempunyai daya sebesar 75kW pada motor dan 56,1 pada blower. Zona A adalah zona getaran pada saat mesin baru beroperasi. Zona B adalah zona dengan getaran yang dapat memungkinkan operasi mesin dalam jangkauan panjang. Zona C adalah zona getaran yang tidak memungkinkannya operasi mesin berjalan dalam jangka panjang. Zona D adalah zona getaran yang besar untuk menyebabkan terjadinya kerusakan.

2.Data pengukuran temperatur



Gambar 8 Grafik nilai pengukuran temperatur

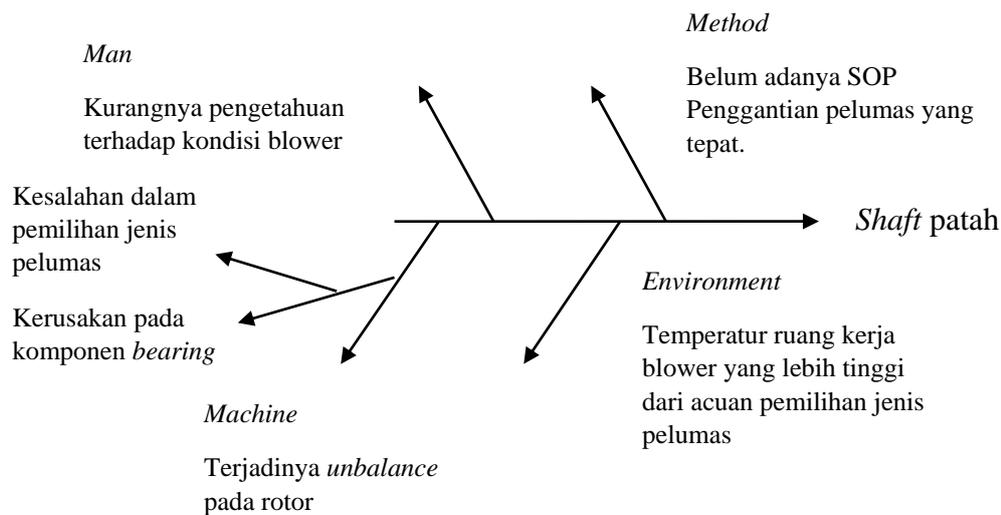
Tabel dan grafik tersebut berisikan nilai hasil pengukuran temperatur pada blower sebelum terjadinya kerusakan pada shaft. Pengukuran dilakukan dengan mengukur temperatur pada *bearing shaft pulley* maupun *shaft impeller*. Standar temperatur yang digunakan adalah standar dari *Manual Instalation Maintenance* pada suhu 40,4°C untuk menentukan jenis pelumas yang digunakan. W2 jan 18 adalah pengukuran terakhir sebelum terjadinya kegagalan pada shaft.

Tabel 2 Jenis pelumas rekomendasi *Manual Instalation Maintenance* Blower RGS-J-418

Ambient* Temp. °F (°C)	ISO Viscosity No.
Above 90° (32°)	320
32° to 90° (0° to 32°)	220
0° to 32° (-18° to 32°)	150
Below 0° (-18°)	100

3.3 Analisa Kerusakan

Dalam analisa ini, penulis menggunakan metode *fishbone* diagram dan mengambil 4 faktor penyebab terjadinya kerusakan, 4 diantaranya adalah *man power*, *machine*, *method* dan *environment*. Hal tersebut penulis lakukan bertujuan untuk mempermudah pekerjaan penulis dalam menganalisa masalah tersebut.



Gambar 9 Diagram *fishbone* kerusakan shaft pada blower

Faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan shaft pada blower :

1. Machine

Penyebab shaft patah dari faktor *machine* adalah terjadinya *unbalance*. *Unbalance* terjadi karena *bearing* yang mengalami *brinelling* atau lekukan pada permukaan *innerace bearing*. *Brinelling* tersebut terjadi karena vibrasi yang tinggi serta kesalahan dalam pemilihan jenis pelumas. Kesalahan jenis pelumas tersebut dapat mengakibatkan bearing mengalami keausan karena tipisnya *oil film* antara *innerace bearing* dan *rolling element*. *Unbalance* pada shaft mengakibatkan getaran dan panas pada bearing yang meningkat tiap minggu yang terlihat dalam data analisis pengukuran vibrasi dan temperatur.

2. Man

Penyebab shaft patah dari faktor *man* adalah kurangnya pengetahuan teknisi *maintenance* terhadap blower itu sendiri. Pengetahuan yang dimaksud adalah bagaimana melakukan perawatan berkala dengan benar, penggantian pelumas yang tepat, pengukuran nilai vibrasi dan temperatur dan mengenali gejala yang dapat menimbulkan kerusakan. Contohnya yaitu pada pengisian volume pelumas yang belum standar. Hal itu dapat mengakibatkan tidak optimalnya kerja pelumas. Kelebihan dan kekurangan volume pengisian pelumas dapat berdampak pada bearing tersebut. Kelebihan pelumas dapat

mengakibatkan putaran blower menjadi berat sehingga dapat menimbulkan panas. Begitu pula untuk kekurangan volume pengisian, dapat mengakibatkan gesekan pada bearing karena kurangnya lapisan minyak pada area kontak bearing.

3. Method

Penyebab shaft patah dari faktor *method* adalah belum adanya SOP pemeliharaan yang tepat untuk penggantian pelumas. SOP pemeliharaan ini bertujuan untuk mengarahkan teknisi untuk melakukan pemeliharaan agar tidak terjadinya kerusakan akibat *human error*. Dengan adanya SOP pemeliharaan, diharapkan kerusakan yang tiba-tiba dapat diminimalisir dan diprediksi.

4. Environment

Temperatur ruang kerja blower yang lebih tinggi dari acuan pemilihan jenis pelumas. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas pelumas sebelum blower tersebut beroperasi. Penurunan kualitas pelumas dapat mengakibatkan kinerja blower ikut turun dan menyebabkan panas berlebih karena pelumasan yang tidak optimal. Hal tersebut dapat disebabkan karena jenis pelumas yang belum sesuai standar.

3.4 Penentuan Solusi

Solusi dari masalah diatas adalah merubah jenis pelumas dari ISO VG 220 menjadi ISO VG 320 dan jumlah pengisian volume pelumas diselaraskan dengan rekomendasi dari *manual book* yaitu 1,06 liter pada *gear box* dan 0,56 pada *drive end*.

PROPERTIES	TEST METHOD	ANDEROL® 5220 PLUS	ANDEROL® 5320 PLUS	ANDEROL® 5460 PLUS	ANDEROL® 5680 PLUS
ISO Grade	—	220	320	460	680
AGMA Grade	AGMA 9005-D94	5EP	6EP	7EP	8EP
Viscosity, cSt	@ 40°C	225	330	468	694
	@ 100°C	26	35	47	65
Viscosity Index	ASTM D2270	150	153	159	166
Pour Point, °C	ASTM D97	-42	-42	-39	-39
Flash Point, °C	ASTM D92	244	246	250	262
Density @15.6°C (60°F)	ASTM D1250	0.86	0.86	0.86	0.86
Acid number, mg KOH/g	ASTM D664	0.7	0.7	0.7	0.7
Foam Seq I,II,III (ml/ml)	ASTM D892	0/0, 15/0, 0/0	0/0, 0/0, 0/0	0/0, 0/0, 0/0	0/0, 0/0, 0/0
Copper Corrosion	ASTM D130	1b	1b	1b	1b
Steel Corrosion	ASTM D665A/B	Pass	Pass	Pass	Pass
Oxidation, % KV/100 change	ASTM D2893	1.34	1.57	1.51	1.71
Timken OK Load, lb	ASTM D2782	100	100	100	100
4-Ball Wear, mm	ASTM D4172	0.33	0.34	0.31	0.35
4-Ball EP	ASTM D2783				
Load Wear Index, kgf Weld Point, kg		56 250	65 250	77 250	65 250
Demulsibility at 82°C, mL oil/ water/emulsion (min)	ASTM D1401	43/37/0 (25)	40/40/0 (25)	43/37/0 (30)	42/38/0 (55)
Shear Stability at 30 cycles, %viscosity loss	ASTM D7109	2.97	4.11	18.76	-
Shear Stability at 90 cycles, %viscosity loss		1.77	1.29	5.44	-
FAG FE8, roller bearing wear	DIN 51819-3			4	
weight loss Rollers, mg				29	
weight loss Cage, mg					
FZG A/8.3/90, pass load stage	DIN 51354			≥14	
FZG A/16.6/90, pass load stage	DIN 51354			≥14	
Micropitting resistance	FVA 547			High	

Gambar 10 Spesifikasi pelumas ISO VG 320

4. KESIMPULAN

Kerusakan shaft pada blower RGS-J-418 bermula dari kerusakan pada *bearing* sehingga mengakibatkan terjadinya *miss alignment* dan menimbulkan vibrasi sebesar 8,9 mm/s. Menurut ISO 10816 nilai vibrasi diatas 7,1 mm/s termasuk zona *unaccaptable* atau kemungkinan besar dapat menimbulkan kerusakan. Kerusakan pada *bearing* disebabkan beberapa factor yaitu kesalahan pemilihan jenis pelumas dan tidak adanya SOP penggantian pelumas pada blower yang tepat. Solusi untuk hal tersebut adalah merubah jenis pelumas dari ISO VG 220 menjadi ISO VG 320 berdasar petunjuk *Manual Instalation Maintenance* Blower RGS-J-418. Dengan jenis pelumas dan prosedur penggantian yang tepat, maka dapat memperpanjang umur penggunaan mesin dan mengurangi resiko terjadinya kerusakan tiba-tiba.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Current Operational Condition* Blower RGS-J-418. PT. Indo Kordsa Tbk. 2018.
- [2] Bloch Heinz P, Fred K. Geitner. *Machinery Failure Analysis and Troubleshooting*. Gulf Publishing Company. Houston. 1999.
- [3] DATA VIBRASI AHU, SSP, EXT dan Temperatur Extruder. PT. Indo Kordsa Tbk.2017.*Manual Instalation Maintenance* Blower RGS-J-418. Dresser.inc. 2004
- [4] www.scribd.com, ISO 10816-1 *Mechanical Vibration – Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts*.
- [5] *Manual Instalation Maintenance* Blower RGS-J-418. Dresser.inc.2004
- [6] <http://www.root-cause-analysis.co.uk>, *Mini Guide to Root Cause Analysis*
- [7] <http://anderol.com/deployedfiles/ChemturaV8/anderol-enUS/Products/ANDEROL%205220%20Plus.pdf>, *Anderol 5000 Plus Series*.

**PEMASANGAN ALAT BANTU FITTING CONNECTOR UNTUK PENGUKURAN
PRESSURE PADA ENGINE 3406E DAN 3126B**

Asep Apriana¹; Muhammad Abdul Aziz Mirsad²; Muhammad Farhan Restu Azis³; Putro Yudistiro⁴; Rizki Nanda Syah Putra⁵

Program Studi Teknik Alat Berat Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034

asepapriana@yahoo.com

Abstrak

Teknik Alat Berat sudah berdiri sejak tahun 2001. Di program studi teknik alat berat terdapat mata kuliah mulai dari dasar sistem kelistrikan, sistem penggerak, hidrolis sistem, sistem mesin hingga menengah. Khususnya pada mata kuliah membangun kembali mesin tepatnya di semester 4. Mata kuliah membangun kembali mesin ini dilakukan dan diberikan kepada mahasiswa teknik alat berat semester 4 ditujukan agar mahasiswa dapat melakukan melepas dan memasang mesin mulai dari pemeriksaan mesin bagian atas sampai keseluruhan dikarenakan ini salah satu cara agar mahasiswa dapat melihat kondisi aktual engine mulai dari komponen luar hingga komponen dalam serta dapat memahami masing-masing fungsi komponen yang terletak pada mesin dan diharapkan mahasiswa dapat melakukan pemeriksaan mesin dengan prosedur yang sesuai.

Karena tujuan dilakukannya engine rebuild adalah untuk mengembalikan performa sebuah mesin kembali seperti semula atau sesuai dengan standart awal. namun pada mesin Diesel di politeknik ini khususnya teknik alat berat tidak pernah dilakukan pemeriksaan secara menyeluruh terutama pada bagian pengukuran tekanan meskipun alat bantu tekan sudah dimiliki.

Pada bagian ini mahasiswa melupakan satu hal yang bisa dikatakan sangat penting yaitu tidak melakukan pengukuran pada tekanan bahan bakar, oli, dan udara. Padahal 3 elemen tersebut sangat mempengaruhi kondisi performa sebuah mesin. Dalam proses pengukuran diperlukan fitting connector sebagai penghubung mesin dan pengukur tekanan. Dan salah satu fungsi dari fitting konektor tersebut adalah sebagai penghubung saluran masuknya sebuah zat atau fluida yang hanya akan mengalir pada satu arah. Dengan dipasangnya fitting konektor pada engine yang nantinya akan digunakan untuk proses pengukuran tekanan pada sebuah mesin yang telah selesai dibangun sehingga semua hasil aktual sebuah mesin dapat diketahui dengan pasti mulai dari performa hingga ke bagian tekanannya.

Kata kunci : membangun kembali mesin, perbaikan, pengukur tekanan, fitting konektor

Abstract

Heavy Equipment Engineering has been established since 2001. In the heavy equipment study program there are courses ranging from Fundamental Electric systems, Power Train, Hydraulic system, Engine system to Intermediate. Especially in the course engine rebuild precisely in semester 4. Engine Rebuild course is done and given to engineering students heavy equipment semester 4 is intended for students to remove engine install from overhaul top to major because this is one way for students to see actual engine conditions ranging from external components to components in and can understand each component function located on the engine and students are expected to perform overhaul engine with the appropriate procedures.

Because the purpose of the engine rebuild is to restored the performance of an engine back as before or in accordance with the initial standard, but the Diesel Engine in this polytechnic, especially heavy equipment engineering was never done a thorough examination, especially in the measurement of pressure when the tool is a pressure gauge owned. In this case the student forgot one thing that can be said is very important that is did'n do the measurement on pressure fuel, oil, and air intake. Though the 3 elements greatly affect the performance conditions of an engine. at process of measurement required fitting connector as a link engine and pressure gauge. And one of the functions of the fittings is the connector of the inlet channel of a substance or fluid that will only flow in one direction. With the fitting connector installed on the engine that will be used for the process of measuring the pressure on a machine that has been completed in rebuild so that all the actual results of a machine can be known with certainty from the performance to get the pressure.

Keywords: engine rebuild, overhaul, pressure gauge, fitting connector

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Politeknik Negeri Jakarta merupakan salah satu lembaga pendidikan vokasional yang menyelenggarakan pendidikan dibidang rekayasa Teknik dan Tata Niaga. Pada bidang rekayasa Teknik terdapat 5 Jurusan yaitu Jurusan Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Teknik Informatika dan Teknik Grafika dan Penerbitan. Jurusan Teknik Mesin mempunyai 5 Program Studi dan salah satunya yaitu Program Studi Alat Berat yang bekerja sama dengan PT. Trakindo Utama.

Teknik Alat Berat sudah berdiri sejak tahun 2001. Di program studi teknik alat berat terdapat mata kuliah mulai dari *Fundamental Electric system, Power Train, Hydraulic system, Engine system* hingga *Intermediate*. Khususnya pada mata kuliah *engine rebuild* tepatnya di semester 4. Mata kuliah *Engine Rebuild* ini dilakukan dan diberikan kepada mahasiswa teknik alat berat semester 4 ditujukan agar mahasiswa dapat melakukan *remove install engine* mulai dari *overhaul top* sampai *mayor* dikarenakan ini salah satu cara agar mahasiswa dapat melihat kondisi *actual engine* mulai dari komponen luar hingga komponen dalam serta dapat memahami masing-masing fungsi komponen yang terletak pada *engine* dan diharapkan mahasiswa dapat melakukan *overhaul engine* dengan prosedur yang sesuai. Mata kuliah ini merupakan salah satu modal bagi mahasiswa yang akan melaksanakan kegiatan OJT pada semester 5, karena di PT.Trakindo Utama BSD, pekerjaan yang paling sering dijumpai salah satunya adalah *engine* yang akan di *overhaul*, sehingga mahasiswa setidaknya mempunyai sedikit bekal untuk melakukan *engine overhaul* di tempat OJT. Pada dasarnya mulai dari *literature, manual book* hingga dosen pengajar pun sudah memadahi untuk melakukan pekerjaan *overhaul engine* pada mata kuliah *engine rebuild* di Politeknik Negeri Jakarta khususnya Teknik alat berat, tetapi untuk melakukan pekerjaan tersebut memerlukan alat bantu yang memadai guna mengetahui performa sebuah *engine*. Yang selama ini diterapkan pada mata kuliah tersebut saat mahasiswa melakukan *overhaul engine* mahasiswa hanya melakukan *remove* komponen *engine, cleaning* komponen, *measuring*, melakukan penggantian komponen yang rusak secara visual, lalu menginstall kembali *engine*, pada hal ini mahasiswa melupakan satu hal yang bisa dikatakan sangat penting yaitu tidak melakukan pengukuran pada *pressure fuel, oil, air intake*. Padahal 3 element tersebut sangat mempengaruhi kondisi performa sebuah *engine*, dalam *literature* tersebut yang tertera pada SIS (*Service Information System*) pada saat melakukan *engine rebuild* dianjurkan untuk melakukan prosedur pengetesan *pressure* pada beberapa system tersebut untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan nilai spesifikasi pada *engine* tersebut. Masalah yang dihadapi mahasiswa Teknik Alat Berat adalah terhambat pada kurangnya *tools* yang menunjang kegiatan tersebut. Karena tujuan dilakukannya *engine rebuild* adalah untuk mengembalikan performa sebuah *engine* kembali seperti semula atau sesuai dengan standart awal, namun pada *Diesel Engine* di politeknik ini khususnya teknik alat berat tidak pernah dilakukan pemeriksaan secara menyeluruh terutama pada bagian pengukuran *pressure* padahal alat bantu tersebut yaitu *pressure gauge* telah tersedia kurang lebih 2 tahun yang lalu dan diletakan di *tool room*. namun masih memiliki kekurangan yaitu dari sisi penerapan *pressure gauge* tersebut yang masih belum diketahui lokasi pemasangan dan penambahan alat bantu berupa *fitting, connector* dll. Dengan kendala tersebut mahasiswa bahkan dosen pengajar pun tidak dapat mengetahui apakah *engine* yang telah selesai di *rebuild* tersebut sudah sesuai spesifikasi atau belum. Pentingnya melakukan pengukuran *pressure* tersebut adalah sebagai acuan pertama untuk mengambil keputusan bila terjadi kerusakan pada sebuah *system engine*.

Salah satu fungsi dari *fitting connector* tersebut adalah sebagai penghubung saluran masuknya sebuah zat atau fluida yang hanya akan mengalir pada satu arah. , Dengan dipasangnya *fitting* dan *connector* pada *engine* yang nantinya akan di gunakan untuk menunjang proses pembelajaran lebih menyeluruh dari pada yang sebelumnya sekaligus mengoptimalkan alat ukur yang sudah ada di politeknik negeri jakarta khususnya di program studi teknik alat berat . maka kami akan melakukan penambahan alat bantu berupa *fitting connector* pada *engine* sebagai media penyempurna *tools pressure gauge* pada pembelajaran Mahasiswa Program Studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta khususnya *engine rebuild*. Diharapkan dengan tersedianya alat bantu tersebut , mahasiswa Teknik Alat Berat untuk generasi selanjutnya yaitu adik kelas kami dapat melakukan prosedur yang sesuai untuk mengetahui *pressure* dalam sebuah *engine* yang selama ini belum pernah dilakukan oleh angkatan-angkatan sebelumnya, sehingga

mereka dapat mengetahui lebih rinci tentang kondisi *actual engine* mengenai *pressure engine*.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Dapat mengetahui letak pemasangan *fitting connector* yang tepat.
2. Dapat mengetahui prosedur yang benar untuk menggunakan alat *pressure gauge*.
3. Dapat mengetahui hasil pengukuran pressure melalui indicator pada *pressure gauge*.
4. Dapat menentukan performa *engine 3406e* dan *3126b* masih sesuai pada spesifikasi atau tidak

1.3 Landasan Teori Definisi Pressure

Tekanan atau *pressure* adalah sebuah istilah untuk besaran gaya yang diberikan / diterapkan ke suatu area permukaan tertentu. Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan *volume* (isi) dan suhu. Semakin tinggi tekanan di dalam suatu tempat dengan isi yang sama, maka suhu akan semakin tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa suhu di pegunungan lebih rendah daripada di dataran rendah, karena di dataran rendah tekanan lebih tinggi.

Pressure Gauge

Pressure Gauge Dalam dunia Industri seperti pabrik, biasanya dikenal sebuah istilah *pressure gauge*. Lantas, apakah yang dimaksud dengan *pressure gauge* tersebut. *Pressure gauge* adalah sebuah alat pengukur yang berfungsi untuk mengukur sebuah tekanan udara dan fluida yang bisa berupa gas atau cair, dalam sebuah tabung tertutup. Untuk satuan pengukurannya sendiri dikenal dengan istilah psi atau *pound per square inch*, ada juga psf atau *pound per square foot*, mmHg atau *millimeter of mercury*, inHg atau *inch of mercury*, bar, hingga atm atau *atmosphere*. *Pressure gauge* sendiri biasa digunakan untuk memantau tiap tekanan udara serta gas yang berada dalam sebuah kompresor udara, berbagai peralatan vakum, jalur proses, hingga tabung gas medis serta alat pemadam kebakaran. Tak hanya mampu menunjukkan pengukuran secara visual, *pressure gauge* juga bisa di konfigurasi secara khusus untuk akhirnya memberikan sebuah keluaran listrik. Berbagai jenis *pressure gauge* berdasarkan fungsinya

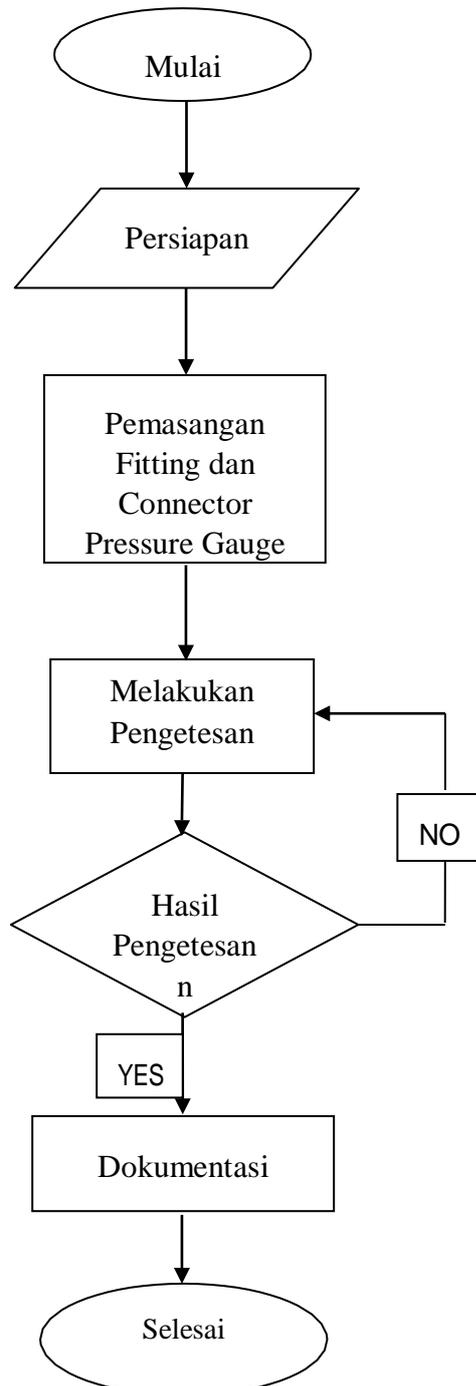
Fitting Connector

Fitting (sambungan), *Fitting* adalah sebuah benda yang digunakan sebagai penghubung antar *tubing* atau penghubung antara *tubing* dengan instrument. *Fittings* diperlukan untuk mengubah arah baik 450 maupun 900, dan melakukan percabangan, maupun merubah diameter aliran. Jenis-jenis alat penyambung pada dasarnya alat ini dikelompokkan dalam dua bagian :

- Jenis sambungan dengan pengelasan
- Jenis sambungan dengan ulir.

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

2.1 Flow Chart



KETERANGAN

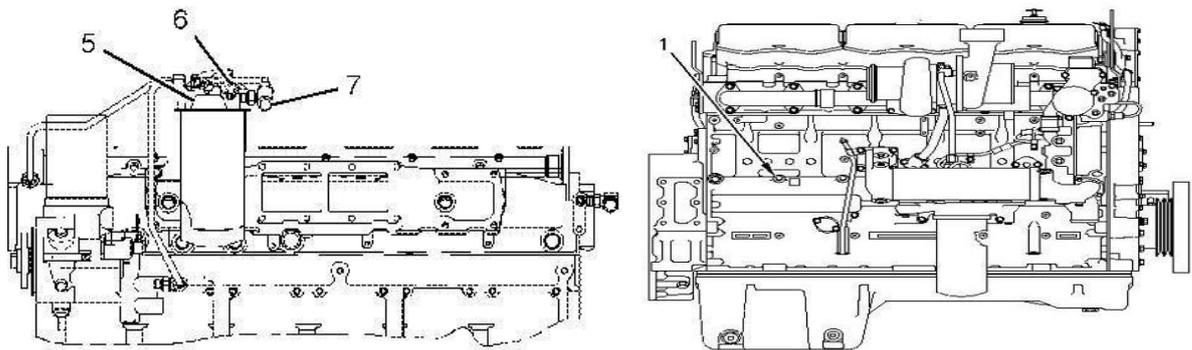
Bila hasil pengetesan *pressure* tidak sesuai spesifikasi yang dilambangkan dengan kata "NO" maka dapat melakukan perbaikan pada *system* yang bermasalah. Lalu lakukan pengetesan ulang hingga hasilnya sesuai dengan spesifikasi.

- **Persiapan**

Langkah pertama yakni melakukan pengumpulan data dari berbagai artikel dan jurnal mengenai pressure gauge dan fitting, serta mencari prosedur menggunakan pressure gauge melalui SIS, Manual Book, Literature untuk mencari spesifikasi *engine* yang akan di tes *pressure*-nya lalu menyiapkan segala peralatan yang akan dibeli seperti alat bantu *fitting* serta *adapter* dan mencari referensi tambahan dari PT.Trakindo Utama dan Trakindo Training Center sebagai data tambahan tentang prosedur pengetesan pressure gauge dan pemasangan *fitting*.

- **Pemasangan Alat Bantu *Fitting***

Melakukan pemasangan *fitting* pada *engine* 3406E & 3126B sebagai media alat bantu untuk melakukan pengetesan menggunakan *pressure gauge*. Pemasangan fitting disini terbagi beberapa jenis jenis, tergantung fungsinya.



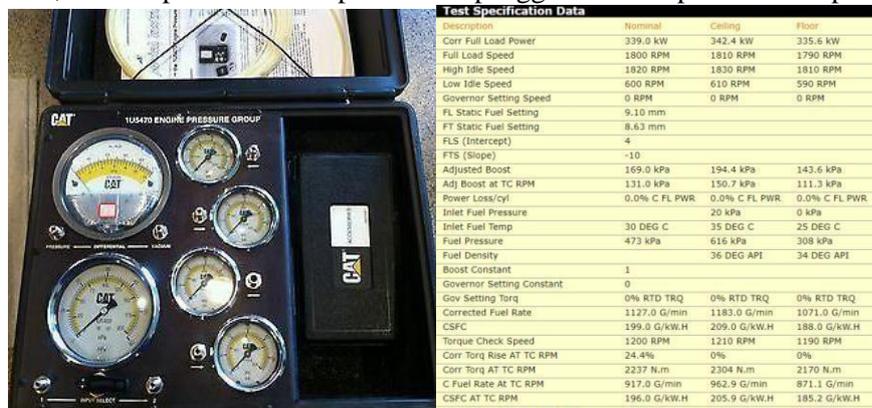
Contoh letak pemasangan *fitting connector* pada *engine* 3406e dan 3126b

- **Pengetesan *Pressure***

Melakukan Pengetesan *pressure* meliputi *pressure* udara, bahan bakar, dan oli dengan menggunakan *pressure gauge*. Dimana media tersebut yang akan terbaca pada indikator *pressure gauge*. Pengetesan dilakukan dengan prosedur yang ditentukan oleh *caterpillar*.

- **Hasil Pengetesan**

Melakukan pembacaan dan penilaian hasil dari pengetesan pressure gauge yang ditunjukkan oleh indikator untuk menentukan layak atau tidaknya *pressure engine*. Hasil pengetesan ini akan dibandingkan dengan spesifikasi masih dalam kondisi yang baik atau tidak. Bila hasil pengetesan tidak sesuai spesifikasi, maka lakukanlah pengecekan pada *engine*, lakukan perbaikan dan penggantian komponen yang terjadi kerusakan bila dibutuhkan. Dibawah ini merupakan contoh *indicator gauge* yang ada pada *pressure gauge* 1U5470 *Caterpillar*. Bila hasil pengetesan sudah terbaca, lalu bandingkan dengan *Test Spesification* data Engine *Caterpillar*. Hasil pengetesan bisa ditentukan apakah masih sesuai spesifikasi atau tidak. Bila hasil pengetesan tidak sesuai spesifikasi, maka dapat melakukan pengecekan pada system yang bermasalah, lakukan perbaikan komponen atau penggantian komponen bila diperlukan.



Gambar 1

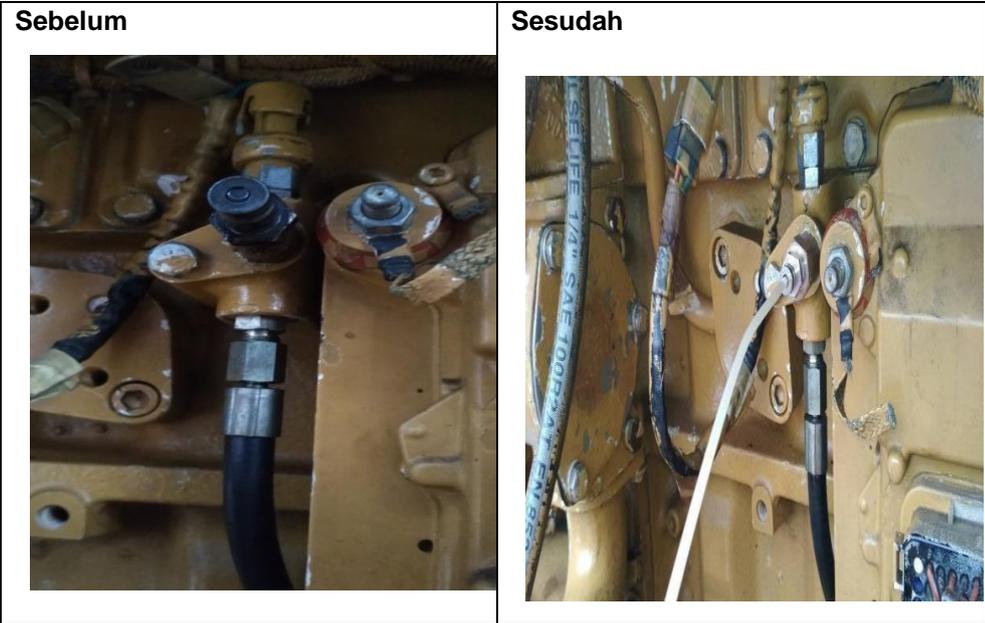
- Dokumentasi

Melakukan pencatatan semua hasil yang didapat dari hasil pengetesan pressure yang ditujukan sebagai data aktual dari suatu *engine*. Dan dapat dijadikan tolak ukur untuk membandingkan dengan nilai spesifikasi. Hasil tersebut dapat dianalisa untuk melakukan langkah perbaikan maupun perawatan apabila terjadi masalah pada *engine* tersebut. Dokumentasi ini sangat diperlukan guna sebagai bukti nyata yang dapat dijadikan acuan oleh para mahasiswa yang nantinya ingin mempergunakan alat *pressure gauge*.

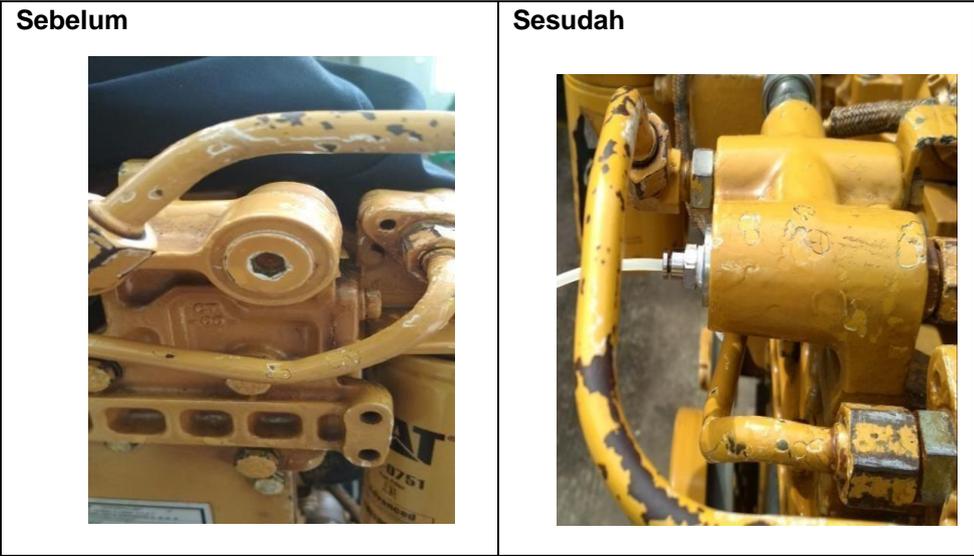
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Perbedaan antara sebelum dengan sesudah pemasangan fitting connector



Gambar 2



Gambar 3

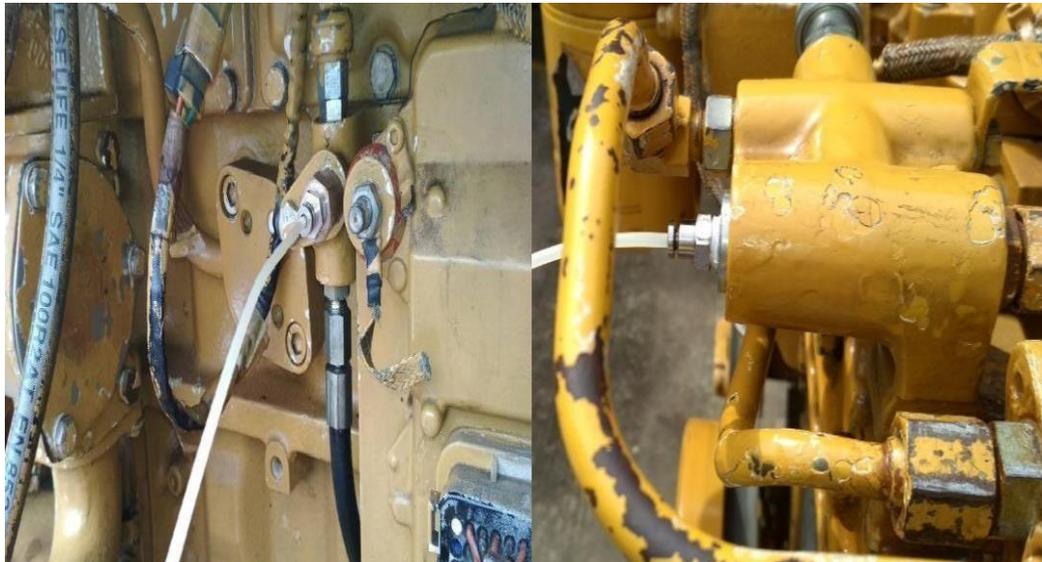
Hasil pengujian pada engine 3126B :

Engine 3126B Marine	Low Idle Without Load	
	650 RPM	
	Kpa	Psi
Oil Pressure	270	40
Fuel Pressure	440	64
Air Restricted	-	-
Air Inlet Pressure	-	-

Tabel 3.1 Pengujian

* Air Restricted & Air Inlet Pressure sedang dalam proses.

3.2 Pembahasan



Gambar 4 Pemasangan dan pengetsan *fitting connector*

Pada gambar *layout* ke tiga ini adalah gambar *engine* yang sudah kami pasang *fitting* sehingga dapat dilakukan pengetesan *pressure* menggunakan alat *pressure gauge tools 1U5470*, yang nantinya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai salah satu acuan mengenai *pressure* pada sebuah *engine* apakah masih sesuai spesifikasi atau tidak. dan nantinya akan dilakukan perbaikan pada sistem yang terkait bila terjadi kurangnya *pressure* atau terlalu tingginya *pressure*. Untuk Pengujian pertama pada *engine 3126B* telah didapat hasil seperti dalam tabel pengujian. Hasil yang didapat yakni *pressure* sedikit dibawah nilai spesifikasi, dikarenakan *engine 3126B* ini tidak diberikan beban sehingga *fuel* dan *oil* yang di suplai ke dalam *system* tidak terlalu banyak .

KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mahasiswa dapat mengetahui letak pemasangan *fitting connector* yang tepat
2. Mahasiswa dapat menggunakan alat *pressure gauge* yang sebelumnya belum pernah dipakai berkat pemasangan alat bantu *fitting connector* dan mahasiswa dapat mengetahui prosedur penggunaan *pressure gauge* yang baik dan benar
3. Mahasiswa Dapat mengetahui hasil pengukuran *pressure* melalui *indicator* pada *pressure gauge*
4. Mahasiswa dapat melakukan perbandingan hasil antara pada *general indicator* dengan *pressure gauge* dan hasil penggetesan dapat digunakan oleh mahasiswa sebagai acuan untuk pengambilan keputusan setelah dibandingkan dengan spesifikasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J Aryo S, "Pembuatan Alat Peraga Hidrolik " Proyek Akhir , Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret ,Surakarta, 2010.
- [2] Caterpillar,"Testing and Adjusting", <https://sis.cat.com>.
- [3] *Catalog fitting festo, 2005.*
- [4] Angelo M, *Fitting Catalog* , 1937.
- [5] Andhi,"fluid circuit experiment" untuk mengukur kerugian aliran fluida melalui fitting elbow dan tee pada mata kuliah mekanika fluida, 2014.

**PEMASANGAN ALAT BANTU FITTING CONNECTOR UNTUK PENGUKURAN
PRESSURE PADA ENGINE 3406E DAN 3126B**

Asep Apriana¹; Muhammad Abdul Aziz Mirsad²; Muhammad Farhan Restu Azis³; Putro Yudistiro⁴; Rizki Nanda Syah Putra⁵

Program Studi Teknik Alat Berat Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424
Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034
asepapriana@yahoo.com

Abstrak

Teknik Alat Berat sudah berdiri sejak tahun 2001. Di program studi teknik alat berat terdapat mata kuliah mulai dari dasar sistem kelistrikan, sistem penggerak, hidrolis sistem, sistem mesin hingga menengah. Khususnya pada mata kuliah membangun kembali mesin tepatnya di semester 4. Mata kuliah membangun kembali mesin ini dilakukan dan diberikan kepada mahasiswa teknik alat berat semester 4 ditujukan agar mahasiswa dapat melakukan melepas dan memasang mesin mulai dari pemeriksaan mesin bagian atas sampai keseluruhan dikarenakan ini salah satu cara agar mahasiswa dapat melihat kondisi aktual engine mulai dari komponen luar hingga komponen dalam serta dapat memahami masing-masing fungsi komponen yang terletak pada mesin dan diharapkan mahasiswa dapat melakukan pemeriksaan mesin dengan prosedur yang sesuai.

Karena tujuan dilakukannya engine rebuild adalah untuk mengembalikan performa sebuah mesin kembali seperti semula atau sesuai dengan standart awal. namun pada mesin Diesel di politeknik ini khususnya teknik alat berat tidak pernah dilakukan pemeriksaan secara menyeluruh terutama pada bagian pengukuran tekanan meskipun alat bantu tekan sudah dimiliki.

Pada bagian ini mahasiswa melupakan satu hal yang bisa dikatakan sangat penting yaitu tidak melakukan pengukuran pada tekanan bahan bakar, oli, dan udara. Padahal 3 elemen tersebut sangat mempengaruhi kondisi performa sebuah mesin. Dalam proses pengukuran diperlukan fitting connector sebagai penghubung mesin dan pengukur tekanan. Dan salah satu fungsi dari fitting konektor tersebut adalah sebagai penghubung saluran masuknya sebuah zat atau fluida yang hanya akan mengalir pada satu arah. Dengan dipasangnya fitting konektor pada engine yang nantinya akan digunakan untuk proses pengukuran tekanan pada sebuah mesin yang telah selesai dibangun sehingga semua hasil aktual sebuah mesin dapat diketahui dengan pasti mulai dari performa hingga ke bagian tekanannya.

Kata kunci : membangun kembali mesin, perbaikan, pengukur tekanan, fitting konektor

Abstract

Heavy Equipment Engineering has been established since 2001. In the heavy equipment study program there are courses ranging from Fundamental Electric systems, Power Train, Hydraulic system, Engine system to Intermediate. Especially in the course engine rebuild precisely in semester 4. Engine Rebuild course is done and given to engineering students heavy equipment semester 4 is intended for students to remove engine install from overhaul top to major because this is one way for students to see actual engine conditions ranging from external components to components in and can understand each component function located on the engine and students are expected to perform overhaul engine with the appropriate procedures.

Because the purpose of the engine rebuild is to restored the performance of an engine back as before or in accordance with the initial standard, but the Diesel Engine in this polytechnic, especially heavy equipment engineering was never done a thorough examination, especially in the measurement of pressure when the tool is a pressure gauge owned. In this case the student forgot one thing that can be said is very important that is did'n do the measurement on pressure fuel, oil, and air intake. Though the 3 elements greatly affect the performance conditions of an engine. at process of measurement required fitting connector as a link engine and pressure gauge. And one of the functions of the fittings is the connector of the inlet channel of a substance or fluid that will only flow in one direction. With the fitting connector installed on the engine that will be used for the process of measuring the pressure on a machine that has been completed in rebuild so that all the actual results of a machine can be known with certainty from the performance to get the pressure.

Keywords: engine rebuild, overhaul, pressure gauge, fitting connector

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Politeknik Negeri Jakarta merupakan salah satu lembaga pendidikan vokasional yang menyelenggarakan pendidikan dibidang rekayasa Teknik dan Tata Niaga. Pada bidang rekayasa Teknik terdapat 5 Jurusan yaitu Jurusan Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Teknik Informatika dan Teknik Grafika dan Penerbitan. Jurusan Teknik Mesin mempunyai 5 Program Studi dan salah satunya yaitu Program Studi Alat Berat yang bekerja sama dengan PT. Trakindo Utama.

Teknik Alat Berat sudah berdiri sejak tahun 2001. Di program studi teknik alat berat terdapat mata kuliah mulai dari *Fundamental Electric system, Power Train, Hydraulic system, Engine system* hingga *Intermediate*. Khususnya pada mata kuliah *engine rebuild* tepatnya di semester 4. Mata kuliah *Engine Rebuild* ini dilakukan dan diberikan kepada mahasiswa teknik alat berat semester 4 ditujukan agar mahasiswa dapat melakukan *remove install engine* mulai dari *overhaul top* sampai *mayor* dikarenakan ini salah satu cara agar mahasiswa dapat melihat kondisi *actual engine* mulai dari komponen luar hingga komponen dalam serta dapat memahami masing-masing fungsi komponen yang terletak pada *engine* dan diharapkan mahasiswa dapat melakukan *overhaul engine* dengan prosedur yang sesuai. Mata kuliah ini merupakan salah satu modal bagi mahasiswa yang akan melaksanakan kegiatan OJT pada semester 5, karena di PT. Trakindo Utama BSD, pekerjaan yang paling sering dijumpai salah satunya adalah *engine* yang akan di *overhaul*, sehingga mahasiswa setidaknya mempunyai sedikit bekal untuk melakukan *engine overhaul* di tempat OJT. Pada dasarnya mulai dari *literature, manual book* hingga dosen pengajar pun sudah memadahi untuk melakukan pekerjaan *overhaul engine* pada mata kuliah *engine rebuild* di Politeknik Negeri Jakarta khususnya Teknik alat berat, tetapi untuk melakukan pekerjaan tersebut memerlukan alat bantu yang memadai guna mengetahui performa sebuah *engine*. Yang selama ini diterapkan pada mata kuliah tersebut saat mahasiswa melakukan *overhaul engine* mahasiswa hanya melakukan *remove* komponen *engine, cleaning* komponen, *measuring*, melakukan penggantian komponen yang rusak secara visual, lalu menginstall kembali *engine*, pada hal ini mahasiswa melupakan satu hal yang bisa dikatakan sangat penting yaitu tidak melakukan pengukuran pada *pressure fuel, oil, air intake*. Padahal 3 element tersebut sangat mempengaruhi kondisi performa sebuah *engine*, dalam *literature* tersebut yang tertera pada SIS (*Service Information System*) pada saat melakukan *engine rebuild* dianjurkan untuk melakukan prosedur pengetesan *pressure* pada beberapa system tersebut untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan nilai spesifikasi pada *engine* tersebut. Masalah yang dihadapi mahasiswa Teknik Alat Berat adalah terhambat pada kurangnya *tools* yang menunjang kegiatan tersebut. Karena tujuan dilakukannya *engine rebuild* adalah untuk mengembalikan performa sebuah *engine* kembali seperti semula atau sesuai dengan standart awal, namun pada *Diesel Engine* di politeknik ini khususnya teknik alat berat tidak pernah dilakukan pemeriksaan secara menyeluruh terutama pada bagian pengukuran *pressure* padahal alat bantu tersebut yaitu *pressure gauge* telah tersedia kurang lebih 2 tahun yang lalu dan diletakan di *tool room*. namun masih memiliki kekurangan yaitu dari sisi penerapan *pressure gauge* tersebut yang masih belum diketahui lokasi pemasangan dan penambahan alat bantu berupa *fitting, connector* dll. Dengan kendala tersebut mahasiswa bahkan dosen pengajar pun tidak dapat mengetahui apakah *engine* yang telah selesai di *rebuild* tersebut sudah sesuai spesifikasi atau belum. Pentingnya melakukan pengukuran *pressure* tersebut adalah sebagai acuan pertama untuk mengambil keputusan bila terjadi kerusakan pada sebuah *system engine*.

Salah satu fungsi dari *fitting connector* tersebut adalah sebagai penghubung saluran masuknya sebuah zat atau fluida yang hanya akan mengalir pada satu arah. , Dengan dipasangnya *fitting* dan *connector* pada *engine* yang nantinya akan di gunakan untuk menunjang proses pembelajaran lebih menyeluruh dari pada yang sebelumnya sekaligus mengoptimalkan alat ukur yang sudah ada di politeknik negeri jakarta khususnya di program studi teknik alat berat. maka kami akan melakukan penambahan alat bantu berupa *fitting connector* pada *engine* sebagai media penyempurna *tools pressure gauge* pada pembelajaran Mahasiswa Program Studi Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta khususnya *engine rebuild*. Diharapkan dengan tersedianya alat bantu tersebut, mahasiswa Teknik Alat Berat untuk generasi selanjutnya yaitu adik kelas kami dapat melakukan prosedur yang sesuai untuk mengetahui *pressure* dalam sebuah *engine* yang selama ini belum pernah dilakukan oleh angkatan-angkatan sebelumnya, sehingga

mereka dapat mengetahui lebih rinci tentang kondisi *actual engine* mengenai *pressure engine*.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Dapat mengetahui letak pemasangan *fitting connector* yang tepat.
2. Dapat mengetahui prosedur yang benar untuk menggunakan alat *pressure gauge*.
3. Dapat mengetahui hasil pengukuran pressure melalui indicator pada *pressure gauge*.
4. Dapat menentukan performa *engine 3406e* dan *3126b* masih sesuai pada spesifikasi atau tidak

1.3 Landasan Teori Definisi Pressure

Tekanan atau *pressure* adalah sebuah istilah untuk besaran gaya yang diberikan / diterapkan ke suatu area permukaan tertentu. Satuan tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan dari suatu cairan atau gas. Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan *volume* (isi) dan suhu. Semakin tinggi tekanan di dalam suatu tempat dengan isi yang sama, maka suhu akan semakin tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa suhu di pegunungan lebih rendah daripada di dataran rendah, karena di dataran rendah tekanan lebih tinggi.

Pressure Gauge

Pressure Gauge Dalam dunia Industri seperti pabrik, biasanya dikenal sebuah istilah *pressure gauge*. Lantas, apakah yang dimaksud dengan *pressure gauge* tersebut. *Pressure gauge* adalah sebuah alat pengukur yang berfungsi untuk mengukur sebuah tekanan udara dan fluida yang bisa berupa gas atau cair, dalam sebuah tabung tertutup. Untuk satuan pengukurannya sendiri dikenal dengan istilah psi atau *pound per square inch*, ada juga psf atau *pound per square foot*, mmHg atau *millimeter of mercury*, inHg atau *inch of mercury*, bar, hingga atm atau *atmosphere*. *Pressure gauge* sendiri biasa digunakan untuk memantau tiap tekanan udara serta gas yang berada dalam sebuah kompresor udara, berbagai peralatan vakum, jalur proses, hingga tabung gas medis serta alat pemadam kebakaran. Tak hanya mampu menunjukkan pengukuran secara visual, *pressure gauge* juga bisa di konfigurasi secara khusus untuk akhirnya memberikan sebuah keluaran listrik. Berbagai jenis *pressure gauge* berdasarkan fungsinya

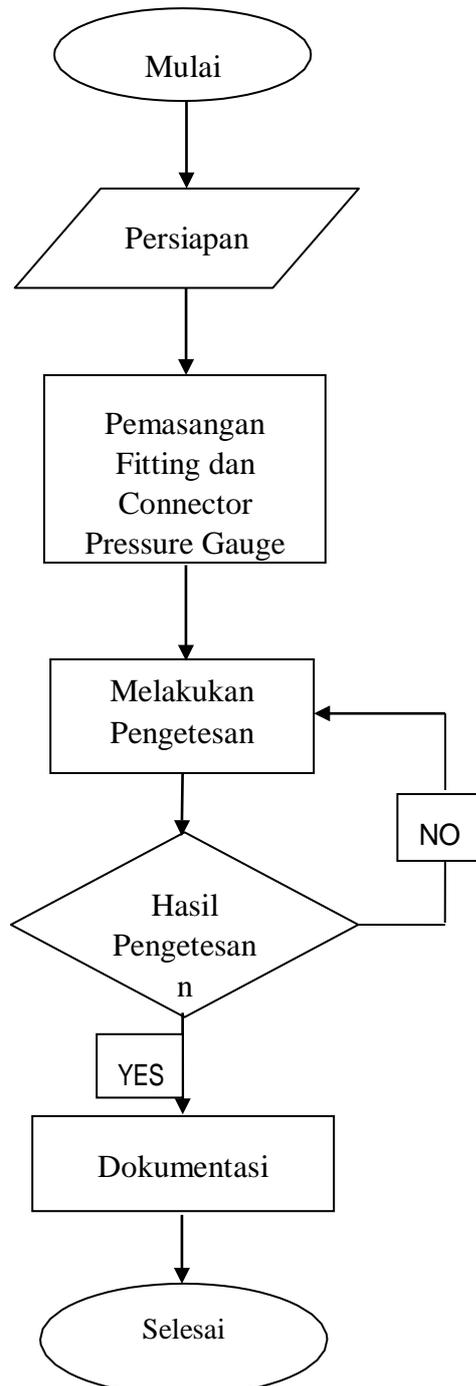
Fitting Connector

Fitting (sambungan), *Fitting* adalah sebuah benda yang digunakan sebagai penghubung antar *tubing* atau penghubung antara *tubing* dengan instrument. *Fittings* diperlukan untuk mengubah arah baik 450 maupun 900, dan melakukan percabangan, maupun merubah diameter aliran. Jenis-jenis alat penyambung pada dasarnya alat ini dikelompokkan dalam dua bagian :

- Jenis sambungan dengan pengelasan
- Jenis sambungan dengan ulir.

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

2.1 Flow Chart



KETERANGAN

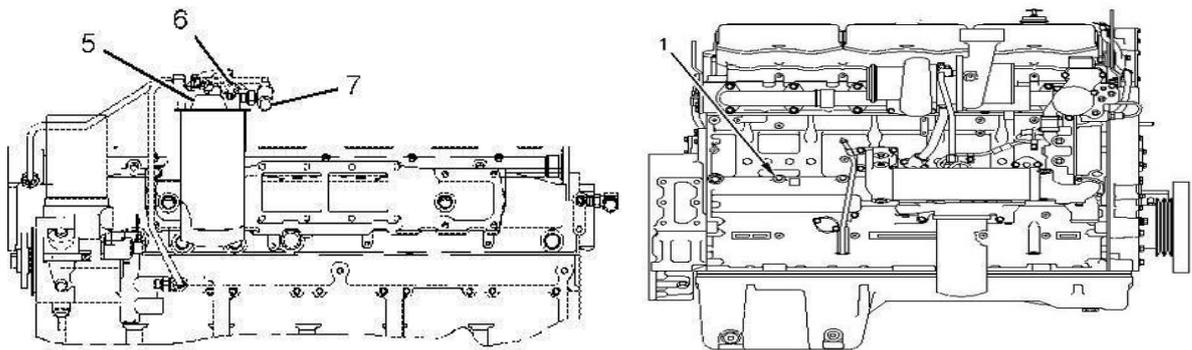
Bila hasil pengetesan *pressure* tidak sesuai spesifikasi yang dilambangkan dengan kata "NO" maka dapat melakukan perbaikan pada *system* yang bermasalah. Lalu lakukan pengetesan ulang hingga hasilnya sesuai dengan spesifikasi.

- **Persiapan**

Langkah pertama yakni melakukan pengumpulan data dari berbagai artikel dan jurnal mengenai pressure gauge dan fitting, serta mencari prosedur menggunakan pressure gauge melalui SIS, Manual Book, Literature untuk mencari spesifikasi *engine* yang akan di tes *pressure*-nya lalu menyiapkan segala peralatan yang akan dibeli seperti alat bantu *fitting* serta *adapter* dan mencari referensi tambahan dari PT.Trakindo Utama dan Trakindo Training Center sebagai data tambahan tentang prosedur pengetesan pressure gauge dan pemasangan *fitting*.

- **Pemasangan Alat Bantu *Fitting***

Melakukan pemasangan *fitting* pada *engine* 3406E & 3126B sebagai media alat bantu untuk melakukan pengetesan menggunakan *pressure gauge*. Pemasangan fitting disini terbagi beberapa jenis jenis, tergantung fungsinya.



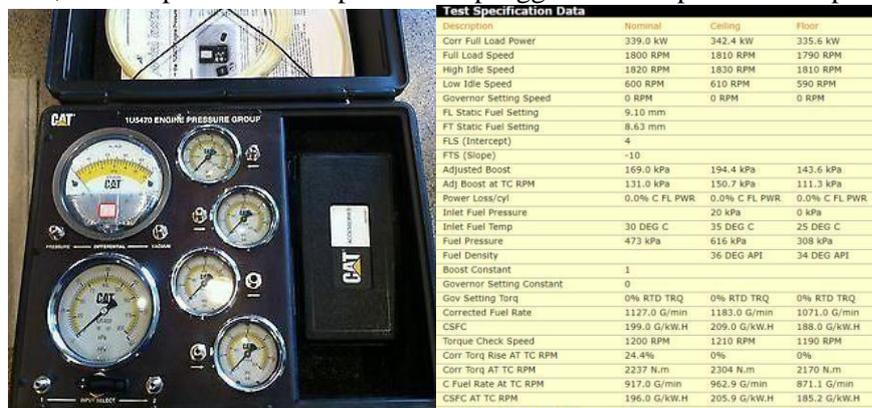
Contoh letak pemasangan *fitting connector* pada *engine* 3406e dan 3126b

- **Pengetesan *Pressure***

Melakukan Pengetesan *pressure* meliputi *pressure* udara, bahan bakar, dan oli dengan menggunakan *pressure gauge*. Dimana media tersebut yang akan terbaca pada indikator *pressure gauge*. Pengetesan dilakukan dengan prosedur yang ditentukan oleh *caterpillar*.

- **Hasil Pengetesan**

Melakukan pembacaan dan penilaian hasil dari pengetesan pressure gauge yang ditunjukkan oleh indikator untuk menentukan layak atau tidaknya *pressure engine*. Hasil pengetesan ini akan dibandingkan dengan spesifikasi masih dalam kondisi yang baik atau tidak. Bila hasil pengetesan tidak sesuai spesifikasi, maka lakukanlah pengecekan pada *engine*, lakukan perbaikan dan penggantian komponen yang terjadi kerusakan bila dibutuhkan. Dibawah ini merupakan contoh *indicator gauge* yang ada pada *pressure gauge* 1U5470 *Caterpillar*. Bila hasil pengetesan sudah terbaca, lalu bandingkan dengan *Test Spesification* data Engine *Caterpillar*. Hasil pengetesan bisa ditentukan apakah masih sesuai spesifikasi atau tidak. Bila hasil pengetesan tidak sesuai spesifikasi, maka dapat melakukan pengecekan pada system yang bermasalah, lakukan perbaikan komponen atau penggantian komponen bila diperlukan.



Gambar 1

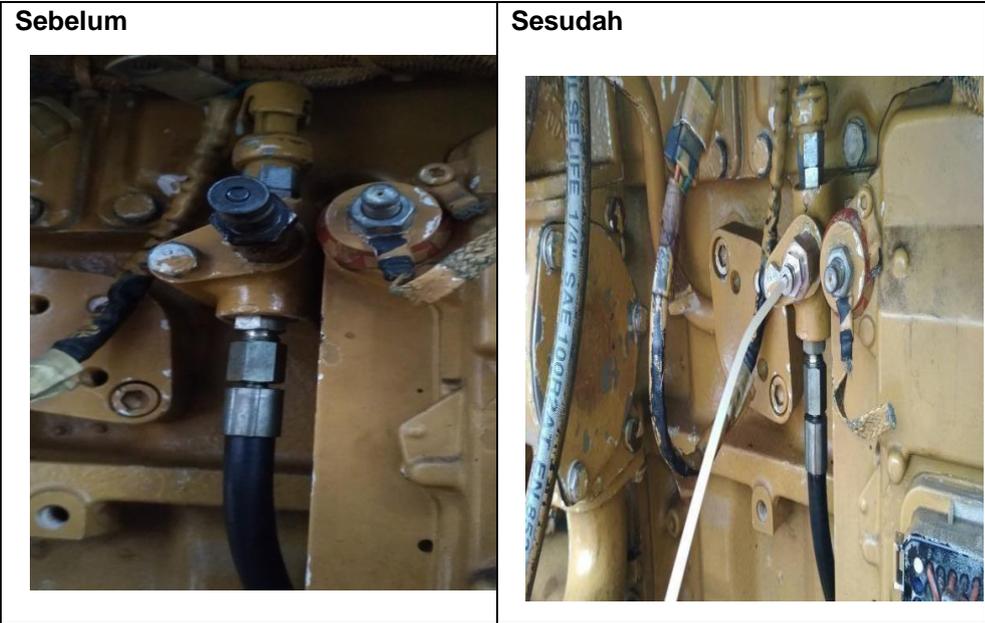
- Dokumentasi

Melakukan pencatatan semua hasil yang didapat dari hasil pengetesan pressure yang ditujukan sebagai data aktual dari suatu *engine*. Dan dapat dijadikan tolak ukur untuk membandingkan dengan nilai spesifikasi. Hasil tersebut dapat dianalisa untuk melakukan langkah perbaikan maupun perawatan apabila terjadi masalah pada *engine* tersebut. Dokumentasi ini sangat diperlukan guna sebagai bukti nyata yang dapat dijadikan acuan oleh para mahasiswa yang nantinya ingin mempergunakan alat *pressure gauge*.

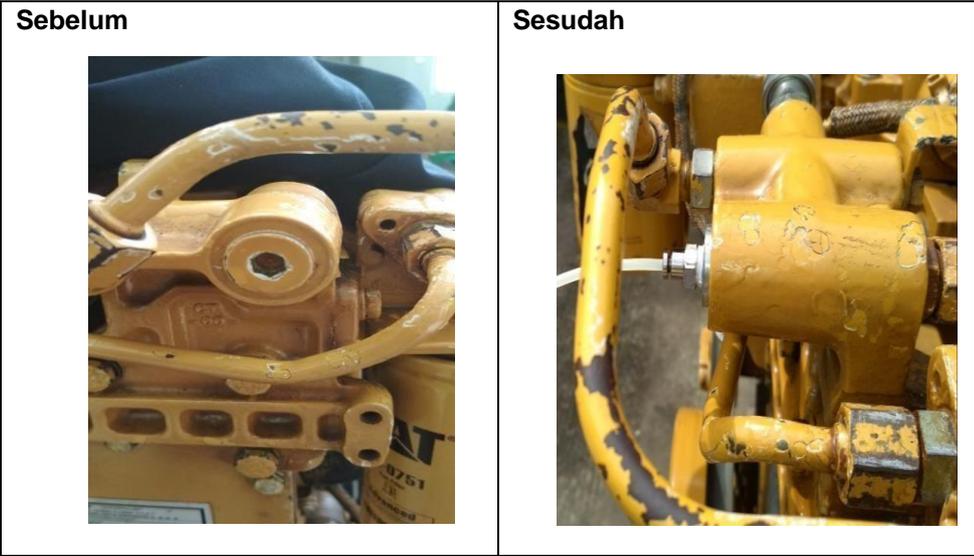
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Perbedaan antara sebelum dengan sesudah pemasangan fitting connector



Gambar 2



Gambar 3

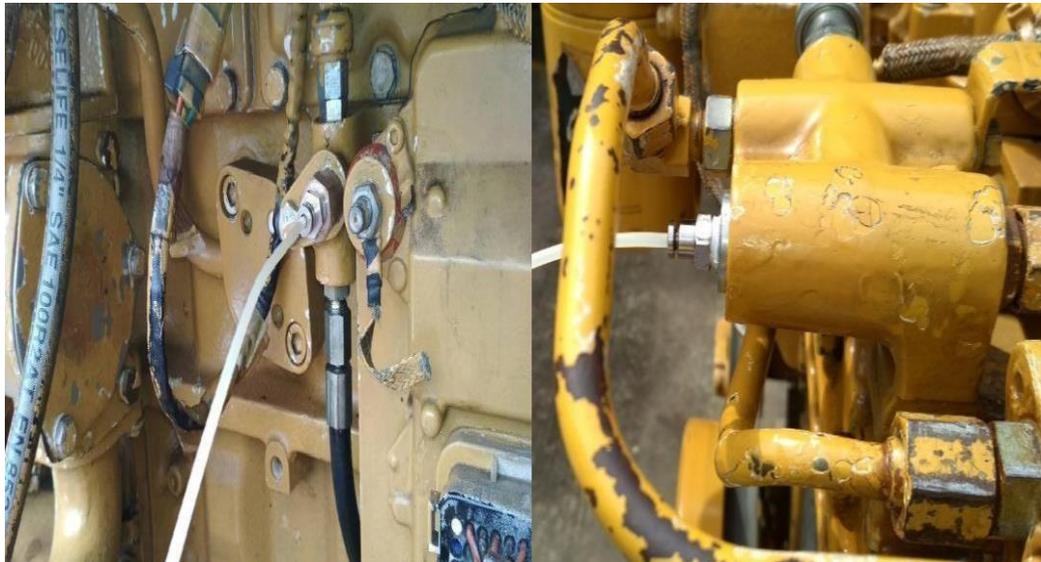
Hasil pengujian pada engine 3126B :

Engine 3126B Marine	Low Idle Without Load	
	650 RPM	
	Kpa	Psi
Oil Pressure	270	40
Fuel Pressure	440	64
Air Restricted	-	-
Air Inlet Pressure	-	-

Tabel 3.1 Pengujian

* Air Restricted & Air Inlet Pressure sedang dalam proses.

3.2 Pembahasan



Gambar 4 Pemasangan dan pengetesan *fitting connector*

Pada gambar *layout* ke tiga ini adalah gambar *engine* yang sudah kami pasang *fitting* sehingga dapat dilakukan pengetesan *pressure* menggunakan alat *pressure gauge tools 1U5470*, yang nantinya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai salah satu acuan mengenai *pressure* pada sebuah *engine* apakah masih sesuai spesifikasi atau tidak. dan nantinya akan dilakukan perbaikan pada sistem yang terkait bila terjadi kurangnya *pressure* atau terlalu tingginya *pressure*. Untuk Pengujian pertama pada *engine 3126B* telah didapat hasil seperti dalam tabel pengujian. Hasil yang didapat yakni *pressure* sedikit dibawah nilai spesifikasi, dikarenakan *engine 3126B* ini tidak diberikan beban sehingga *fuel* dan *oil* yang di suplai ke dalam *system* tidak terlalu banyak .

KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mahasiswa dapat mengetahui letak pemasangan *fitting connector* yang tepat
2. Mahasiswa dapat menggunakan alat *pressure gauge* yang sebelumnya belum pernah dipakai berkat pemasangan alat bantu *fitting connector* dan mahasiswa dapat mengetahui prosedur penggunaan *pressure gauge* yang baik dan benar
3. Mahasiswa Dapat mengetahui hasil pengukuran *pressure* melalui *indicator* pada *pressure gauge*
4. Mahasiswa dapat melakukan perbandingan hasil antara pada *general indicator* dengan *pressure gauge* dan hasil penggetesan dapat digunakan oleh mahasiswa sebagai acuan untuk pengambilan keputusan setelah dibandingkan dengan spesifikasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J Aryo S, "Pembuatan Alat Peraga Hidrolik " Proyek Akhir , Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret ,Surakarta, 2010.
- [2] Caterpillar,"Testing and Adjusting", <https://sis.cat.com>.
- [3] *Catalog fitting festo, 2005.*
- [4] Angelo M, *Fitting Catalog* , 1937.
- [5] Andhi,"fluid circuit experiment" untuk mengukur kerugian aliran fluida melalui fitting elbow dan tee pada mata kuliah mekanika fluida, 2014.

Pembuatan Simulator Siklus Pembakaran Empat Langkah Pada Engine Diesel

R. Sugeng Mulyono¹; Fakrhur Razi Daryatno²; Rizki Hidayat³; Rifqi Dhia Naufal⁴

Program Studi Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

Fakrhurrazidaryatno@gmail.com

Abstrak

Prinsip siklus pembakaran empat langkah pada engine diesel merupakan hal dasar yang harus diketahui dan dipahami oleh setiap mahasiswa alat berat. Dalam mempelajari sistem ini tidak dapat melihat secara langsung ketika engine diesel sedang beroperasi karena bentuk ruang bakar yang tertutup. Dalam memahami dan mempelajari prinsip kerjanya mahasiswa biasa menggunakan gambar atau video sebagai media pembelajaran. Sedangkan alat peraga yang terdapat di workshop alat berat masih kurang. Maka untuk lebih memudahkan dan menambah media pembelajaran mahasiswa dalam memahami prinsip kerjanya dibuatlah model simulator siklus pembakaran empat langkah pada engine diesel. Bentuk alat peraga yang akan dibuat adalah berbentuk dua dimensi dengan pandangan depan dan belakang. Pandangan depan terdapat komponen utama ruang bakar seperti piston, connecting rod, crankshaft, cylinder liner, cylinder head, valve intake, valve exhaust dan rocker arm. Sedangkan pandangan belakang terdapat komponen seperti pushrod, gear crankshaft, dua gear camshaft, dua camlobe dan engkol sebagai penggerak manual alat simulator. Tujuan pembuatan alat peraga ini adalah untuk memvisualisasikan siklus pembakaran empat langkah pada engine diesel agar dapat terlihat langkah kerjanya. Dalam melaksanakan pembuatan model simulator diawali dengan membuat model desain menggunakan software SolidWork dan AutoCad, kemudian menjadikan desain tersebut sebagai cetakan pembentukan komponen. Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan alat peraga adalah kayu jati dan akrilik sebagai bahan tambahan untuk menutup bagian depan piston. Pembentukan alat peraga dilakukan perkomponen dengan menempel desain dua dimensi diatas bahan kayu jati yang sudah berbentuk papan, kemudian dilakukan pemotongan menggunakan mesin potong kayu mengikuti garis desain. Komponen-komponen yang telah dibentuk kemudian dirakit dengan cara dihubungkan menggunakan lem, baut dan mur sesuai pada gambar desain assy. Dengan model simulator ini diharapkan mahasiswa akan lebih jelas dan mudah dalam memahami siklus pembakaran empat langkah pada engine diesel.

Kata Kunci : Simulator, Siklus Pembakaran, Engine Diesel

Abstract

Principle of four stroke combustion cycle on diesel engine is basic thing that must be known and understood by every heavy equipment student. In studying this system can not see directly when the diesel engine is operating because the combustion chamber is closed. In understanding and studying the principle of work of usually students using images or video as a learning media. While the props in the heavy equipment workshop are still lacking. Then to further simplify and add student learning media in understanding the working principle is made simulator model combustion cycle four steps on diesel engine. The shape of props to be made is two dimensional shape with front and rear view. Front view there are main components of combustion chamber including piston, connecting rod, crankshaft, cylinder liner, cylinder head, intake valve, exhaust valve and rocker arm. While the rear view there are components of pushrod, crankshaft gear, two camshaft gear, two camlobe and pedal as the driver of the simulator tool. The purpose of making these props is to visualize the four stroke combustion cycle on the diesel engine in order to see its working steps. In carrying out the simulator model making begins by making the design model using solidwork and autocad software, then make the design as mold forming component. The basic materials used for the manufacture of props are teak and acrylic as an additional material to cover the front of the piston. The formation of props carried out each component by sticking the two dimensional design on the teak wood that has been shaped board and then done cutting using wood cutting machine following the design line. The components that have been formed are then assembled in a way connected using glue bolts and nuts fit on the assy design drawings. With this simulator model is expected to student will be more clear and make it easy in understanding the cycle of combustion four stroke on diesel engine.

Keywords: Simulator, Combustion Cycle, Diesel Engine

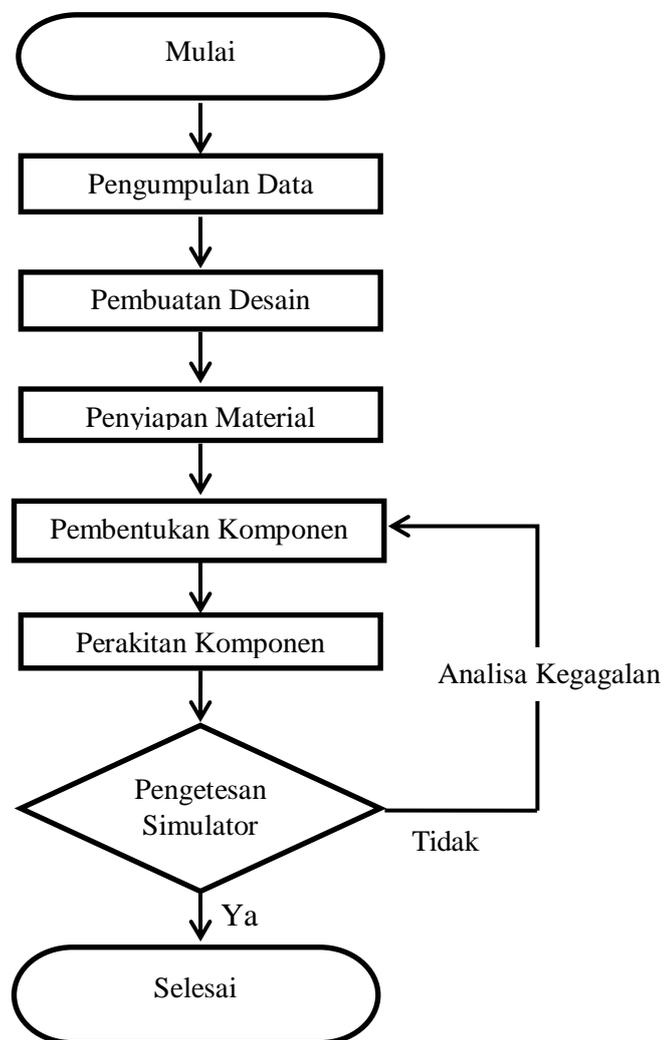
I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Alat peraga yang ada di *workshop* Teknik Alat Berat masih kurang lengkap. Ruang bakar dalam *engine diesel* empat langkah tidak dapat dilihat secara langsung ketika sedang beroperasi, maka diperlukan alat peraga untuk memvisualisasikannya. Hal ini yang melatarbelakangi untuk membuat sebuah alat peraga sebagai media pembelajaran. Alat peraga yang akan dibuat adalah sebuah simulator siklus pembakaran empat langkah pada *engine diesel*. Terdapat empat langkah siklus pembakaran yang akan menjadi fokus penulisan dan pembuatan alat yaitu diantaranya pertama langkah pemasukan (*intake stroke*), kedua langkah kompresi (*compression stroke*), ketiga langkah usaha (*power stroke*) dan yang keempat adalah langkah pengeluaran (*exhaust stroke*).

II. METODE PENELITIAN

Berikut adalah metodologi tahapan-tahapan dalam pembuatan alat simulasi siklus pembakaran *engine diesel* empat langkah.



Gambar 1. Flowchart

1. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan *engine diesel* khususnya ruang bakar yang terdapat di *workshop* alat berat seperti *engine diesel* dan juga di *literatur* seperti SIS (*Service Information System*), *shop manual* maupun internet. Tujuan pengumpulan data adalah untuk melihat bentuk dari komponen ruang bakar sebagai rujukan dalam pembuatan desain.

2. Pembuatan Desain

Dalam pembuatan desain komponen alat peraga ini menggunakan *software* aplikasi *solidwork*. Tujuan pembuatan desain adalah untuk menentukan bentuk komponen dan juga sebagai cetakan dalam pembuatan komponen alat peraga.

3. Penyiapan Material

Sebelum melakukan pembentukan komponen alat peraga adalah menyiapkan material yang akan digunakan sebagai bahan dasar alat peraga. Material bahan dasar yang digunakan adalah menggunakan kayu jati yang sudah berbentuk papan. Selain kayu jati material lain yang digunakan adalah *pvc* sebagai bahan dasar pembentukan komponen menggunakan *3D printing*.

4. Pembentukan Komponen

Pembentukan komponen yang bahan dasarnya kayu jati adalah dipotong menggunakan gergaji potong bobok kayu. Sedangkan komponen yang bahan dasarnya *pvc* dibentuk menggunakan *3D printer*. Dalam pembuatan menggunakan *3D printing* desain terlebih dahulu dibuat di *software* aplikasi *solidwork* dan disimpan dalam format *STL*. Setelah desain siap maka komponen dapat langsung dicetak menggunakan alat *3D printer*.

5. Perakitan Komponen

Komponen yang telah dibuat kemudian di *assembly* sesuai dengan desain. Komponen dihubungkan menggunakan pengikat baut dan mur, lem dan kawat. Tujuan perakitan komponen adalah agar alat simulasi dapat berfungsi dan digunakan sesuai dengan fungsinya.

6. Pengetesan Simulator

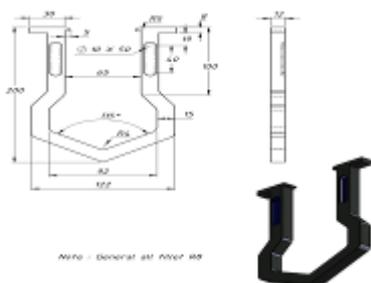
Pengetesan dilakukan untuk mengetahui apakah alat simulasi dapat berfungsi dan berjalan dengan sesuai atau tidak.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. PROSES PEMBUATAN KOMPONEN

Langkah paling adalah menyiapkan kayu jati yang sudah berbentuk papan dengan ketebalan 20 mm. Setelah kayu papan siap sebelum melakukan pemotongan sesuai bentuk desain kemudian kayu papan dihaluskan terlebih dahulu menggunakan alat mesin serut kayu atau planer tujuannya agar permukaan papan tersebut rata dan halus. Setelah langkah awal selesai dilakukan, kemudian berikut adalah pengerjaan pembuatan komponen yang dipotong mengikuti bentuk desain menggunakan alat mesin gergaji bobok kayu.

- *Cylinder Liner*



Gambar 1. Desain *Cylinder Liner*

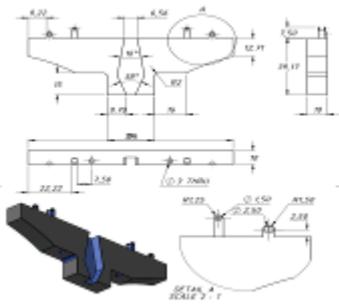


Gambar 2. Pembentukan *Cylinder Liner*



Gambar 3. *Cylinder Liner*

- *Cylinder Head*



Gambar 4. Desain *Cylinder Head*

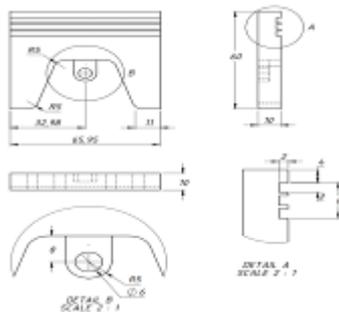


Gambar 5. Pembentukan *Cylinder Head*



Gambar 6. *Cylinder Head*

- *Piston*



Gambar 7. Desain *Piston*

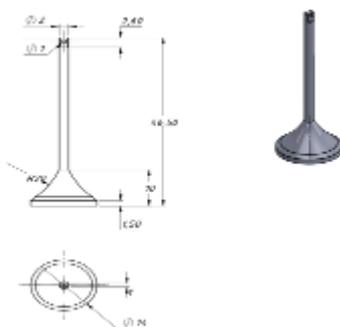


Gambar 8. Pembentukan *Piston*



Gambar 9. *Piston*

- *Valve Intake dan Exhaust*



Gambar 10. Desain *Valve*

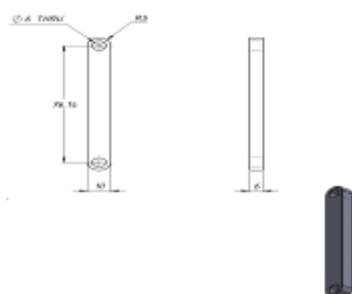


Gambar 11. Pembentukan *Valve*



Gambar 12. *Valve*

- *Proses Pembuatan Connecting Rod*



Gambar 13. Desain *Connecting Rod*

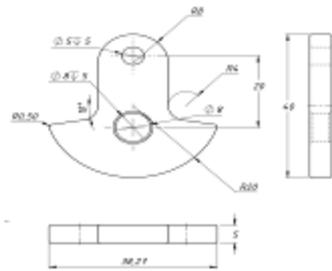


Gambar 14. Pembentukan *Connecting Rod*



Gambar 15. *Connecting Rod*

- Proses Pembuatan *Crankshaft*



Gambar 16. Desain *Crankshaft*

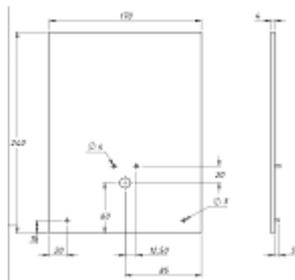


Gambar 17. Pembuatan *Crankshaft*



Gambar 18. *Crankshaft*

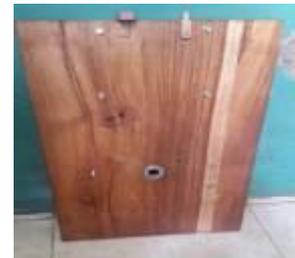
- Proses Pembuatan *Plate*



Gambar 19. Desain *Plate*

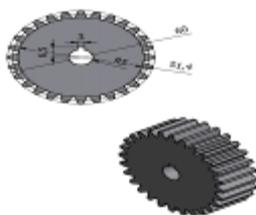


Gambar 20. Pembentukan *Plate*



Gambar 21. *Plate*

- Proses Pembuatan *Gear* dan *Camshaft*



Gambar 22. Desain *Gear*



Gambar 23. Pembentukan *Gear*



Gambar 24. *Gear Camshaft*

Setelah semua komponen jadi maka dilakukan proses *finishing*, yaitu dengan cara menghaluskan komponen menggunakan amplas, tujuannya agar serat atau rambut-rambut sisa pemotongan hilang dan komponen menjadi halus. Setelah diampas kemudian dilakukan pewarnaan menggunakan pilok. Sebagian komponen yang tidak diwarnai menggunakan pilok hanya diberi pernis, tujuannya agar komponen tahan terhadap jamur sehingga dapat tahan lama.

2. PROSES PERAKITAN KOMPONEN

Setelah komponen-komponen selesai dibentuk maka langkah selanjutnya adalah melakukan perakitan komponen agar dapat bekerja atau berfungsi menjadi alat peraga. Berikut adalah langkah-langkah perakitan komponen :



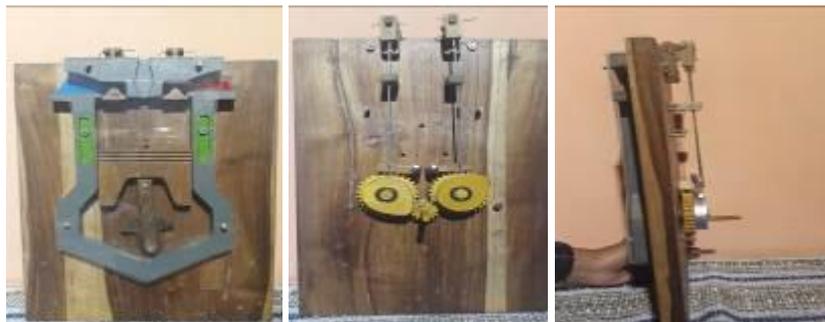
Gambar 25. Pemasangan *Cylinder Liner*, *Cylinder Head* dan *Valve*



Gambar 26. Pemasangan Komponen *Elektrik*, *Crankshaft*, *Piston* dan *Connecting Rod*



Gambar 27. Pemasangan *Rocker Arm*, *Gear Camshaft*, *Pushrod*, *Akrilik* dan *Engkol*



Gambar 28. Hasil Perakitan Komponen

3. PENGUJIAN ALAT



Gambar 29. Hasil Pengujian *Intake Stroke*



Gambar 29. Hasil Pengujian *Compression Stroke*



Gambar 29. Hasil Pengujian Proses Injeksi



Gambar 29. Hasil Pengujian *Power Stroke*



Gambar 29. Hasil Pengujian *Exhaust Stroke*

Tabel 1. Indikator Pengetesan

Indikator Pengetesan					
Indikator	Intake Valve	Exhaust Valve	Posisi Piston	Lampu LED	Hasil
Intake	Open	Close	TMA ke TMB		Sesuai
Compression	Close	Close	TMB ke TMA		Sesuai
Injeksi	Close	Close	Tengah ke TMA		Sesuai
Power	Close	Close	TMA ke TMB		Sesuai
Exhaust	Close	Open	TMB ke TMA		Sesuai

IV. KESIMPULAN

Alat peraga siklus pembakaran empat langkah pada *engine diesel* dapat digunakan untuk memahami prinsip kerja dari proses pembakaran *engine diesel* empat langkah. Dalam penggunaannya simulator dilengkapi dengan komponen-komponen pembakaran *engine diesel* dan indikator-indikator yang menunjukkan komponen yang bekerja pada saat proses pembakaran. Dengan alat peraga ini mahasiswa dapat memahami prinsip kerja pembakaran *engine diesel* empat langkah lebih mudah dan simpel.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Training Center. 2005 *Intermediate Engine System*, Bogor : Trakindo Utama.
- [2] Training Center. 2003 *Fundamental Engine System*, Bogor : Trakindo Utama.
- [3] Swasono. F, Suyatna. A, Sesunan. F. 2013. *Pengembangan Alat Konversi Energi Sebagai Alat Peraga Materi Perubahan Energi*. [Online]. <http://jurnal.fkip.unila.co.id>. Diunduh pada tanggal 10 Februari 2018, pukul 10.00 WIB.
- [4] Anitah, Sri dkk. 2007. *Pengertian Metode Simulasi*. [Online]. <http://lenterakecil.com/pengertian-metode-simulasi/>. Diunduh pada tanggal 14 Februari 2018, pukul 08.30 WIB.
- [5] Caterpillar. *Engine Diesel 3508*. [Online]. <http://www.cat.com>. Diunduh pada tanggal 15 Februari 2018, pukul 10.00 WIB.
- [6] Brain, Marshall. 2008. *How Diesel Engine Work*. [Online]. [http:// auto.howstuffworks.com](http://auto.howstuffworks.com). Diunduh pada tanggal 15 Februari 2018, pukul 11.00 WIB.
- [7] *Service Information System (SIS)*. [Online]. <http://sis.cat.com>.
- [8] B. Max, G. Hellmut, G. Heinz, L. Siegfried, P. Wolfram, S. Wolfgang, S. Harro, and Z. Heinz, *Technology for the Automotive Trade*, vol.2. Germany : Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, pp. 301 – 302.

IMPLEMENTASI PENGISOLASIAN ENERGI BERBAHAYA DENGAN MENERAPKAN LOTO DI AREA GEDUNG ALAT BERAT

Asep Apriana¹, Adi Prasetyo², Rahman Zakaria³

¹Asep Apriana, Teknik Alat Berat, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Depok (16424)

Telp. +62217270044, Fax. (021)7270034, asepapriana@yahoo.com

²Adi Prasetyo

³Rahman Zakaria

ABSTRAK

Pentingnya pengenalan safety di gedung alat berat Politeknik Negeri Jakarta berdampak pada kualitas keamanan kerja agar terhindar dari kecelakaan yang dapat menimbulkan adanya korban. Pada area workshop alat berat terdapat beberapa sumber energi berbahaya yang harus dikendalikan guna mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Pentingnya perlindungan keselamatan terhadap tenaga kerja ketika melakukan perbaikan atau pemeliharaan mesin-mesin dan peralatan dari bahaya operasi mesin yang mengandung sumber energi berbahaya maka salah satu pengendaliannya dengan penerapan Lock Out Tag Out (LOTO). Lock Out Tag Out (LOTO) adalah sistem pengembokan dan pelabelan pada sebuah alat pemutus sumber energi. LOTO bertujuan untuk memberikan perlindungan kepada mekanik saat melaksanakan pekerjaan perawatan dan perbaikan. Penerapan LOTO dipengaruhi oleh perilaku. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan faktor pembentuk perilaku, yaitu pengetahuan, sikap, pelatihan LOTO, pengawasan, dan penghargaan dan sanksi dengan penerapan LOTO pada mekanik. Penelitian ini bersifat observasional dengan rancangan studi cross sectional. Variabel pengetahuan, pelatihan LOTO, penghargaan, dan sanksi tidak memiliki hubungan bermakna dengan penerapan LOTO pada mekanik. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah sikap dan pengawasan memiliki hubungan yang bermakna dengan penerapan LOTO pada mekanik. Saran yang dapat diberikan yaitu meningkatkan transfer pengetahuan kepada mekanik melalui pemasangan rambu LOTO di sekitar area bengkel, meningkatkan peran pengawasan dari SHE & CC kordinator alat berat, menjadwalkan pelatihan LOTO secara rutin dan pelatihan penyegaran disertai dengan evaluasi hasil pelatihan. Tujuan Tugas Akhir ini memberikan wawasan tentang safety di area gedung alat berat dan memperagakan LOTO dan pengisolasian energi berbahaya melalui pembuatan video sesuai dengan langkah yang tepat dan nantinya dapat melahirkan pembentukan struktur tim yang bertanggung jawab jika terjadi kecelakaan kerja di area gedung alat berat Politeknik Negeri Jakarta sebagai keluaran ataupun saran dari hasil penulisan ini.

ABSTRACT

The importance of introduction of safety in building heavy equipment Jakarta State Polytechnic impact on the quality of job security to avoid the accident that can cause a victim. In the heavy equipment workshop area there are several energy sources that must be able to. The importance of security to the workforce while performing repair or problem-solving machine is being damaged by the application of Lock Out Tag Out (LOTO). Lock Out Tag Out (LOTO) is system of locking and labeling on an energy source of isolation equipment. LOTO aims to protect mechanics on maintaining and servicing. Application of Lock Out Tag Out (LOTO) is influenced by behaviour. This research was observational with cross sectional study. Knowledge, LOTO training, reward, and punishment did not have significant correlation with LOTO application. In conclusion, attitudes and supervision had significant correlation with LOTO application on mechanics. The mining company should increase transfer knowledge to mechanics by put LOTO sign on around workshop area, increase supervising role of the SHE & CC Cordinator alat berat, made a LOTO training and refresh training schedule and evaluation. This study aimed to analyze the correlation of behavior- forming factors, involve knowledge, attitudes, LOTO training, supervision, and reward and punishment with the application of LOTO on mechanics. The purpose of this Final Project is to analyze the relationship between behavior formation factors, ie knowledge, attitude, LOTO training, supervision, and rewards and punishments with LOTO application in mechanics as well as providing insight on machine safety and LOTO demonstration and dangerous energy isolation. through the making of the video in accordance with the appropriate steps and then can give birth to the structure of the responsible team structure in case of work accidents in heavy equipment areas Polytechnic Jakarta as the output or suggestion of the results of this writing.

Keywords : Lock Out Tag Out (LOTO), Mechanics, Controlling dangerous energy source

I. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Jakarta jurusan Teknik Alat Berat merupakan kampus vokasi yang erat kaitannya dengan penggunaan energi untuk kegiatan penunjang praktek atau kegiatan perkuliahan di area *workshop*. Teknik Alat Berat merupakan program studi yang banyak membutuhkan energi. Pada area *workshop* terdapat beberapa sumber energi berbahaya yang harus dikendalikan guna mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Pentingnya perlindungan keselamatan terhadap tenaga kerja ketika melakukan perbaikan atau pemeliharaan mesin-mesin dan peralatan dari bahaya operasi mesin yang mengandung sumber energi berbahaya maka salah satu pengendaliannya dengan penerapan *Lock Out Tag Out* (LOTO).

Banyak ditemukan kasus kecelakaan kerja di luar negeri yang berujung pada kematian pekerja dimana kejadian tersebut melibatkan kontak dengan energi yang tidak terkontrol. Berdasarkan investigasi dari *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), diketahui bahwa dalam kurun waktu lima tahun hingga tahun 2007 telah terjadi 1.281 kecelakaan fatal. Seratus lima puluh dua kasus dari kejadian tersebut melibatkan pekerjaan instalasi, pemeliharaan, dan perbaikan pada atau dekat dengan mesin-mesin, peralatan kerja, proses produksi atau sistem [1].

Dr TJ Larkin (2008), menyatakan bahwa sebanyak 70% kematian tenaga kerja di Amerika Serikat terjadi akibat LOTO tidak diterapkan oleh tenaga kerja, 5% kasus akibat kegagalan penerapan LOTO, 1% kasus akibat kegagalan mekanis, dan sisanya tidak diketahui penyebabnya. Sedangkan, untuk data secara nasional mengenai tenaga kerja yang mengalami kecelakaan akibat kontak dengan energi berbahaya yang tidak terkontrol tersebut hingga saat ini masih belum ada. [1]

Angka kasus kecelakaan kerja di Indonesia masih relatif tinggi. Menurut Laporan *International Labour Organization* (ILO) pada tahun 2011 yang dikutip dari Lembaran Informasi: Pengawas Ketenagakerjaan di Indonesia menyatakan bahwa selama tahun 2010 terdapat 98.711 kasus kecelakaan kerja sedangkan berdasarkan data semester I tahun 2011 terdapat 48.511 kasus kecelakaan kerja dengan penyebab terbesar adalah mesin, pesawat angkut, dan perkakas kerja tangan. Salah satu pendekatan kecelakaan menurut Frank Bird dalam Ramli (2010) bahwa kecelakaan terjadi karena adanya kontak dengan sumber energi yang dapat mengakibatkan cedera pada manusia. Amerika Serikat mengestimasi bahwa kegagalan untuk mengendalikan energi berbahaya mengakibatkan 10% kecelakaan serius di industri, 28.000 hari kerja hilang tiap tahunnya, dan sekitar 120 kematian tiap tahunnya (NIOSH, 2011). Pekerja memerlukan adanya suatu sistem yang dapat melindungi mereka dari pelepasan energi berbahaya sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja yang disebabkan karena energi berbahaya tersebut, yaitu prosedur keselamatan *Lockout & Tagout* (LOTO). [2]

Mekanik wajib menerapkan prosedur LOTO saat melaksanakan pekerjaan perawatan dan perbaikan sebagai salah satu upaya pencegahan kecelakaan kerja. Hasil penelitian Ada' (2006) menyatakan bahwa penerapan LOTO yang baik pada mekanik dapat mencegah atau mengurangi terjadinya kecelakaan kerja. Namun, pelaksanaan prosedur LOTO masih terkendala dengan perilaku dari mekanik itu sendiri. Oleh karena itu Kami ingin mengenalkan *safety induction* di area gedung Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta melalui simulasi keadaan darurat berupa *video*. [2]

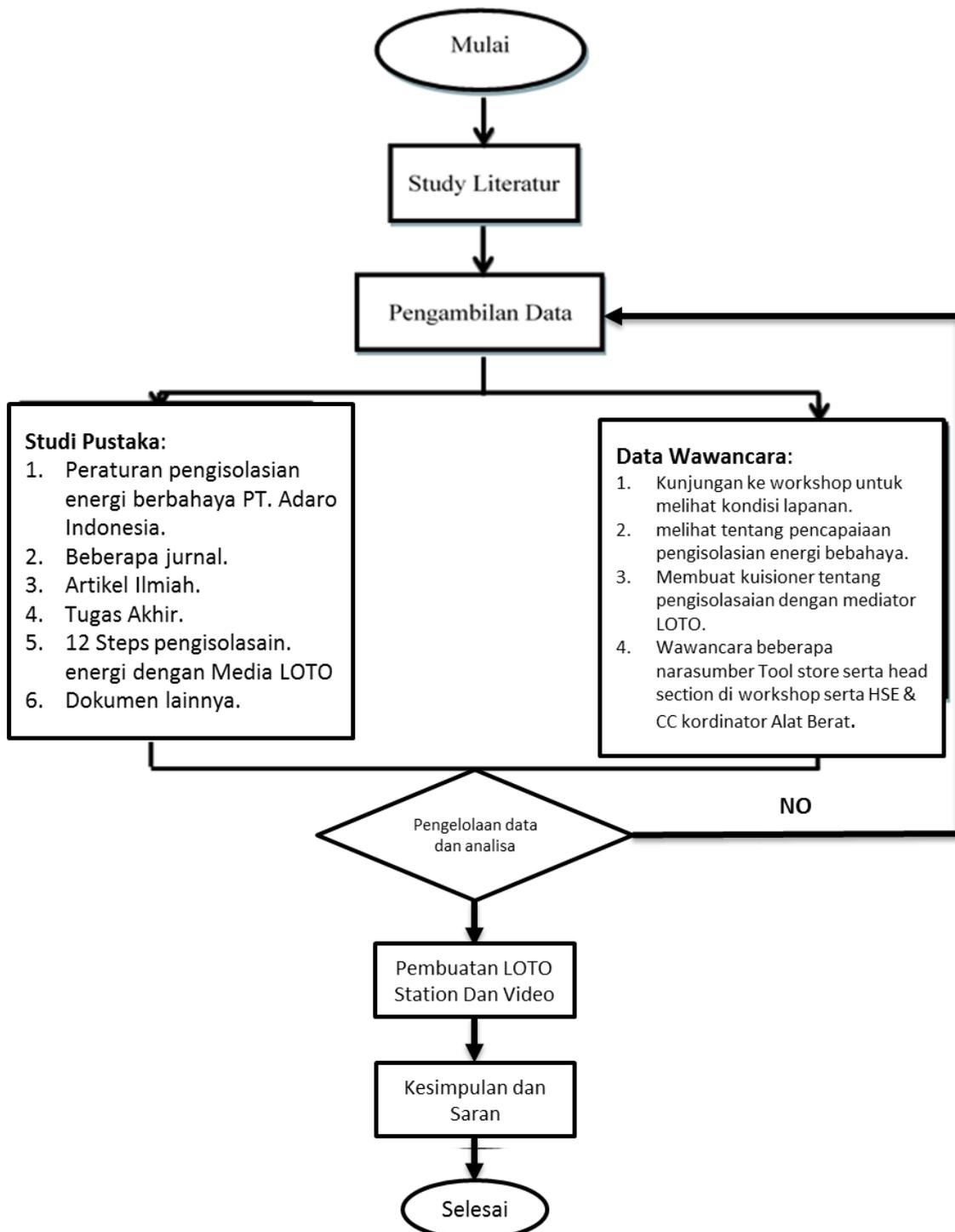
Tugas akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menerapkan pengisolasian energi berbahaya di area gedung alat berat dalam untuk upaya mencegah terjadinya insiden.
2. Mengadakan Alat-alat LOTO (Lock Out Tag Out) dalam Bentuk LOTO Station untuk mediator pengisolasian energi berbahaya ,serta *video safety induction* untuk sosialisasi pengisolasian energi berbahaya di area gedung alat berat.

II. METODE PELAKSANAAN

Flowchart

Metode yang Kami gunakan adalah *video* yang memperkenalkan langkah-langkah pengisolasiian energi berbahaya dengan mediator LOTO dalam bekerja dan memberikan petunjuk tentang menggunakan LOTO yang terdapat di area gedung Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta. Berikut Kami uraikan alur gambar dalam proses pembuatan tugas akhir Kami :



- **Persiapan / Study Literatur**

Langkah pertama yakni melakukan pengumpulan data untuk mencari pengimplemtasian pengisolasian energi berbahaya dengan melakukan 12 steps pengisolian dengan mediator LOTO (*LockOutTagOut*).

- **Pengambilan Data**

Pengambilan data dilakukan di HSE PT Trakindo dan juga di QHSE PT Adaro Indonesia serta beberapa narasumber di area gedung alat berat ,pengambilan data dilakukan dengan 2 cara yaitu studi pustaka dan wawancara.

- **Pengelolaan Data dan Analisa**

Setelah pengambilan data baik dari data studi pustaka maupun wawancara, maka data tersebut akan di olah dan analisa oleh penulis jika sudah baik maka akan di lakukan ke steps berikutnya , dan jika tidak maka akan mengambil ulang data.

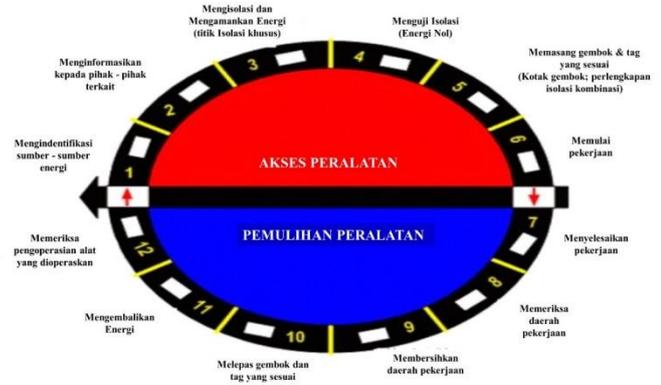
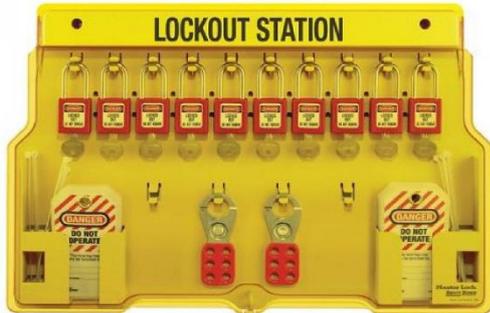
- **Pembuatan Loto Station dan Video**

Melakukan pembuatan Loto Station dan Video safety induction untuk keperluan *campaign* dan pengimplemtasian LOTO di area gedung alat berat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Loto Station di implementasikan dengan cara melalui 12 steps pengisolasian energi berbahaya



Pembahasan

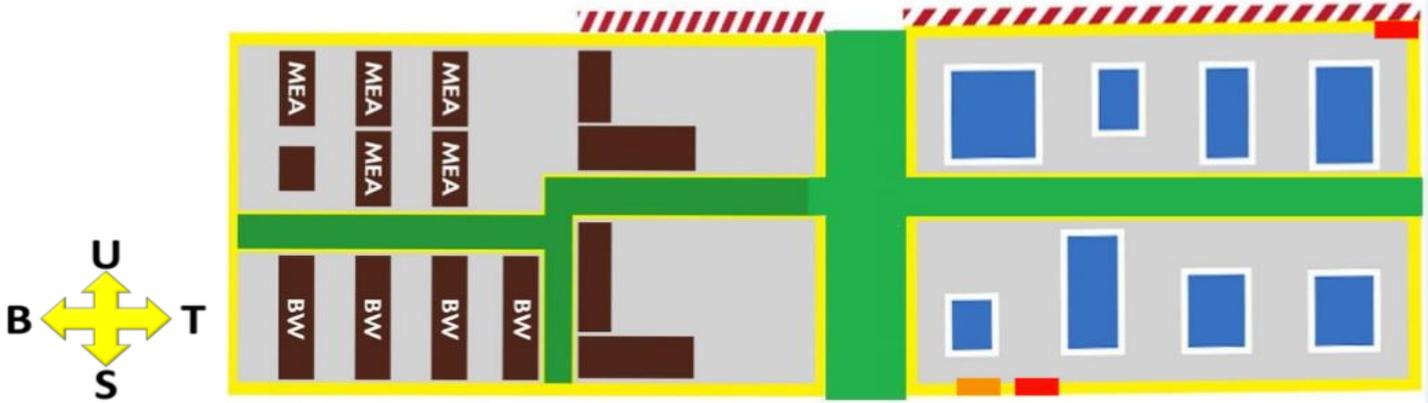
Energi berbahaya yang harus diisolasi yaitu;			
MEKANIK	FLUIDA BERTEKANAN	LISTRIK	KIMIA
Biasa jika di workshop alat bera di taruh di power supply ,dll.	Biasa jika di workshop alat bera di taruh di kran / check valve, dll.	Biasa jika di workshop alat bera di taruh di power supply (box panel/sekring,dll).	Biasa jika di workshop alat bera di taruh di accu / saluran yang ada aliran kimia,dll.

LANGKAH-LANGKAH DALAM MELAKUKAN LOTO (Lock Out Tag Out)

Langkah-langkah dalam melakukan Isolasi (LOTO) harus dilakukan secara berurutan, tidak bisa dilakukan secara acak atau dilakukan hanya beberapa langkah saja. Dalam melakukan isolasi (lock out tag out) ada 12 langkah yang harus dikerjakan untuk memastikan bahwa pekerjaan yang dilakukan benar-benar aman dari sumber energi yang dapat membahayakan pekerja.

Berikut langkah-langkah pemasangan isolasi (LOTO) yang wajib dilakukan:.

1. **Analisa Sumber Energi Berbahaya**
Semua pekerja yang terlibat dalam pekerjaan harus menganalisa dan mencari sumber-sumber energi atau bahaya yang dapat menciderai pekerja. Lakukan pemeriksaan terhadap sumber energi yang terhubung dengan peralatan yang akan diperbaiki. Sebagai contoh : Pada saat seorang mekanik akan melakukan perbaikan unit truk, maka mekanik tersebut harus mencari sumber-sumber energi yang dapat membahayakan dirinya saat melakukan pekerjaan di unit tersebut. Seperti, unit dapat sewaktu-waktu dioperasikan orang lain tanpa ia ketahui; unit bergerak sendiri saat diparkir karena adanya kemiringan lantai kerja; adanya energi tersembunyi seperti tekanan udara, atau pegas, dan lain sebagainya.
2. **Beritahu semua pihak yang terlibat**
Semua pihak yang terlibat langsung maupun yang tidak terlibat langsung namun masih berhubungan dengan pekerjaan atau peralatan yang akan diperbaiki harus diberitahu.
3. **Isolasi atau putus sumber energi berbahaya**
Lakukan pemutusan jaringan atau aliran listrik dari sumbernya, lakukan isolasi pada titik isolasi yang telah disediakan atau disesuaikan dengan rekomendasi pabrik. Bila pekerjaan dilakukan secara berkelompok, maka lakukanlah isolasi secara kelompok dengan menggunakan cissor dan dipimpin oleh satu isolasi officer.
4. **Lakukan pengujian**
Setiap sumber yang telah diisolasi harus tetap diuji terlebih dahulu sebelum pekerjaan dilakukan untuk memastikan bahwa sumber energi benar-benar terputus.
5. **Pasang *lock dan Tagging***
Setelah sumber energi telah diputus, pasanglah Lock untuk memastikan bahwa tidak ada orang lain yang sewaktu-waktu dapat menghidupkan atau menyambung kembali sumber energi. dan pasanglah tagging pada titik isolasi untuk memberikan informasi kepada pekerja lain terkait pekerjaan yang dilakukan.
6. **Mulailah Pekerjaan**
Setelah semua sudah dipastikan aman, maka pekerjaan dapat dilakukan sesuai perencanaan.
7. **Menyelesaikan pekerjaan**
Selesaikan pekerjaan pada shift anda, jika pekerjaan tidak dapat diselesaikan pada giliran kerja anda, maka berikanlah pending job yang jelas ke pengawas dan isolasi harus tetap terpasang untuk menghindari kerusakan yang lebih parah yang disebabkan oleh pengoperasian pekerja lain yang tidak mengetahui. Pastikan terlebih dahulu bahwa isolasi officer telah mempunyai kunci dari gembok yang anda pasang, atau letakkan kunci pada kotak isolasi yang tersedia.
8. **Mengamankan daerah kerja**
Lakukan perapihan dan pembersihan jika pekerjaan telah selesai dilakukan
9. **Periksa area kerja**
Lakukan pemeriksaan secara menyeluruh terhadap area kerja anda, untuk memastikan tidak ada pekerja lain yang berada di area tersebut, serta pastikan bahwa peralatan yang digunakan tidak ada yang tertinggal.
10. **Lepas Kunci dan tagging**
Lepaslah semua gembok dan tagging setelah pekerjaan selesai.
11. **Sambungkan kembali sumber energi**
Setelah gembok dan tagging dilepas, sambungkan kembali peralatan dengan sumber energi. Misalnya dengan memutar clipsal pada posisi “ON”, atau membuka valve pada posisi “On”
12. **Menguji fungsi**
Ujilah peralatan yang telah diperbaiki, pastikan bahwa peralatan telah berfungsi dengan baik dan sumber energi telah disambungkan.



LAYOUT WORKSHOP / AREA SASARAN PENGISOLASIAN BERBAHAYA

PROSEDUR PEMINJAMAN LOTO			
			
<p>01</p> <p>TOOL STORE Konfirmasi kepada tool man untuk meminjam LOTO</p>	<p>02</p> <p>LOTO STATION Pengaplikasian LOTO ketika praktek</p>	<p>03</p> <p>WORK Gunakan LOTO sesuai 12 Steps LOTO</p>	<p>04</p> <p>TOOL STORE Konfirmasi kepada Tool Man jika LOTO telah Selesai Digunakan.</p>

PROGRAM STUDI
TEKNIK ALAT BERAT
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Trakindo CAT

YOU ARE WELCOME

Bagi semua yang ingin melakukan praktikum diwajibkan menggunakan LOTO (Lock Out Tag Out) untuk mengurangi resiko saat praktek di area gedung alat berat.



12 STEPS
PENGISOLASIAN ENERGI
BERBAHAYA (LOTO)

AKSES PERALATAN

1. Mengidentifikasi sumber - sumber energi
2. Menginformasikan kepada pihak - pihak terkait
3. Menyelesaikan dan mengamankan energi (trik isolasi khusus)
4. Menguji isolasi (Energi Nol)
5. Memasang gembok dan tag yang sesuai (Kotak gembok; perlengkapan isolasi kombinasi)
6. Memulai pekerjaan

PEMULIHAN PERALATAN

7. Menyelesaikan pekerjaan
8. Memeriksa daerah pekerjaan
9. MemBERSihkan daerah pekerjaan
10. Melepas gembok dan tag yang sesuai
11. Mengembalikan energi
12. Memeriksa pengoperasian alat yang dioperasikan ulai pekerjaan

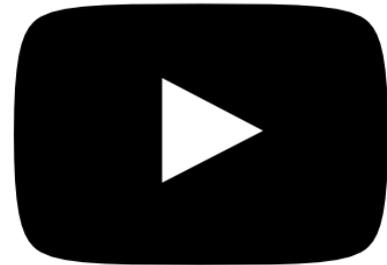
PROSEDUR PEMINJAMAN

1. **TOOL STORE**
Konfirmasi kepada Tool Man untuk menggunakan LOTO
2. **LOTO STATION**
Pengambilan Lock Out Tag Out ketika melakukan Praktik
3. **WORK**
Gunakanlah LOTO sesuai dengan 12 STEPS LOTO
4. **TOOL STORE**
Konfirmasi kepada Tool Man bahwa LOTO sudah selesai digunakan.

SHE & CC Coordinator
Area Gedung Alat Berat
ASEP APRIANA, ST., M.Kom

CREATED BY:
Adi Prasetyo - 5215200025
Rahman Zakaria - 5215200019

SAYA PILIH SELAMAT, UTAMAKAN SHOLAT DAN KESELAMATAN KERJA



Safety Induction (LOTO)

Poster 12 Steps pengisolasian energi berbahaya dan *Video safety induction* pengimplementasian LOTO sebagai *campaign* dan alat sosialisasi dalam pengimplementasian LOTO.

IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan:

1. Telah membuat standar pengisolasian energi berbahaya *workshop* Teknik Alat Berat PNJ sehingga agar warga alat berat merasa aman sehingga aman dan nyaman saat melakukan aktifitas di *workshop*
2. Dengan adanya LOTO Station mahasiswa dapat mengerti pentingnya melaksanakan pengisolasian energi berbahaya di area *workshop* Teknik Alat Berat PNJ, serta mahasiswa dapat terbiasa bekerja menggunakan LOTO di *workshop* karena telah melakukan pelatihan melalui mediator *video safety induction* dan penerapan LOTO yang mempunyai standar khusus serta selalu memerhatikan keamanan dan menjaga kenyamanan yang ada di area *Workshop* Teknik Alat Berat PNJ.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] setyobudi, Analisis Penerapan *Lockout/Tagout* (LOTO) sebagai Upaya Pengendalian Energi di Pabrik III PT Petrokimia Gresik (Berdasarkan OSHA 29 CFR 1910.147 dan OSHA 3120), FKM universitas jember, 2015

- [2] Alfina Hapsari dan Y. Denny Ardyanto ANALISIS FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PENERAPAN *LOCK OUT TAG OUT* (LOTO) PADA MEKANIK DI *PLANT DEPARTMENT*, FKM Universitas Airlangga, 2014

SIMULATOR SISTEM HIDROLIK UNDERCARRIAGE UNIT MINI EXCAVATOR 302.5

**Dhiyaa Hafizh Ramadhan Al Hadi; Fitri Puspita Sari; Galib Imam Marhaen; Muqaffi Hanifiyyah
As samhah; Fachruddin Mochtar**

*Program Studi Teknik Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. Dr. G. A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16425*

dhiyaahafiz@gmail.com; fachruddinmochtar@gmail.com

Abstrak

Dalam dunia operasi dan perawatan alat berat pemahaman tentang sistem hidrolik sangatlah diperlukan, khususnya pekerjaan dalam bidang perawatan. Salah satu media pemahaman sistem hidrolik ini adalah melalui skematik. Dengan media ini dapat diketahui cara kerja sistem hidrolik serta komponen-komponen pendukungnya. Namun selama ini, media pemahaman melalui skematik masih minim dan cukup sulit untuk dipahami. Maka dari itu, dalam studi ini dibuat sebuah simulator yang menunjukkan salah satu sistem kerja hidrolik khususnya untuk kerja travel motor pada unit mini hydraulic excavator Caterpillar 302.5 melalui media skematik dengan modifikasi rangkaian, yakni hanya menggunakan rangkaian sistem kerja motor travel. Harapannya, alat ini bisa menjadi media pembelajaran mahasiswa yang mempermudah pembelajaran mata kuliah hydraulic, khususnya dalam memahami hydraulic schematic. Alat ini memanfaatkan sistem electric untuk menyalakan lampu LED strip sebagai unjuk kerja pergerakan oli hidrolik. Prinsip yang digunakan yaitu memanfaatkan electronic logic controler. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk mengatur nyala lampu LED strip sesuai switch pergerakan travel yang diaktifkan sehingga nyala lampu LED strip tersebut dapat menunjukkan suatu rangkaian pergerakan oli hidrolik pada sistem. Hal ini bisa diartikan sebagai simulasi secara rinci pada sistem hidrolik khususnya rangkaian travel motor, menggunakan media LED strip. Studi ini berfokus pada komponen travel motor dan swivel, maka simulator ini hanya menonjolkan beberapa komponen-komponen yang penting, yakni tangki pelumas, primary pump, secondary pump, directional control valve, solenoid group, travel motor kanan dan kiri, serta valve pada travel motor. Sistem kerja travel sendiri diangkat karena sistem ini memiliki banyak variasi, baik arah maupun kecepatan gerak, selanjutnya sistem ini akan diuji kemampuannya sebagai media pembelajaran. Pada akhirnya, simulator ini berupa maket yang akan menunjukkan cara kerja travel secara real time pada rangkaian hydraulic sehingga kami harapkan mahasiswa akan terbantu dengan adanya simulator ini dalam memahami rangkaian hydraulic dan bisa menjadi bahan troubleshooting ketika dibutuhkan.

Kata kunci : sistem hidrolik, skematik, simulator, media pembelajaran

Abstract

In the world of heavy equipment operation and maintenance an understanding of hydraulic systems is essential, especially in maintenance. One of the media to understand about hydraulic system is through schematic. With this media can be known how the hydraulic system and its supporting components. But until now, the media to understand the schematic is still lack and quite difficult to understand. Therefore,

in this study, a simulator that shows one of the hydraulic working system, especially for motor travel which work on mini hydraulic excavator Caterpillar 302.5 through schematic media with circuit modification, which is only using a series of travel motor travel system. Hopefully, this media can be a student learning media that facilitate the learning of hydraulic courses, especially in understanding hydraulic schematic. This tool utilizes the electric system to turn on the LED strip lights as the performance of the hydraulic oil movement. The principle use the utilize electronic logic controler. This can be utilized to adjust the LED strip flame according to the swtich of the activated travel movement so that the LED strip flame can indicate a series of hydraulic oil movements on the system. This can be interpreted as a detailed simulation on the hydraulic system, especially travel motor circuits, using LED strip media. This study focuses on motor and swivel travel components, so this simulator only features some important components, such as lubricant tank, primary pump, secondary pump, directional control valve, solenoid group, right and left motor travel, and valve on motor travel . We make the travel motor as a topic because this system has many variations, both direction and speed of motion, then this system will be tested its ability as a learning media. In the end, this simulator like a macket will show you how the working system of a travel mootor movement, in real time on the hydraulic circuit so we hope the students will be helped by the simulator in understanding the hydraulic circuit and can be troubleshooting when needed.

Keyword :hydraulic system, schematic, simulator, learning media

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Pada program studi Teknik Alat Berat diajarkan salah satu materi tentang sistem hidrolik yang bekerja pada unit alat berat. Sistem hidrolik pada *Excavator* digunakan untuk mengendalikan pengendalian *Boom Raise/Lower, Stik out/in, Bucket close/open, Swing Right/left*, atau kombinasi dari gerakan-gerakan di atas. Di salah satu komponen pendukung adalah *Undercamriage* sebagai sistem penggerak dari alat-alat berat *excavator* dan *dozer* yang memiliki beban sangat berat. Dalam proses pembelajaran materi yang diberikan meliputi teori dan praktek yang menuntut mahasiswa untuk mengerti salah satu metode pembelajaran yaitu dengan membaca *schematic*. Banyak mahasiswa yang kesulitan menerapkan apa yang tertera di skematik dengan benda kerja sesungguhnya. Sehingga menyebabkan kurang mengertinya pemahaman proses yang terjadi pada sistem hidrolik. Maka dari itu kami membangun suatu bahan praktek berupa simulator kerja sistem hidrolik yang dikhususkan untuk menjelaskan satu kerja sistem hidrolik pada *travel* di *Mini Hydraulic Excavator 302.5*. Dengan alat ini mahasiswa dapat mengetahui dengan mudah dan jelas bagaimana sistem hidrolik pada *mini hydraulic excavator 302.5* bekerja. Dan diharapkan dengan simulator ini mahasiswa dapat memahami sistem kerja hidrolik pada alat berat dan dapat mengaplikasikannya di unit alat berat khususnya *Mini Hydraulic Excavator* yang sebenarnya.

II. METODE PENELITIAN

Dalam simulator ini digunakan rangkaian lampu *LED strip* sebagai penunjuk aliran oli pada sistem kerja hidrolik. Nyala lampu *LED strip* ini diatur dengan komponen bernama arduino. Komponen ini akan mengatur aliran daya yang diberikan kepada rangkaian lampu *LED strip* terbuat sesuai dengan input yang diterima arduino ini. Sebelum melakukan segala bentuk perancangan simulator, langkah yang harus diperhatikan adalah memulai untuk mempelajari studi literatur mengenai materi yang menyangkut sistem hidrolik khususnya pada *undercarriage*. Mencari dan mengumpulkan data untuk mendukung penelitian ini, seperti melakukan survey lapangan apakah alat ini sangat dibutuhkan oleh Mahasiswa atau tidak, lalu membuat desain simulator. Setelah itu barulah untuk mempersiapkan alat-alat dan bahan-bahan yang menunjang pembuatan simulator tersebut. Sebelum memulai membuat simulator pastikan bahwa komponen dan alat yang di perlukan telah tersedia dan lengkap. Setelah itu barulah pembuatan simulator dapat dilakukan. Apabila telah selesai dalam pembuatan maka langkah selanjutnya adalah memeriksa kelengkapan komponen mulai dari tahapan pemasangan aliran fluida, pemasangan stiker komponen dan perakitan simulator. Setelah pembuatan simulator selesai, maka akan dilakukan Simulasi dan pengujian terhadap simulator yang telah dibuat dengan cara pengujian simulator sistem hidrolik pada *undercarriage* dengan melihat susunan komponen yang telah dibuat apakah komponen-komponen yang digambarkan di stiker dapat bergerak atau bekerja dengan baik. Apabila komponen tidak bergerak sesuai dengan yang diharapkan, maka akan dilakukan pemeriksaan ulang komponen. Lalu, pengujian terhadap jalur aliran fluida pada simulator sistem hidrolik *undercarriage* menunjukkan aliran fluida yang benar ke arah mana saja sesuai dengan gerakan *travel* yang diinginkan. Apabila jalur yang ditunjukkan tidak sesuai, maka akan diperiksa kembali mengenai susunan kelistrikan yang digambarkan oleh lampu *LED* tersebut. Kemudian apabila semua penelitian dan pengujian telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah menyusun semua data yang telah didapat untuk dijadikan bahan informasi dalam bentuk laporan yang mengacu pada pedoman penulisan Tugas Akhir. Barulah, Simulator Sistem Hidrolik pada *Undercarriage* Unit Mini Excavator 302.5 dapat digunakan sebagai media pembelajaran di Program Studi Teknik Alat Berat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Komponen-Komponen Penting pada Simulator

a. Benda Kerja (*track*)

Benda kerja yang menunjukkan bagaimana *track* ini bergerak dibuat menggunakan komponen-komponen yaitu *belt*/karet berdiameter kecil dan gear ukuran *gear* kecil. Komponen-komponen tersebut dirangkai menyerupai bentuk trak pada *undercarriage*. Kemudian untuk menggerakkannya digunakan motor listrik 12v. Benda kerja ini memanfaatkan rangkaian listrik. Daya yang diterima yaitu dari komponen bernama arduino.

b. Tombol-tombol *Input Kerja*

Pada simulator ini terdapat 7 tombol. Tombol-tombol inilah yang memberikan *input* kesistem untuk kemudian di proses dan akan menghasilkan output selanjutnya. Tombol-tombol tersebut yaitu:

1. *Start*
2. *Death engine*
3. *Control:*
 - a. Maju (*travel* kanan)
 - b. Mundur (*travel* kanan)
 - c. Maju (*travel* kiri)
 - d. Mundur (*travel* kiri)

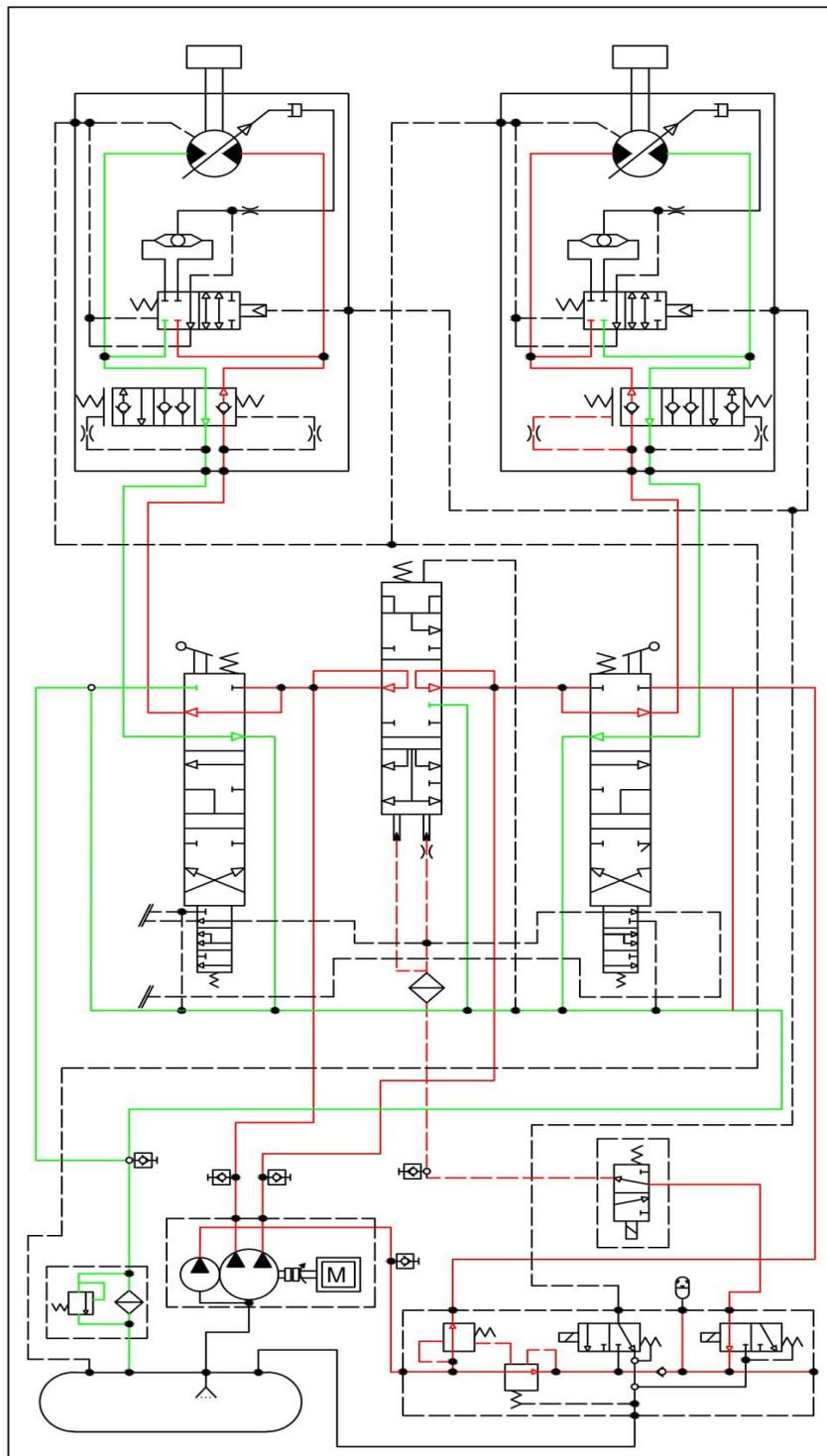
4. *Two speed*

c. Lampu *LED Strip*

Sebagai media utama pada simulator ini, lampu *LED strip* yang digunakan dibuat per bagian untuk mewakili setiap bagaian sistem hidrolik yang bekerja. Lampu *LED strip* yang digunakan yaitu lampu *LED strip* warna merah dan hijau untuk menerangkan jalur pergerakan fluida. Nyala lampu *LED strip* di setiap bagian sistem memanfaatkan rangkaian listrik yang diterima dari komponen bernama arduino.

d. Arduino

Bisa dibbilang komponen inilah otak dari simulator hidrolik ini. Input yang diterima dari tombol-tombol dikirim ke komponen ini terlebih dahulu. Kemudian komponen ini yang sebelumnya telah diprogram sedemikian rupa sesuai kebutuhan sistem pada simulator ini akan memprosesnya. Kemudian dari komponen ini akan menghasilkan outout yang akan dikirimkan ke setiap bagian-bagian simulator mulai dari lampu *LED strip* dan juga untuk benda kerja dari simulator sistem hidrolik ini.



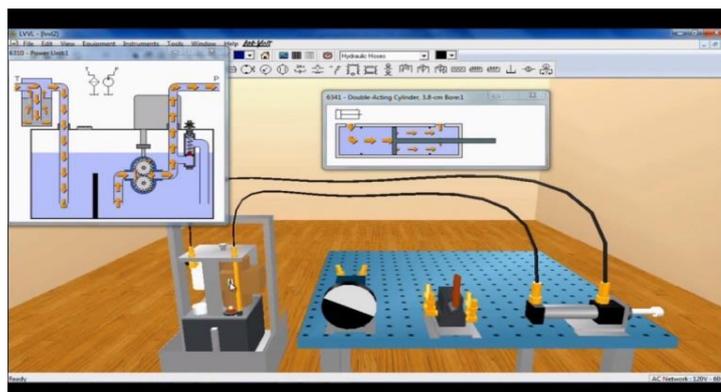
Gambar 3.1 Design Simulator

2. HASIL PENELITIAN

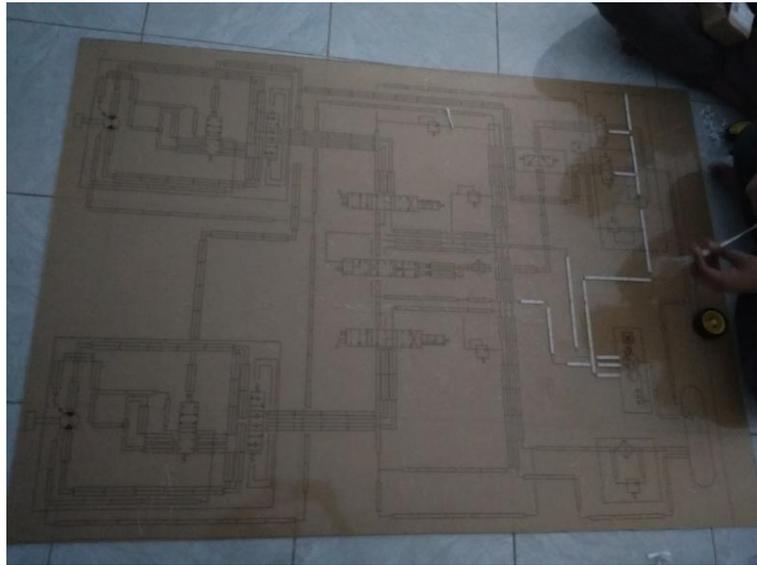
Dikarenakan simulator yang dibuat belum sampai pada tahap pengujian. Maka peneliti menyatakan sebuah hipotesa untuk simulator ini.

Berdasarkan penelitian dan pengkajian yang telah dilakukan, dan dikarenakan alat/simulator ini belum rampung sepenuhnya. Maka peneliti menyatakan hipotesis penelitian dari penelitian ini yaitu:

1. Simulator sistem hidrolik ini menggunakan komponen-komponen seperti lampu *LED* strip, *single LED lamp*, arduino, *belt*, papan *VCB*, dan motor listrik 12v dengan tambahan 2 ban di setiap motor sebagai komponen kerja pada simulator. Semua dirancang di atas media berupa kaca akrilik dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Simulator ini menunjukkan aliran oli pada sistem hidrolik untuk kerja travel pada schematic memanfaatkan media lampu *LED* strip yang menyala dengan variasi warna *LED* strip merah dan hijau.
3. Simulator ini juga menampilkan benda kerja berbentuk motor *travel* dan *track* yang dapat bergerak sehingga menggambarkan bagaimana *travel* pada *excavator* bekerja sesuai *input* yang diberikan.
4. Cara kerja dari simulator ini yaitu input yang diberikan melalui tombol-tombol kemudian dikirim ke komponen bernama arduino. Kemudian arduino ini yang mengolah input yang diterima. Hasilnya yaitu output perintah (daya listrik) ke bagian-bagian lampu *LED* strip pada simulator sehingga nyala lampu *LED* strip ini dapat menunjukkan pergerakan fluida yang terjadi di *schematic* pada suatu bentuk kerja dari sistem hidrolik untuk *travel* ini. Selain itu *output* dari arduino juga akan dikirimkan ke benda kerja menyerupai *travel* dan *track* pada *undercarriage* untuk bagian kanan dan kiri.
5. Model kerja yang ditampilkan oleh simulator ini yaitu unjuk kerja maju dan mundur bagi *travel* dan *track* bagian kanan dan kiri.
6. Saat *input* simulator ini mengarahkan kerja *track* bagian kanan bergerak maju, maka lampu *LED* strip akan menyala sesuai sistem hidrolik yang terjadi dan *track* pada benda kerja akan ikut bergerak maju. Begitu pun untuk kerja pada bagian kiri dan untuk kerja mundur.
7. Berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat ini sangat membantu mahasiswa untuk mengerti bagaimana sistem *hydraulic* (khususnya untuk benda kerja *travel*) bekerja melalui *schematic hydraulic*



Gambar 2. Desain benda kerja simulator



Gambar 3. Proses Pembuatan *Schematic*



Gambar 4. Pemasangan *LED*

IV. KESIMPULAN

- Simulator ini menggunakan rangkaian listrik untuk menjalankannya. Sigunakan komponen bernama Arduino sebagai pengatur (otak) bagi semua sistem yang ada di simulator ini.
- Simulator ini memanfaatkan media utama berupa lampu *LED* strip sebagai penunjuk pergerakan fluida pada sistem yang digambarkan dalam schematic untuk kerja travel ini.
- Simulator ini dapat menjadi media pembelajaran bagi mahasiswa khususnya mahasiswa teknik alat berat
- Simulator ini membantu mahasiswa khususnya mahasiswa teknik alat berat untuk membaca dan memahami sistem kerja ahidrolik melalui penggambaran schematic dengan lebih mudah

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gunawan ,Kiki,2015 “Perancangan dan pembuatan komponen undercarriage pada model excavator di laboratorium hidrolik dan pnumatik Universitas Riau”,Jom FTEKNIK. Vol 2:1:
- [2] Kamsar. 2016. “Analisis sistem hidrolik pengangkat pada alat berat jenis wheel loader studi kasus Dinas Pekerjaan Umum Kab. Boombana. Enthalpy”, Vol 1:1
- [3] Mayprana, Achmad Fahry. 2018 Landasan Teori (Online). Tersedia: https://www.researchgate.net/profile/Rudy_Chandra4/publication/312579226_Penerpan_Sistem_Hidrolik_pada_Car_Lift/links/588299ce92851c21ff4312df/Penerapan-Sistem-Hidrolik-pada-Car-Lift
- [4] Sulaiman, Muhammad. t.t. Makalah Hukum Pascal. Semarang Syaefudin, Eko Arif. 2014. Rancang Bangun Excavator Sederhana Tipe Backhoe Berpenggerak Hidrolik. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ. Edisi 4.
<file:///C:/Users/user/Downloads/2041-Article%20Text-2976-1-10-20170523.pdf>.

**TEKNIK DAN MANAJEMEN
INDUSTRI**

MODIFIKASI MESIN ELECTRIC WINCH PT. X

Ainal Akmal¹, Pratiwi fazrin¹, Sidiq Ruswanto²

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424 Telp : +6221 7270044, ainal.akmal@gmail.com

²Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

Abstrak

Electric Winch di PT. X digunakan untuk menarik 4 troli sekaligus dengan kapasitas 5 Ton per troli pada ruangan sandblasting process. Wire rope pada electric winch tidak dapat tergulung secara merata dikarenakan fleet angle kurang dari 1,25°. Fleet angle didefinisikan sebagai sudut tali terbesar antara puli pengarah dan sisi flange drum relatif terhadap garis tengah drum. Nilai fleet angle dapat diperkecil dengan cara memperbesar jarak antara electric winch dengan puli. Faktanya kondisi di lapangan menunjukkan jarak antara winch dengan puli maksimal hanya sebesar 4,1 [m] dikarenakan keterbatasan ruangan. Lebar drum pada winch sebesar 30 [cm] sehingga menurut perhitungan pythagoras didapatkan nilai fleet angle sebesar 2,1°. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang berfungsi untuk mengarahkan gulungan tali supaya tergulung rapih. Metodenya adalah merancang bangun mesin wire rope spooling yaitu alat yang dapat melakukan mekanisme pergerakan translasi bolak-balik untuk membawa tali dan mengarahkannya agar tersusun rapih. Alat tersebut terdiri atas komponen utama berupa poros berulir bolak-balik yang bergerak rotasi dan cam sebagai komponen follower yang bergerak translasi. Pergerakan cam follower harus terintegrasi dengan electric winch agar tidak terjadi kerenggangan atau tumpukan antar gulungan. Nilai ideal pergerakan cam adalah 13 [mm] dalam satu kali putaran drum sesuai dengan diameter tali winch. Hasil akhir modifikasi adalah pembuatan sebuah mesin wire rope spooling berukuran 1,3 m x 0,63 m x 0,44 m.

Kata kunci: electric winch, wire rope spooling

Abstract

Electric Winch is used to pull 4 trolleys in the sandblasting process room at PT. X. Capacity for each trolley is 5 tons. The wire rope on the electric winch fails to be rolled evenly because the fleet angle is less than 1.25°. Fleet angle is defined as the largest rope angle between the sheave and the flange side of the drum relative to the center line of the drum. The value can be reduced by increasing the distance of the electric winch to the sheave. Fact in the field shows the largest distance of the winch to the sheave is only 4.1 [m] due to space limitations. The width of the drum on the winch is 30 [cm], according to Pythagoras calculation, the fleet angle value will be 2,1°. Therefore it's required a tool that could direct the wire rope so it will rolled neatly. The method is to design a wire rope spooling machine, a tool that can do the mechanism of translational movement back and forth to bring the rope and direct it to be arranged neatly. The tool consists of the main components those are reverse screw which is rotating and cam as a follower part which is moving translations. The movement of cam follower with electric winch should be in sync to avoid estrangement or stack between reels. The ideal value of the cam movement is 13 [mm] in a single rotation of the drum according to the diameter of the winch rope. The last result of the modification is to build a wire rope spooling machine with size 1.3 m x 0.63 m x 0.44 m.

Key words: electric winch, wire rope spooling

1. PENDAHULUAN

Proses pemindahan barang dari satu tempat ke tempat lain dapat dilakukan secara mudah menggunakan mesin. Pada sistem produksi alat berat di PT.X terdapat proses *sandblasting* yaitu proses penyemprotan pasir silika bertekanan tinggi untuk menghilangkan karat dari komponen alat berat. Proses ini dilakukan secara berurutan dari suatu area ke beberapa ruangan. Area tersebut adalah area preaparasi, ruang *sandblasting* 1, ruang *sandblasting* 2, dan ruang cleaning. Troli digunakan untuk mengangkut komponen yang akan diproses *sandblasting* melalui ruangan-ruangan tersebut dengan jarak tempuh troli sekitar 25 meter. Dibutuhkan operator sebanyak 5 orang untuk mendorong satu troli tersebut.

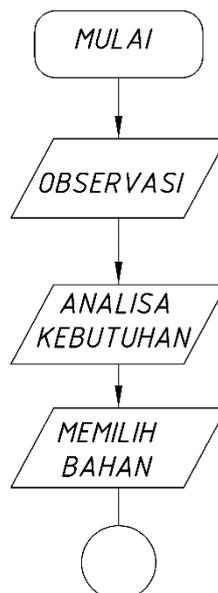
Untuk meningkatkan proses produksi, perusahaan PT.X berencana menggunakan *Electric Winch* untuk menarik troli-troli tersebut. *Electric winch* adalah mesin yang digunakan untuk menarik beban menggunakan *wire rope*. *Wire rope* pada *electric winch* tidak dapat tergulung secara merata dikarenakan *fleet angle* kurang dari $1,25^\circ$. *Fleet angle* didefinisikan sebagai sudut tali terbesar antara puli pengarah dan sisi flange drum relatif terhadap garis tengah drum. Nilai *fleet angle* dapat diperkecil dengan cara memperbesar jarak antara *electric winch* dengan puli.

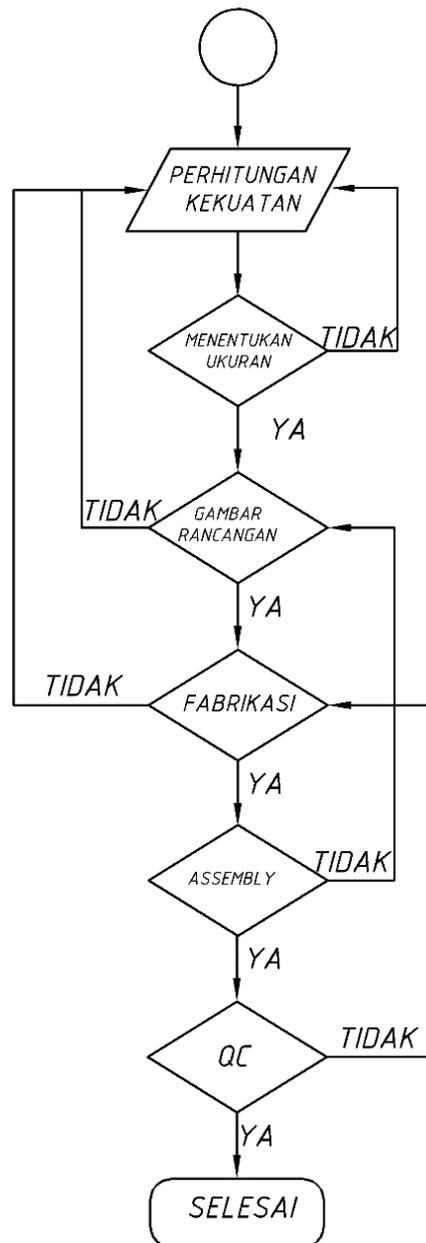
Faktanya, jarak antara *winch* dan puli di PT.X tidak dapat diperbesar karena keterbatasan ruangan sehingga didapatkan *fleet angle* sebesar $2,1^\circ$. Akibatnya, *wire rope* tidak akan tergulung secara rapi pada drum. Oleh karena itu dibutuhkan modifikasi pada *winch* dengan cara menambahkan sebuah alat yang berfungsi untuk mengarahkan gulungan tali supaya tergulung rapih.

Wire rope yang saling bertumpukan pada satu titik membuat gulungan berantakan atau *wire rope* akan tersangkut. Hal ini mengakibatkan terjadinya kegagalan pada motor *winch* atau kecelakaan kerja pada operator. Tujuan dari modifikasi *winch* adalah agar *wire rope* pada drum *winch* dapat tergulung secara rapi dengan cara merancang dan membuat alat penggulung *wire rope*.

Alat penggulung *wire rope* dapat disebut juga sebagai *level winder*. Perbedaan antara alat penggulung yang dibuat dengan alat penggulung lainnya terletak pada ukuran yang berbeda-beda menyesuaikan ukuran dari *electric winch* yang digunakan. Semakin besar *electric winch* maka alat penggulung yang digunakan akan semakin besar pula, begitupun sebaliknya. Sehingga alat penggulung yang dibuat hanya dapat di aplikasikan pada spesifikasi *electric winch* yang digunakan di PT.X.

2. METODE PENELITIAN





Gambar 2.1 Bagan Metode Pelaksanaan

Uraian :

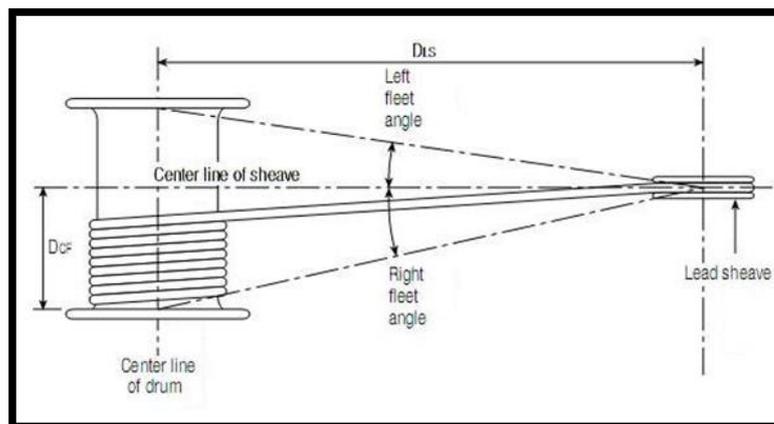
1. Observasi
Observasi adalah melakukan pengamatan langsung untuk memperoleh gambaran umum tentang kondisi yang akan di teliti dan dapat dipahami permasalahannya.
2. Analisa Kebutuhan
Analisa Kebutuhan bertujuan untuk mencari poin-poin apa saja yang perlu di perhatikan dengan cara menganalisa komponen yang akan dibuat.
3. Memilih Bahan
Memilih bahan yang dibutuhkan untuk mencari material yang sesuai dalam proses pembuatan komponen.
4. Perhitungan Kekuatan
Perhitungan kekuatan yaitu dengan menghitung seberapa besar gaya atau tekanan yang akan di terima oleh bahan tersebut untuk mendapatkan ukuran dari komponen yang akan di buat.

5. Menentukan Ukuran
Menentukan ukuran agar didapatkan dimensi dari komponen untuk menuju tahap selanjutnya yaitu dengan membuat gambar rancangan.
6. Gambar Rancangan
Membuat gambar rancangan sebelum tahap pembuatan sebagai intruksi atau panduan dalam proses fabrikasi.
7. Fabrikasi
Melakukan fabrikasi pada komponen-komponen hasil rancangan dimana pada tahap ini bertujuan untuk merealisasikan apa yang sudah di rancang sebelumnya dengan menggunakan mesin-mesin yang ada.
8. Assembly
Penggabungan komponen merupakan lanjutan dari tahapan fabrikasi untuk menjadikan keseluruhan komponen yang telah dibuat menjadi satu kesatuan.
9. Quality Control (QC)
Tahap Quality Control adalah tahap untuk meneliti produk jadi apakah sudah sesuai dengan standar yang diperlukan atau tidak serta melakukan tahapan uji coba untuk mengetahui keberhasilan dari produk tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan *Fleet angle*

Dasar permasalahan dibutuhkannya mesin penggulung *wire rope* adalah ketidaktepatan nilai *fleet angle*. Maka diperlukan perhitungan *fleet angle* pada *electric winch* di PT.X.



Gambar 3.1 *Fleet angle*

Gambar diatas menunjukkan sudut *fleet angle* yang terbentuk antara *winch* dan pengarah (*lead sheave*). *Fleet angle* terjadi ketika *wire rope* berada pada ujung flange drum. Perhitungan *fleet angle* menggunakan rumus trigonometri, sehingga:

$$\text{Fleet angle} = \text{arc tan} \left(\frac{D_{CF}}{D_{LS}} \right) \quad [\text{Persamaan.1}]$$

D_{CF} : Setengah lebar drum [m]

D_{LS} : Jarak dari sumbu drum ke sumbu puli pengarah [m]

Dari data yang diambil pada perusahaan PT.X, didapatkan jarak maksimum sumbu drum ke sumbu puli pengarah sebesar 4,1 meter dan lebar drum sebesar 0,3 meter.

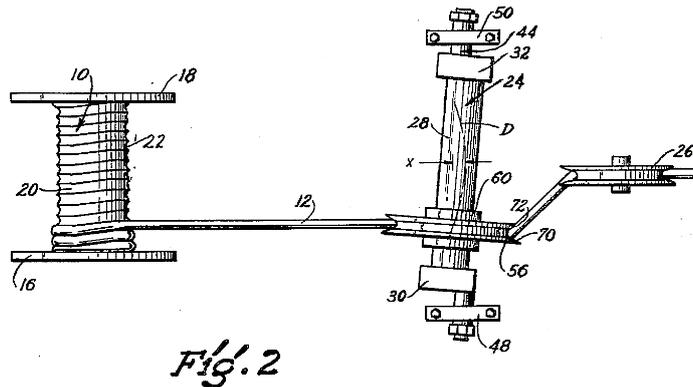
$$\text{Fleet angle} = \text{arc tan} \left(\frac{0,15}{4,1} \right) = 2,095^\circ$$

Fleet angle yang didapatkan dari perhitungan melebihi batas *fleet angle* pada teori instalasi winch yang akan mengakibatkan *wire rope* tidak tergulung rapi pada drum. Oleh karena itu dibutuhkan alat penggulung *wire rope*.

3.2. Kajian Pemandangan Alat yang sudah ada

1. Fleet angle compensator (FAC)

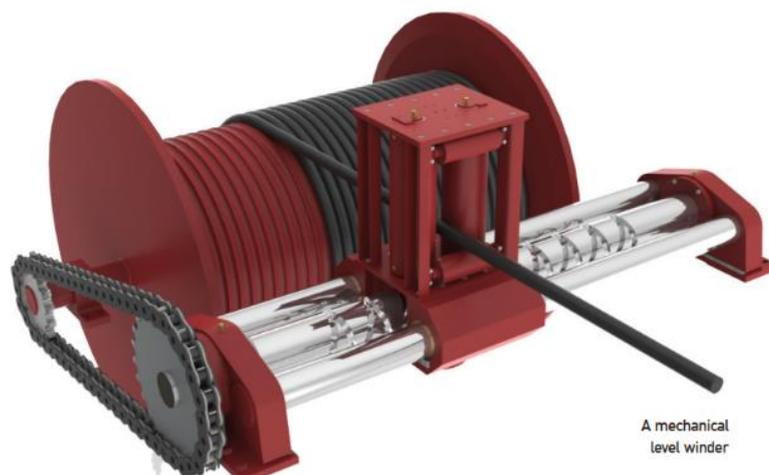
Fleet angle compensator terdiri atas puli yang dapat bergerak bebas pada suatu poros eksentrik. Poros ditopang oleh dua buah *pillow blocks* yang terpisah dari konstruksi *winch*. Alat ini berfungsi menyeimbangkan nilai *fleet angle* yang tidak sesuai. Puli dikendalikan oleh pergerakan *wire rope* ketika tergulung pada drum. Selama proses penggulungan, poros berotasi secara perlahan mengakibatkan puli untuk tergeser bolak-balik pada poros, sehingga didapatkan nilai *fleet angle* yang optimum dan *wire rope* terarahkan pada drum secara halus.



Gambar 3.2 Fleet Angle Compensator [5]

2. Level Winder

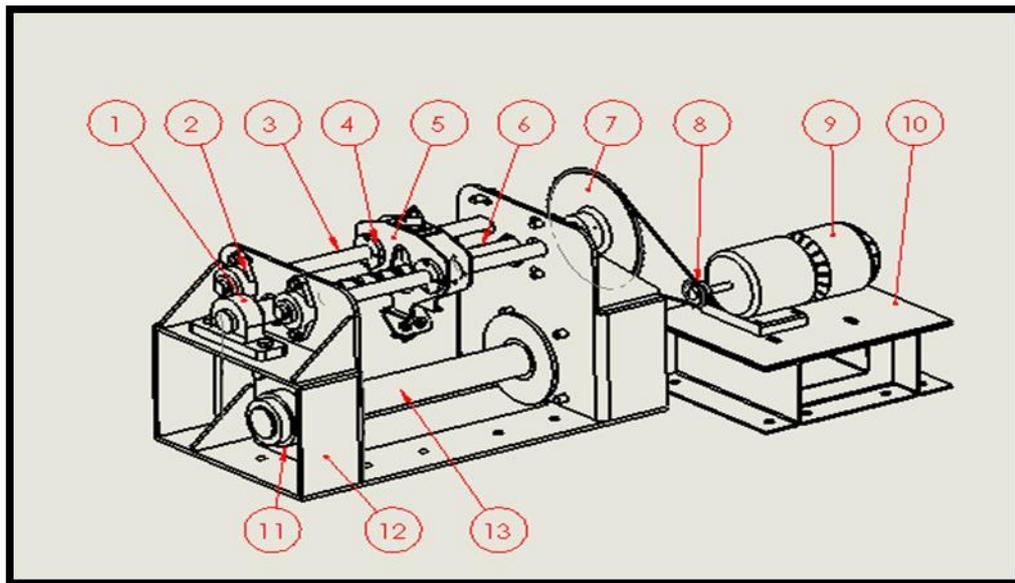
Level winder berfungsi mendorong *wire rope* dengan kecepatan yang sesuai dengan putaran *winch* secara otomatis agar *wire rope* tergulung pada drum secara rapi. *Level winder* dapat bersistem hidrolis, elektrik, atau mekanis. Sistem mekanis paling banyak diterapkan dengan alasan murah dan perawatan yang mudah.



Gambar 3.3 Electric Winch dengan mechanical level winder [7]

Mechanical level winder terdiri atas komponen utama berupa poros transmisi dengan ulir helix (*reverse screw*) dan *cam follower* sebagai mur yang dibawa dengan pergerakan translasi bolak-bali. *Reverse screw* memiliki dua ulir yang berlawanan arah dan menyatu di kedua ujungnya, sehingga *reverse screw* dapat menghasilkan pergerakan pada *follower* dua arah (bolak-balik) tanpa perlu mengganti arah putaran *reverse screw*. Rancangan alat penggulung *wire rope* yang dibangun untuk *electric winch* di PT.X akan menggunakan mekanisme ini.

3.3. Konsep Rancangan



Gambar 3.4 Konsep rancangan Alat Penggulung *Wire rope*

Keterangan Penunjukkan komponen:

- | | | | |
|---|-------------------------|----|-----------------------|
| 1 | <i>Bearing UCP</i> | 8 | <i>Sprocket Kecil</i> |
| 2 | <i>Bearing UCFL</i> | 9 | <i>Motor Listrik</i> |
| 3 | <i>Rail Shaft</i> | 10 | <i>Dudukan Motor</i> |
| 4 | <i>Linear Bearing</i> | 11 | <i>Bearing UCF</i> |
| 5 | <i>Housing Follower</i> | 12 | <i>Frame Spooling</i> |
| 6 | <i>Reverse screw</i> | 13 | <i>Poros Puli</i> |
| 7 | <i>Sprocket Besar</i> | | |

Konsep rancangan menggunakan mekanisme *level winder*. Motor listrik menggerakkan transmisi sprocket untuk mendapatkan kecepatan geser *housing follower* yang tepat. *Housing follower* bergeser secara bolak balik pada dua buah *rail shaft* dan membawa *wire rope*. Poros puli di bagian bawah berfungsi untuk menahan *wire rope* agar selalu berada di posisi bawah. Tiap poros bertopang pada rumah *bearing* diantaranya berjenis UCP, UCF, dan UCFL.

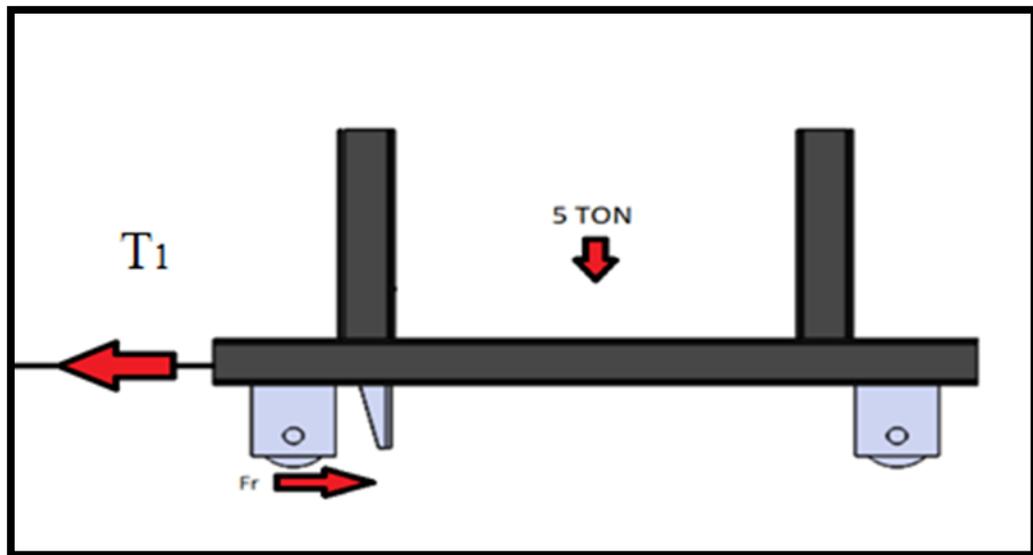
Berdasarkan konsep rancangan, diperlukan perhitungan rancangan dengan tujuan :

- Menentukan daya motor yang tepat agar dapat mendorong *wire rope*
- Menentukan ukuran rasio sprocket agar kecepatan geser *follower* tepat, tidak terlalu lambat dan tidak terlalu cepat.

3.4. Perhitungan Rancangan

1. Menentukan Daya Motor

Motor digunakan untuk menggerakkan putaran *reverse screw*. *Reverse screw* memiliki diameter luar 50 mm, diameter dalam 44 mm, dan *pitch* sebesar 42 mm. *Reverse screw* terbuat dari baja ST45 dan *cam* terbuat dari kuningan. Koefisien gesek antara kuningan dan baja sebesar 0,35. Beban aksial yang harus dapat didorong oleh *reverse screw* adalah sebesar tegangan *wire rope*.



Gambar 3.5 FBD Troli

Berat troli yang membawa komponen adalah 5 ton. Diperlukan gaya tarik sebesar gaya gesek statis pada roda troli supaya troli tersebut bergerak.

$$F_r = c \cdot W \quad [\text{Persamaan.2}]$$

W = Gaya normal [N]

C = Koefisien tahanan *rolling*

Dan nilai gaya pada *wire rope* (T) adalah sama dengan gaya gesek rolling

Tabel 3.1 Koefisien Gesek Roda ^[2] (sumber : <https://www.engineeringtoolbox.com>)

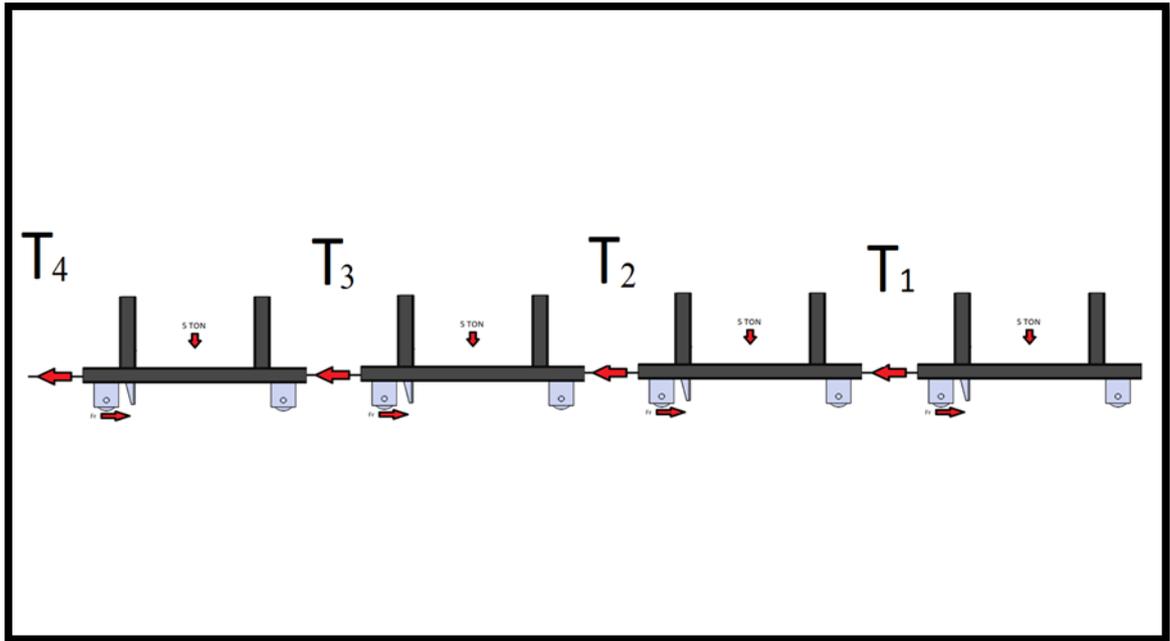
Rolling Resistance Coefficient	Type
0.001 - 0.002	railroad steel wheels on steel rails
0.001	bicycle tire on wooden track
0.002 - 0.005	low resistance tubeless tires
0.002	bicycle tire on concrete
0.004	bicycle tire on asphalt road
0.005	dirty tram rails
0.006 - 0.01	truck tire on asphalt
0.008	bicycle tire on rough paved road
0.01 - 0.015	ordinary car tires on concrete, new asphalt, cobbles small new
0.02	car tires on tar or asphalt

Tipe gesekan roda adalah roda baja pada rel baja maka nilai C berdasarkan tabel diatas adalah 0,002. Maka nilai T_1 adalah

$$T_1 = F_r \quad [\text{Persamaan.3}]$$

$$T_1 = 0,002 \cdot 4.5000 \cdot 9,8$$

$$T_1 = 392 \text{ [N]}$$



Gambar 3.5 FBD 4 Troli

Nilai T_1 tersebut adalah gaya *wire rope* pada troli paling belakang. *Electric winch* akan menarik 4 troli sekaligus, sehingga nilai gaya *wire rope* paling depan adalah

$$T_4 = 4 \times T_1 \text{ [N]} \quad \text{[Persamaan.4]}$$

$$T_4 = 4 \times 392 = 1562 \text{ [N]}$$

Sudut *helix* pada *reverse screw*

$$d = \frac{d_i + d_o}{2} \quad \text{[Persamaan.5]}^{[1]} \quad \text{(RS Khurmi Hal. 634)}$$

$$d = \frac{50 + 44}{2} = 47 \text{ [mm]}$$

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d} \quad \text{[Persamaan.6]}^{[1]} \quad \text{(RS Khurmi Hal. 633)}$$

$$\tan \alpha = \frac{42}{\pi \cdot 47} = 0,284, \text{ sehingga } \alpha = 15,88^\circ$$

Sudut gesek pada *reverse screw*

$$\tan \phi = 0,35$$

$$\phi = 19,29^\circ$$

Gaya tangensial pada *reverse screw*

$$P = T_4 \tan (\alpha + \phi) \quad \text{[Persamaan.7]}^{[1]} \quad \text{(RS Khurmi Hal. 633)}$$

$$P = 1562 \cdot \tan(15,88^\circ + 19,29^\circ) = 1100,64 \text{ [N]}$$

Torsi pada *reverse screw*

$$T = P \cdot \frac{d}{2} \quad \text{[Persamaan.8]}$$

$$T = 1100,64 \cdot \frac{47}{2} = 25865,17 \text{ [Nmm]} = 25,86 \text{ [Nm]}$$

Idealnya dalam sekali putaran drum winch, *follower* harus dapat mendorong *wire rope* sebesar nilai diameter *wire rope* itu sendiri yaitu sebesar 13 mm. Pitch screw adalah 42 mm sehingga satu putaran screw akan mendorong *wire rope* sebesar nilai pitch. Untuk menggerakkan sejauh 13 mm, *reverse screw* harus berputar sebesar 13/42 putaran. Kecepatan putar drum winch adalah 18 RPM. Maka kecepatan putar *reverse screw* adalah

$$n_{rs} = \frac{13}{42} n_{winch} = \frac{13}{42} 18 = 5,57 [RPM]$$

Daya motor untuk menggerakkan *reverse screw* adalah

$$P = \frac{2\pi \cdot n_{rs} \cdot T}{60} \quad [\text{Persamaan.9}]$$

$$P = \frac{2\pi \cdot 5,57 \cdot 25,86}{60} = 15,08 [\text{watt}]$$

2. Menentukan Ukuran *Sprocket*

Motor yang tersedia memiliki spesifikasi seperti berikut :

$$P = 0,37 [\text{kW}]$$

$$N = 15 [RPM]$$

Untuk menyesuaikan kecepatan putar *reverse screw* dengan motor yang tersedia diperlukan rasio menggunakan *sprocket*.

$$r = \frac{n_{rs}}{N} \quad [\text{Persamaan.10}]$$

$$r = \frac{5,57}{15} = \frac{1}{2,69}$$

Ukuran *sprocket* yang tersedia dan memenuhi rasio tersebut adalah ukuran gigi 19 dan 52. Sehingga rasio aktualnya adalah

$$r_{aktual} = \frac{z_1}{z_2} \quad [\text{Persamaan.11}]$$

$$r_{aktual} = \frac{19}{52} = \frac{1}{2,74}$$

Dan pergeseran *follower* (x) untuk mendorong *wire rope* secara aktual dalam satu putaran drum winch adalah sebesar

$$n_{rs \text{ aktual}} = r_{aktual} \cdot N \quad [\text{Persamaan.12}]$$

$$n_{rs \text{ aktual}} = \frac{1}{2,74} \cdot 15 = 5,47 [RPM]$$

$$x = \frac{n_{rs \text{ aktual}}}{n_{winch}} \cdot \text{pitch} \quad [\text{Persamaan.13}]$$

$$x = \frac{5,47}{18} \cdot 42 = 12,76 [mm]$$

3. KESIMPULAN

1. Modifikasi *electric winch* dilakukan dengan membangun alat penggulung *wire rope* dengan jenis level winder yang bersumber tenaga motor berspesifikasi daya 0,37 [kW] dan kecepatan putar 15 [RPM]
2. *Reverse screw* memiliki ukuran diameter 50 mm dan pitch 42 mm.
3. Berdasarkan perhitungan, rasio sprocket yang diperlukan agar follower bergeser 13 mm dalam satu kali putaran drum *winch*, adalah sebesar 1 : 2,74 atau dengan rasio gigi sprocket 19 dan 52.



Gambar 3.4 Hasil modifikasi *Electric winch* di PT.X

4. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Khurmi, R.S., Gupta, J.K. "A Textbook Of Machine Design" New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.2005.
- [2.] *Coefficients friction and rolling friction resistance table*. <https://www.engineeringtoolbox.com> (diakses 27 mei 2018)
- [3.] Richard Krabbendam, 2013 "The importance of fleet angle and how to fix them" <http://www.heavyliftnews.com> (diakses 23 mei 2018)
- [4.] Ferdinand P. Beer dan E. Russel Johnston 1991, *Mekanika Untuk Insinyur*, McGraw-Hill Higher Education.
- [5.] Franklin, L. Le Bus, Reynold, ES & Robert, AC 1964, *Automatic Fleet Angle Compensator Apparatus*, US Patent US3122341A.
- [6.] B La, Barre 1973, *Reversing Nut For A Diamond Thread screw*, US Patent US3779094A.
- [7.] Cris Seidenather: *Fixing fleet angles*, International Cranes: January 2013

PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Analisa Penambahan 2 Fan Blade Cooling Tower Terhadap Efektivitas Cooling Tower dan Efisiensi Turbin

Drianto Darmawan¹; Benhur Nainggolan²; Emir Ridwan³,

Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A
Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424
Telp. (021) 7270036, 7270044, Faks. (021) 7270034
driantodarmawan@gmail.com

Abstrak

Cooling tower adalah salah satu komponen pada PLTP yang menggunakan prinsip perpindahan massa dan perpindahan panas untuk mendinginkan air yang masuk ke cooling tower. Cooling tower PLTP Wayang Windu berjenis induced draft counter-flow, bekerja dengan memasukan air dari kondensor melalui spray nozzle yang kemudian akan disemprotkan dan tertahan oleh fill, fan di atas cooling tower akan menarik udara sekitar dan terjadi kontak langsung antara air dan udara. Kapasitas pendinginan pada cooling tower ini tergantung pada jumlah blade pada fan cooling tower. Penambahan fan blade pada cooling tower ini akan menambah massa udara yang ditarik masuk ke cooling tower sehingga temperature air yang didinginkan dan menuju kondensor akan lebih dingin. Kevakuuman pada kondensor dipengaruhi oleh temperature air pendingin yang masuk ke kondensor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan 2 blade fan cooling tower unit 1 pada PLTP Wayang Windu terhadap efektivitas cooling tower dan efisiensi turbin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa pengumpulan data aktual, perhitungan efektivitas cooling tower dan efisiensi turbin menggunakan rumus termodinamika, studi literatur dan diskusi dengan pihak-pihak terkait. Efisiensi turbin yang terhitung pada penelitian ini meningkat dari 77.90% menjadi 79.57%, dan efektivitas cooling tower meningkat dari 65.00% menjadi 67.44%.

Kata kunci: Cooling Tower, Efektivitas, Efisiensi

Cooling tower is one of the component in geothermal power plant that use mass and heat transfer in order to cool cooling tower inlet water. Wayang Windu Geothermal Power Plant's cooling tower type is induced draft counter-flow, this cooling tower import the water from the condenser via spray nozzle, then the water will be sprayed and trapped in the fill, the fan upside the cooling tower will draw the surrounding air and the direct contact between air and water will occur. This cooling tower's cooling capacity depends with cooling tower fan blade quantity. The increase of fan blade in cooling tower fan will increase the air mass that drawn by the fan therefore the cooled water temperature that enter the cooling tower will be lower. Condenser's vacuum affected by water temperature that enter the condenser. The purpose of this study is to find out the effect of increasing 2 blades in Wayang Windu Geothermal Power Plant's cooling tower fan toward cooling tower's effectivity and turbine's efficiency. The methods that used in this study are collecting actual data, calculating cooling tower's effectivity and turbine's efficiency with thermodynamic formula, and discussion with the related parties. The calculated turbine's efficiency in this study increase from 77.90% to 79.57% and cooling tower's effectivity increase from 65.00% to 67.44%.

Keywords : Cooling Tower, Effectivity, Efficiency

1. LATAR BELAKANG

Cooling Tower (menara pendingin) adalah sebuah menara yang menggunakan kombinasi dari perpindahan panas dan perpindahan masa untuk mendinginkan air [1]. Cooling tower pada PLTP Wayang Windu memiliki 8 cell dengan fan yang memiliki 8 blade. Fan ini berfungsi untuk mengalirkan udara yang akan digunakan sebagai media pendingin air. Penambahan 2 blade pada fan akan menambah massa udara yang masuk menuju cooling tower, sehingga membuat air yang didinginkan menjadi lebih dingin. Penurunan temperature air yang didinginkan oleh cooling tower merupakan salah satu parameter yang menunjukkan peningkatan kinerja pada cooling tower. Penurunan temperature air dari cooling tower tersebut akan menurunkan temperature pada kondensor yang juga membuat kondensor semakin vacuum. Kevakuuman inilah yang akan mempengaruhi nilai dari efisiensi turbin yang dihasilkan. Tujuan dari makalah ini adalah :

- Menganalisa pengaruh dari penambahan 2 fan di fan cooling tower terhadap efektivitas cooling tower dan efisiensi turbin.
- Mengetahui peningkatan efektivitas cooling tower dan efisiensi turbin dari cooling tower dengan fan 8 dan 10 blade pada unit 1 Star Energy Geothermal Wayang Windu.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan proses pemecahan masalah diantaranya mendapatkan data yang digunakan untuk analisis teoritis yang diperlukan. Urutan pemecahan masalah yang digunakan untuk makalah ini antara lain :

1) Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk tugas akhir ini dilaksanakan pada saat kerja praktik di PLTP Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Pada penulisan penulis menggunakan beberapa langkah pengambilan data, di antaranya : Data design dari *manual book cooling tower* yang dibuat oleh PLTP SEGWWL dan data aktual diambil di *DCS (Digital Computing System)* PLTP SEGWWL di mana semua data parameter alat ukur yang bersangkutan *terinput* secara langsung. Wawancara merupakan pengumpulan data yang dilakukan dengan tanya jawab untuk mendapatkan informasi lebih mengenai objek yang diamati.

2) Pengolahan Data

Data terkumpul dari hasil pengumpulan data dan wawancara, yang telah ada selanjutnya diolah. Adapun langkah-langkah yang ditempuh dalam pengolahan data di antaranya : Metode Perhitungan, perhitungan manual dengan menggunakan rumus termodinamika :

$$\text{Efektivitas Cooling Tower} = \frac{T_{range}}{(T_{range} + T_{approach})} \times 100 \dots (\%) \quad [\text{Persamaan 1}]$$

$$\eta_t = \frac{\Delta h_{act}}{\Delta h_{id}} = \frac{(\dot{W}_{act}/\dot{m})}{(h_4 - h_{5s})} \times 100 \dots (\%) \quad [\text{Persamaan 2}]$$

dengan :

\dot{m}	= Aliran massa uap	[kg/s]
\dot{W}	= Daya <i>output</i> turbin	[kW]
h	= Enthalpy	[kJ/kg]

dan perhitungan menggunakan aplikasi *excel XSteam-v2a*. perbandingan data, hasil perhitungan efisiensi turbin dan efektivitas *cooling tower* dengan *fan 8 blade* dan *10 blade* yang telah dihitung kemudian dibandingkan untuk mengetahui adanya perubahan efektivitas dan efisiensi yang terjadi.

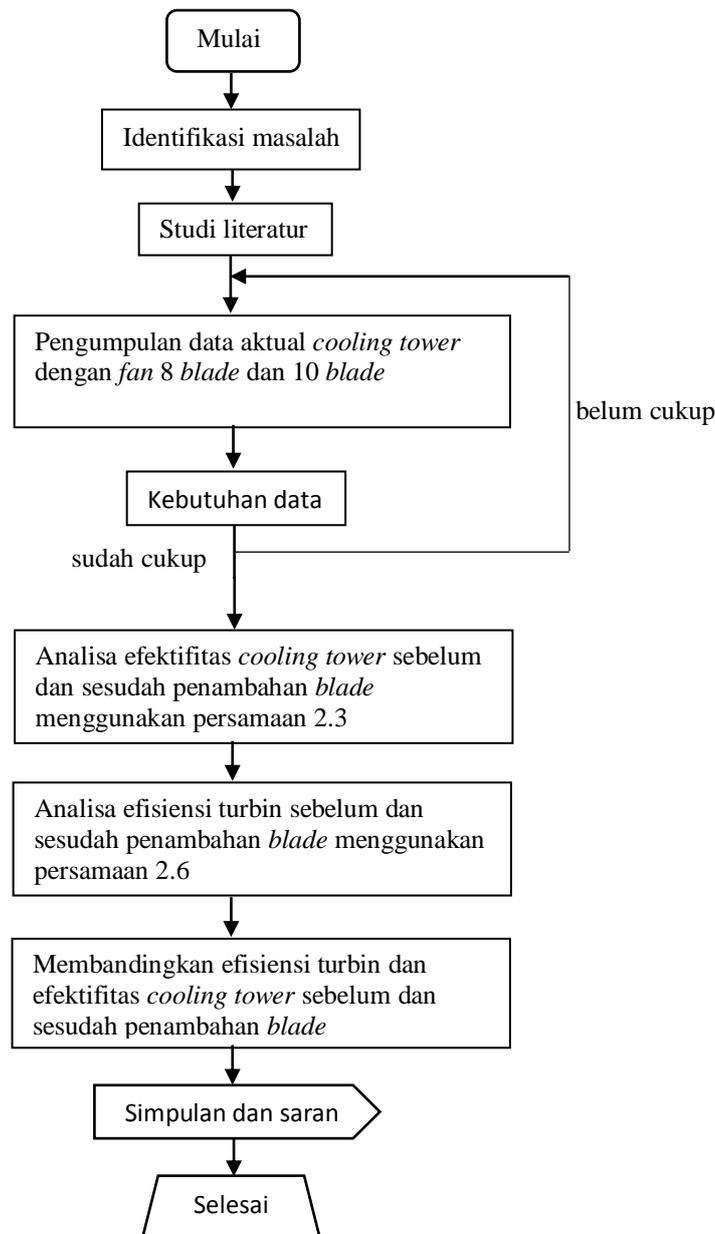
3) Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan bertujuan untuk memperjelas hasil perbandingan data pada setiap pengolahan data.

4) Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapat dari pengolahan data tugas akhir untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *2 fan blade* pada *cooling tower* terhadap efektivitas *cooling tower* dan efisiensi turbin serta saran untuk meningkatkan kinerja *cooling tower* itu sendiri.

Secara sistematis langkah-langkah penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

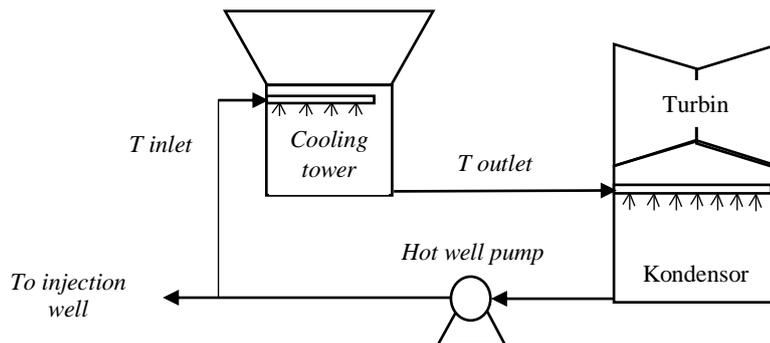


Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Efektivitas *Cooling Tower* dan Efisiensi Turbin

Perhitungan efektifitas *cooling tower* dipengaruhi *temperature inlet* dan *temperature outlet cooling tower* seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Sedangkan *temperature* pada kondensor dipengaruhi oleh *temperature outlet cooling tower*.



Gambar 2. Cooling Water System

Tabel 1, 2, 3, 4, dan 5 merupakan *sampling* dari hasil *performance test* SEGWW bulan November 2014 (8 blade) dan Januari 2018 (10 blade).

Tabel 1. Efektivitas Cooling Tower 8 blade

CT Outlet Temperature	CT Inlet Temperature	Trange	Tapproach	Efektivitas CT
°C	°C	°C	°C	
28.69	49.74	21.05	12.24	0.6323
28.08	49.17	21.09	11.63	0.6446
27.91	49.04	21.13	11.46	0.6484
28.61	49.90	21.29	12.16	0.6365
28.07	49.28	21.21	11.62	0.6461
27.11	48.82	21.71	10.66	0.6707
26.65	47.50	20.85	10.20	0.6715
27.87	49.06	21.19	11.42	0.6500

Tabel 2. Efektivitas Cooling Tower 10 blade

CT Outlet Temperature	CT Inlet Temperature	Trange	Tapproach	Efektivitas CT
°C	°C	°C	°C	
27.00	48.78	21.78	10.55	0.6736
27.06	48.92	21.86	10.61	0.6733
26.95	48.72	21.77	10.50	0.6746
26.92	48.68	21.76	10.47	0.6751
26.95	48.72	21.78	10.50	0.6747
26.91	48.72	21.81	10.46	0.6758
27.03	48.86	21.83	10.58	0.6736
26.97	48.77	21.80	10.52	0.6744

Tabel 3. s dan Twb ke Dua Data

s	Twb
kJ/kgK	°C
6.56	16.45

Trange merupakan selisih dari *CT Outlet Temperature* dengan *CT Inlet Temperature* dan Tapproach merupakan selisih dari *CT Outlet Temperature* dengan Twb, ketika Trange dan

T_{approach} sudah didapatkan, barulah memasukan persamaan 1. Contoh perhitungan menggunakan data rata-rata pada tabel 1 :

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas} &= \frac{T_{range}}{(T_{range} + T_{approach})} \times 100 \% \\ &= \frac{21.19}{(21.19+11.42)} \times 100 \% \\ &= \underline{65 \%} \end{aligned}$$

Data lain dihitung menggunakan aplikasi *ms excel*

Tabel 4. Efisiensi Turbin 8 *Blade*

Generator Output	Steam Inlet Flow	Steam Inlet Pressure	h4	Condensor Pressure	h5s	Efisiensi Turbin
MW	kg/s	Bara	kJ/kg	Bara	kJ/kg	
104.78	203.98	10.55	2776.1847	0.1282	2106.163	0.7667
107.18	207.93	10.48	2774.8901	0.1254	2103.540	0.7678
107.43	206.00	10.49	2775.07554	0.1231	2101.344	0.7741
107.47	206.57	10.40	2773.4014	0.1288	2106.679	0.7803
107.93	205.32	10.39	2773.2146	0.1251	2103.304	0.7847
108.47	203.50	10.51	2775.4459	0.1220	2100.295	0.7895
109.59	203.63	10.51	2775.4459	0.1159	2094.232	0.7900
107.55	205.28	10.48	2774.808	0.1241	2102.222	0.7790

Tabel 5. Efisiensi Turbin 10 *Blade*

Generator Output	Steam Inlet Flow	Steam Inlet Pressure	h4	Condensor Pressure	h5s	Efisiensi Turbin
MW	kg/s	Bara	kJ/kg	Bara	kJ/kg	
111.02	207.93	10.645	2777.933	0.1219	2100.254	0.7879
111.03	207.15	10.743	2779.722	0.1236	2101.868	0.7907
111.05	206.57	10.648	2777.982	0.1226	2100.869	0.7940
111.06	206.90	10.542	2776.029	0.1228	2101.120	0.7954
111.08	205.97	10.583	2776.792	0.1231	2101.411	0.7985
111.09	205.32	10.656	2778.138	0.1241	2102.353	0.8006
111.10	204.89	10.666	2778.314	0.1245	2102.706	0.8026
111.06	206.39	10.64	2777.84	0.1232	2101.512	0.7957

h₄ dan h_{5s} pada tabel didapatkan dengan pengolahan data *steam inlet pressure* untuk h₄ dan *condenser inlet pressure* untuk h_{5s} yang kemudian diolah menggunakan aplikasi *xsteam* pada *ms excel*. Sesudah mendapatkan h₄ dan h_{5s}, barulah menghitung efisiensi turbin menggunakan persamaan 2. Contoh perhitungan menggunakan data rata-rata pada tabel 4 :

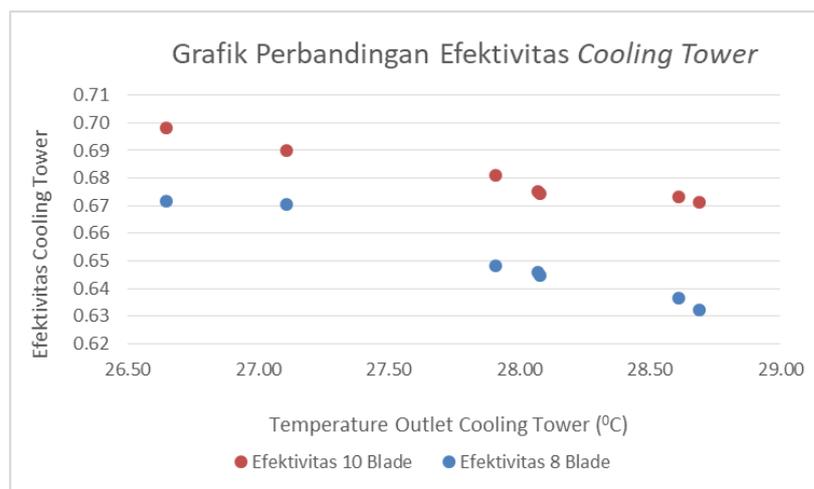
$$\eta_t = \frac{\Delta h_{act}}{\Delta h_{id}} = \frac{(\dot{W}_{act}/\dot{m})}{(h_4 - h_{5s})} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{(107550/205.28)}{(2774.808-2102.222)} \times 100 \% \\ &= \frac{523.93}{672.59} \times 100 \% \\ &= \underline{77.9 \%} \end{aligned}$$

Data lain dihitung menggunakan aplikasi *ms excel*

3.2 Pembahasan Hasil Analisa Data

1. Perbandingan Efektifitas *Cooling Tower* pada 8 *blade* dan 10 *blade*



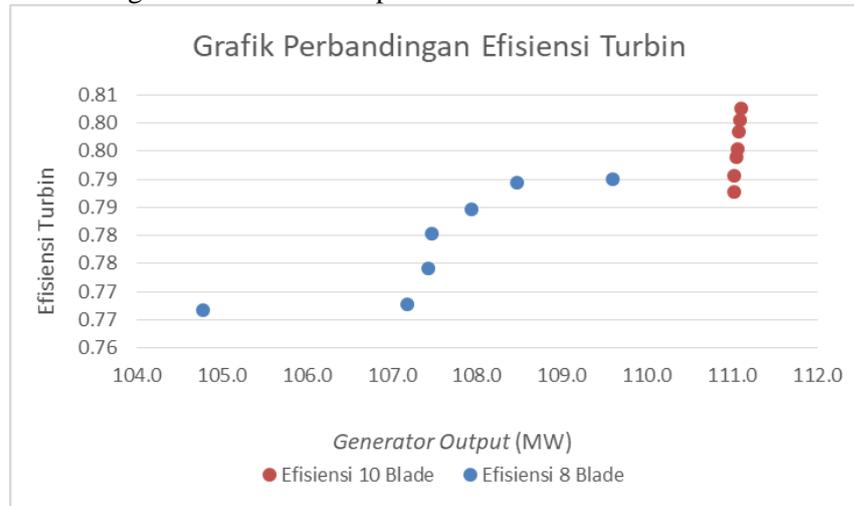
Gambar 3. Grafik Perbandingan Efektivitas *Cooling Tower*

Pada gambar 3, efektifitas *cooling tower* berpengaruh pada *temperature outlet cooling tower*. Efektivitas *cooling tower* berbanding terbalik dengan *temperature outlet cooling tower*. *Temperature outlet* merupakan “keluaran” yang diharapkan pada efektifitas *cooling tower*. Salah satu parameter efektifitas *cooling tower* adalah *temperature approach* yang dipengaruhi oleh *temperature outlet*. Hal ini dapat dibuktikan pada tabel 1 dan 2 melalui *temperature approach* yang digunakan sebagai perhitungan efektifitas *cooling tower*. Nilai dari *temperature approach* ini dipengaruhi oleh *temperature outlet cooling tower*. Semakin kecil *temperature outlet* akan membuat *temperature approach* menjadi semakin kecil dan otomatis akan membuat efektifitas *cooling tower* semakin besar.

Penambahan 2 *fan blade* pada *cooling tower* menyebabkan kenaikan efektifitas pada *cooling tower* yang dapat dilihat dari tabel 1 dan tabel 2, kenaikan efektifitas *cooling tower* sebesar 2.44%. Kenaikan ini terjadi karena pendinginan pada *cooling tower* dipengaruhi oleh jumlah *fan blade* yang terdapat pada *cooling tower*. Dengan bertambahnya *fan blade* pada *cooling tower*, massa udara yang terhisap menuju *cooling tower* akan semakin banyak. Udara berperan sebagai media pendingin air panas yang datang dari kondensator. Semakin banyak udara akan membuat pendinginan air panas tersebut semakin baik sehingga *temperature* air yang keluar

dari *cooling tower* akan semakin dingin dan ini membuat efektivitas *cooling tower* menjadi lebih baik.

2. Perbandingan Efisiensi Turbin pada 8 *blade* dan 10 *blade*



Gambar 4. Grafik Perbandingan Efisiensi Turbin

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4, efisiensi turbin berbanding lurus dengan *generator output*. Jika *generator output* besar, efisiensi yang dihasilkan turbin akan semakin baik. Kenaikan *generator output* dipengaruhi oleh aliran massa uap yang masuk menuju turbin, ini artinya semakin banyak uap yang memutar turbin, listrik yang dihasilkan *generator* akan menjadi semakin besar. Air panas dari kondensor akan dipompakan menuju *cooling tower* untuk didinginkan, setelah didinginkan air akan dialirkan kembali menuju kondensor untuk proses kondensasi uap. Dengan penambahan 2 *fan blade* pada *cooling tower*, air dingin yang menuju kondensor akan menjadi lebih dingin. *Temperature* dan tekanan berbanding lurus, bila *temperature* air pada kondensor menurun, hal ini akan membuat tekanan dalam kondensor makin *vacuum*. Berdasarkan persamaan 2, semakin kecil nilai h_5 maka *generator output* akan semakin besar. Penambahan *generator output* ini akan menyebabkan peningkatan pada efisiensi turbin karena *generator output* dan efisiensi turbin berbanding lurus. Penambahan 2 *fan blade* pada *cooling tower* menyebabkan kenaikan efisiensi turbin yang dapat dilihat dari tabel 4 dan tabel 5, kenaikan efisiensi turbin sebesar 1.67%.

4. KESIMPULAN

1. Penambahan 2 *fan blade cooling tower* menyebabkan peningkatan efektifitas pada *cooling tower* sebesar 2.44% dari 65% menjadi 67.44%. Dan peningkatan efisiensi turbin sebesar 1.67% dari 77.9% menjadi 79.57%.
2. Penambahan 2 *fan blade cooling tower* menyebabkan penurunan *temperature outlet* pada *cooling tower* yang secara rumus akan menyebabkan kenaikan efektivitas *cooling tower*. Penurunan *temperature outlet* ini juga akan menurunkan *temperature* air pada kondensor sehingga terjadi penurunan kevakuman yang secara rumus menambah *generator output* yang dihasilkan, penambahan *generator output* ini menambah efisiensi pada turbin.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pemakalah mengucapkan terima kasih kepada Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd, Bapak Benhur dan Bapak Emir sebagai pembimbing yang telah membantu demi kelancaran penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kroger, Detlev G. 2004. *Air-Cooled Heated Exchangers and Cooling Towers, Thermal-Flow Performance Evaluation and Design*. Oklahoma: PennWell.
- [2] M.M, El-Wakil. 1988. *Powerplant Technology*. McGraw-Hill Book Company.
- [3] Tabak, John. 2009. *Solar and Geothermal Energy*. New York: Facts On File.

- [4] Pudjanarsa, Astu, dan Djati Nursuhud. 2012. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya : Penerbit Andi.
- [5] Bureau of Energy Efficiency, Ministry of Power, India. 2014. *Cooling Towers*. In: *Energy Efficiency in Electrical Utilities*. Chapter 7, pg 135-151.
- [6] Operation and Maintenance Manual (11/41). As-Built Documentation Limited Unit 1& Common Equipment. Wayang Windu Geothermal Power Project 2 x 110 MW Power Station Magma Nusantara. West Java, Indonesia: Fuji Electric Co.,Ltd.
- [7] Ronald, DiPippo. 2007. *Geothermal Power Plants Second Edition*. Dartmouth, Massachusetts.
- [8] Handoyo, Yopi. 2015. *Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 pada PT. XYZ (Skripsi)*. Bekasi: Universitas Islam 45 Bekasi.

Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut *Buoyant Float* dengan Variasi Periode Gelombang

Mega Hertian Ranova; Mochamad Hafiz; Tatun Hayatun Nufus; Suyitno Gatot

Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, Jawa Barat 16242

Telp. Dan Fax. (021) 7863530

hertian14ranova@gmail.com

Abstrak

Buoyant Float merupakan salah satu model pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Sebagian besar para peneliti menggunakan model ini dengan memanfaatkan sistem hidrolis dan pneumatik. Namun sistem ini memiliki kekurangan diantaranya rumit dan losses-nya besar. Pada makalah ini, dibuat simulasi pembangkit listrik tenaga gelombang laut *buoyant float* tanpa menggunakan sistem hidrolis dan pneumatik tetapi menggunakan prinsip kerja piston dan hidrostatik. Metode yang dilakukan pada simulasi ini yaitu dengan menganalisis pengaruh penggunaan gear tunggal dan gear ganda pada sistem transmisi serta dilakukan pengamatan pengaruh variasi periode gelombang terhadap efisiensi. Pengamatan yang dilakukan yaitu dengan menganalisis secara teoritis dan referensi peneliti sebelumnya. Hasil pengamatan berdasarkan kecepatan putaran (RPM), tegangan (Volt), dan arus (Ampere) yang dihasilkan menunjukkan bahwa penggunaan gear ganda dapat meningkatkan kecepatan putaran poros (RPM) yang mengakibatkan efisiensi PLTGL meningkat. Semakin panjang periode gelombang maka energi yang dihasilkan semakin kecil. Hasil dari makalah ini nantinya akan dijadikan sebagai bahan perbandingan untuk rancang bangun model pembangkit listrik tenaga gelombang laut *buoyant float* yang lebih efisien dan sederhana.

Kata kunci: PLTGL, Buoyant Float, Periode Gelombang, Efisiensi.

Abstract

Buoyant Float is one of the model of ocean wave power plant. Most of the researchers used this model by utilizing hydraulic and pneumatic systems. However, this system had some weakness which were complicated and large losses. In this paper, created a simulation of ocean wave power plant *buoyant float* without the use of pneumatic and hydraulic systems but using piston and hydrostatic principle. The method is done by analyzing the effect of single gear and double gear on the transmission system and observed the influence of variation of wave period to efficiency. The observations were made by analyzing theoretically and referencing previous researchers. Results of observations based on rotation speed (RPM), voltage (Volt), and current (Ampere) generated indicate that the use of double gear can increase the speed of shaft (RPM) resulting in increased PLTGL efficiency. The longer the period of wave the smaller the resulting energy. The results of this paper will be used as a comparative material for the design of the *buoyant float* wave power generation model that is more efficient and simple.

Keywords: PLTGL, Buoyant Float, Period of Wave, Efficiency.

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Wave Energy Converter (WEC) adalah alat yang dirancang untuk mengubah gerakan gelombang laut menjadi listrik. Meskipun banyak WEC telah diteliti dan dipatenkan selama lebih dari satu dekade [1], teknologi energi gelombang belum menyatu dengan desain konseptual standar universal seperti halnya dengan turbin angin berbilah tiga untuk mengonversikan energi angin. Konversi energi listrik dari gelombang laut yang telah banyak diteliti dan teruji, misalnya *Oscillating Water Column* (OWC). Berbagai konsep baru WEC telah diusulkan, dan sejumlah simulasi kecil telah diuji selama dekade terakhir berdasarkan *point absorber*, *attenuator*, dan desain lainnya [2]. Baru-baru ini diusulkan WEC dengan teknologi *point absorber* tipe *buoys-array* yang memiliki potensi menjadi penantang teknologi sebelumnya dalam mengonversikan energi dari gelombang laut lepas pantai [3]. Namun instalasi pada model pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe *buoys-array* dinilai sangat rumit dan terdapat banyak losses. Oleh karena itu, kami membuat simulasi pembangkit listrik tenaga gelombang laut *buoyant float* yang menggunakan gear sebagai sistem transmisi [4], dengan pengamatan pengaruh penggunaan gear tunggal dan gear ganda serta melakukan pengamatan variasi periode gelombang. Adapun tujuan dari makalah ini adalah menganalisis Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) *buoyant float* yang nantinya dapat dijadikan bahan

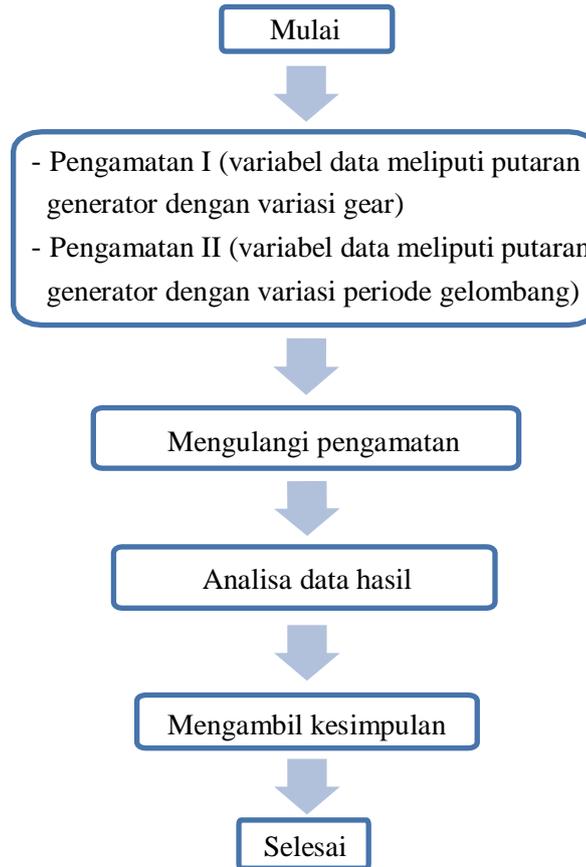
pembandingan untuk rancang bangun pada skala lab, sehingga PLTGL yang akan dibuat dapat bekerja lebih sederhana dan menghasilkan efisiensi yang lebih baik atau minimal sama dengan peneliti sebelumnya.

II. METODE PENELITIAN

Metode penyelesaian masalah yang digunakan dengan menganalisis secara teoritis dan referensi artikel peneliti sebelumnya.

Prosedur Pemecahan Masalah

Prosedur pemecahan masalah PLTGL tipe buoyant float, dapat digambarkan dengan diagram alur sebagai berikut:



Gambar. 1 Diagram alur pengamatan PLTGL tipe buoyant float

Studi ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengambilan Data pada Pengamatan I (Variasi Gear)
Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mendapatkan data yang akan digunakan sebagai referensi kekurangan dan kelemahan dari PLTGL dengan variasi gear pada sistem transmisi. Objek yang di amati yaitu pengaruh penggunaan gear tunggal dan gear ganda terhadap efisiensi. Data yang diambil berupa putaran, tegangan, dan arus yang dihasilkan. Alat ukur yang digunakan adalah tacho meter dan tang ampere.
2. Pengambilan Data pada Pengamatan II (Variasi Periode Gelombang)
Setelah didapatkan data dari pengamatan I, objek yang diuji berikutnya adalah variasi periode gelombang untuk menghasilkan daya yang optimal sehingga efisiensinya meningkat. Alat ukur yang digunakan adalah *stopwatch*.
3. Penyempurnaan Data (Mengulangi Pengamatan)
Dilakukan agar data yang didapatkan akurat. Maka tentunya akan ditemukan kesalahan-kesalahan yang harus diperbaiki agar data yang didapatkan lebih optimal.
4. Analisa Data Hasil Pengamatan

Data yang digunakan dalam simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) ini diperoleh dari perhitungan secara teori, dengan menggunakan referensi artikel peneliti sebelumnya. Pengolahan data dilakukan dengan memasukan data-data ke dalam rumus-rumus empiris, yang selanjutnya hasil dari perhitungan akan disajikan dalam tabel dan grafik.

5. Mengambil Kesimpulan
Kesimpulan diambil dari analisa data hasil pengamatan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Hasil Pengamatan

Adapun data yang diperoleh dari pengamatan model PLTGL tipe *buoyant float* adalah sebagai berikut:

Tabel. 1 Data pengamatan PLTGL buoyant float gear tunggal

Tinggi Gelombang [cm]	Periode Gelombang [s]	Putaran Generator Rata-Rata [RPM]	Tegangan [Volt]	Arus [Ampere]
1	2,40	32.8	0.196	0.0196
1,5	2,35	32	0.192	0.0192
2	2,30	33.5	0.196	0.0201
2,5	2,25	34.9	0.192	0.0209
3	2,22	35	0.201	0.021
3,5	2,22	39.2	0.209	0.0235
4	2, 18	39.6	0.21	0.0237
4,5	2,15	43.5	0.235	0.0261
5	2,00	55.6	0.237	0.0333
5,5	2,20	93.4	0.261	0.0560
6	1,85	109.9	0.333	0.0659
6,5	1,70	106.6	0.560	0.0639
7	1,60	126.3	0.659	0.0757
7,5	1,50	137.5	0.639	0.0825
8	1,40	137.5	0.757	0.0825
8,5	1,30	139.3	0.825	0.0835
9	1,25	140.9	0.825	0.0845
9,5	1,20	142.2	0.835	0.0853
10	1,15	143.5	0.845	0.0861
10,5	1,10	144.8	0.853	0.0868

Tabel. 2 Data pengamatan PLTGL buoyant float gear ganda

Tinggi Gelombang [cm]	Periode Gelombang [s]	Putaran Generator Rata-Rata [RPM]	Tegangan [Volt]	Arus [Ampere]
1	2,40	65.6	0.393	0.0393

1,5	2,35	64	0.384	0.0384
2	2,30	67	0.402	0.0402
2,5	2,25	69.8	0.418	0.0418
3	2,22	70	0.42	0.042
3,5	2,22	78.4	0.470	0.0470
4	2, 18	79.2	0.475	0.0475
4,5	2,15	87	0.522	0.0522
5	2,00	111.2	0.667	0.0667
5,5	2,20	116.8	0.700	0.0700
6	1,85	149.8	0.898	0.0898
6,5	1,70	143.2	0.859	0.0859
7	1,60	182.6	1.095	0.1095
7,5	1,50	205	1.23	0.123
8	1,40	205	1.23	0.123
8,5	1,30	208.6	1.251	0.1251
9	1,25	211.8	1.270	0.1270
9,5	1,20	214.4	1.286	0.1286
10	1,15	217	1.302	0.1302
10,5	1,10	219.6	1.317	0.1317

2. Analisa Daya dan Putaran Generator

Dengan data tegangan dan arus yang didapatkan dari pengujian, maka daya kinetik air dan daya listrik yang dihasilkan dapat di hitung sebagai berikut:

Tabel. 3 Hasil analisa perhitungan efisiensi pada PLTGL buoyant float gear tunggal

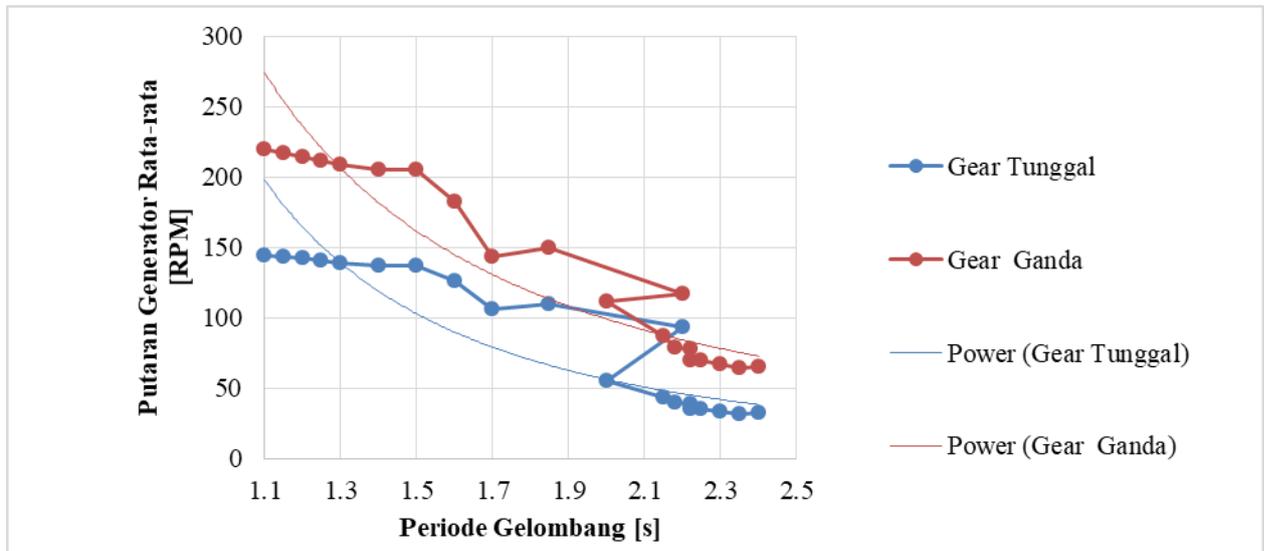
Periode Gelombang [s]	Daya Listrik [Watt]	Daya Kinetik Air [Watt]	η [%]
2,40	0.0039	0.280833	1.379122
2,35	0.0037	0.280833	1.312668
2,30	0.0040	0.280833	1.438615
2,25	0.0044	0.280833	1.56137
2,22	0.0044	0.280833	1.57033
2,22	0.0055	0.280833	1.969823
2, 18	0.0056	0.280833	2.010228
2,15	0.0068	0.280833	2.42568
2,00	0.0111	0.280833	3.962822
2,20	0.0314	0.280833	11.18275
1,85	0.0435	0.280833	15.48283
1,70	0.0409	0.280833	14.56697
1,60	0.0574	0.280833	20.44851
1,50	0.0681	0.280833	24.23597

1,40	0.0854	0.280833	24.23597
1,30	0.0914	0.280833	24.87466
1,25	0.1312	0.280833	25.44937
1,20	0.1472	0.280833	25.92114
1,15	0.1641	0.280833	26.39725
1,10	0.1819	0.280833	26.8777

Tabel. 4 Hasil analisa perhitungan efisiensi pada PLTGL buoyant float gear ganda

Periode Gelombang [s]	Daya Listrik [Watt]	Daya Kinetik Air [Watt]	η [%]
2,40	0.0154921	0.280833	5.516488
2,35	0.0147456	0.280833	5.250672
2,30	0.0161604	0.280833	5.75446
2,25	0.0175393	0.280833	6.24548
2,22	0.0176400	0.280833	6.281322
2,22	0.0221276	0.280833	7.87929
2, 18	0.0225815	0.280833	8.040912
2,15	0.0272484	0.280833	9.702719
2,00	0.0445156	0.280833	15.85129
2,20	0.1256193	0.280833	17.48802
1,85	0.1739233	0.280833	28.76594
1,70	0.1636353	0.280833	26.287
1,60	0.2297043	0.280833	42.74216
1,50	0.2722500	0.280833	53.87195
1,40	0.3415104	0.280833	53.87195
1,30	0.3654215	0.280833	55.78065
1,25	0.5247765	0.280833	57.50517
1,20	0.5887417	0.280833	58.92567
1,15	0.6563844	0.280833	60.3635
1,10	0.7277046	0.280833	61.81867

3. Analisa Putaran Generator terhadap Variasi Periode Gelombang

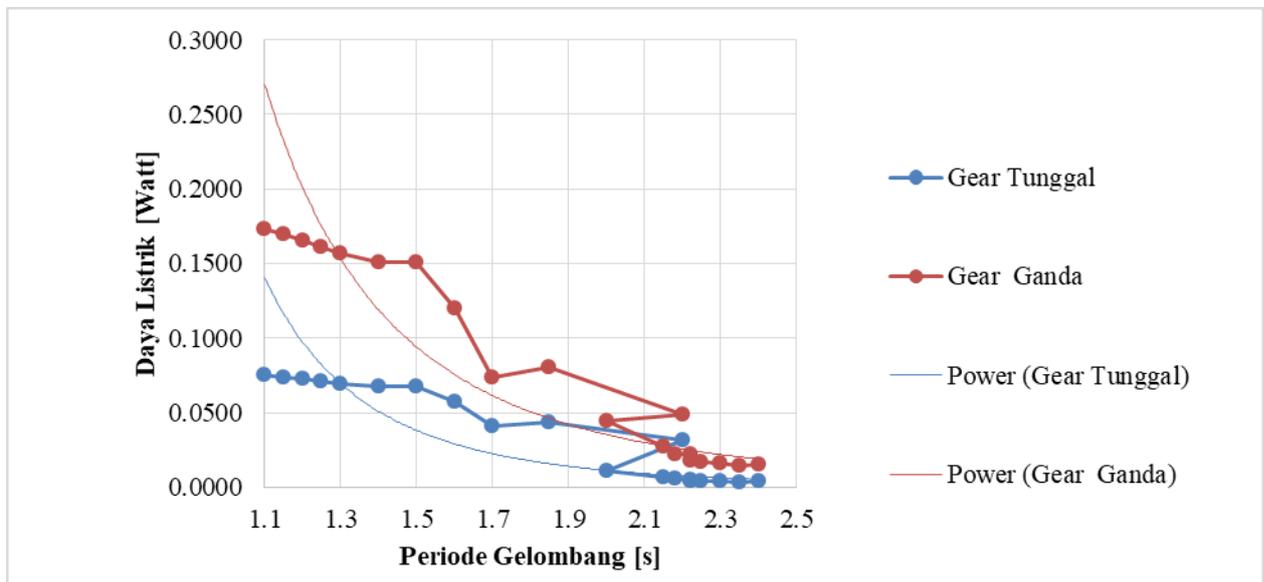


Gambar. 2 Grafik Hubungan Putaran Rata-rata Generator terhadap Periode Gelombang

Dari grafik di atas, dapat diketahui bahwa:

- a. Putaran generator berbanding terbalik dengan periode gelombang dan keduanya memiliki nilai putaran paling maksimal pada periode gelombang 1,10 s.

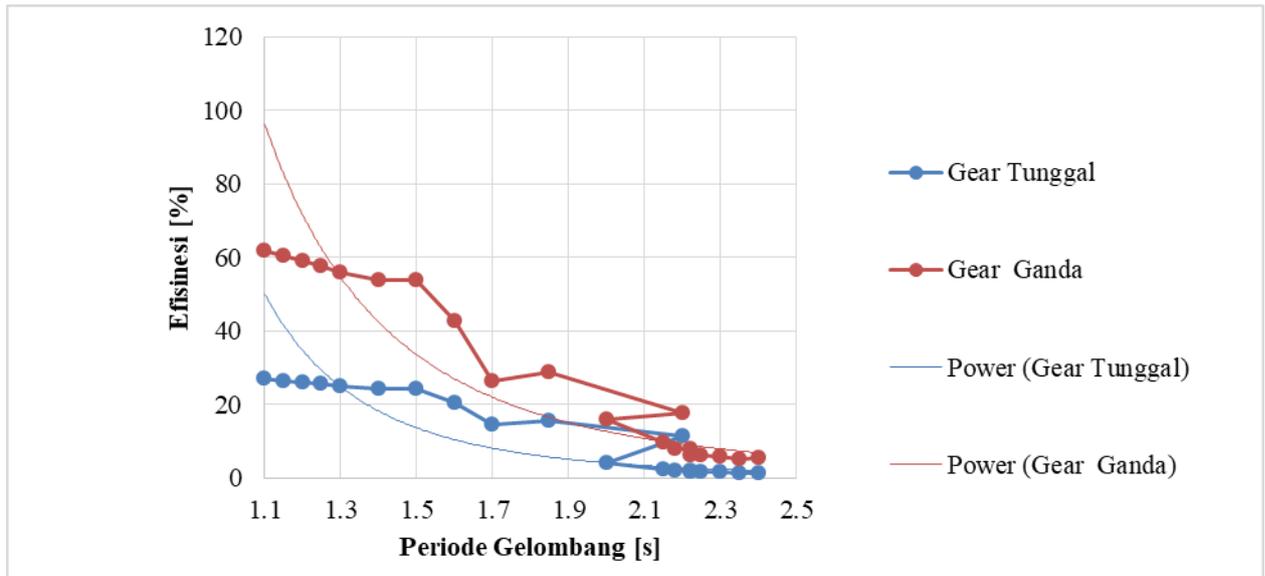
4. Analisa Daya Listrik dan Efisiensi Model PLTGL



Gambar. 3 Grafik Hubungan Daya Listrik terhadap Periode Gelombang

Dari grafik dan *trendline* yang terbentuk pada gambar. 3 dapat dilihat bahwa pada setiap gear dengan periode gelombang yang berbeda, memiliki daya listrik maksimal yang dihasilkan pada periode gelombang 1,10 s. Hal tersebut terjadi karena semakin besar nilai tegangan, maka daya listrik yang dihasilkan akan naik dan hal ini sesuai dengan teori yang mana daya listrik dan tegangan berbanding lurus.

Sementara untuk analisa efisiensi terlihat dari gambar. 4 di bawah ini:



Gambar. 4 Grafik Hubungan Efisiensi model PLTGL terhadap Periode Gelombang

Dari grafik di atas bahwa efisiensi tertinggi pada masing-masing gear terjadi pada periode gelombang 1,10 s, dengan besar nilai efisiensi yang tertinggi yaitu pada gear ganda.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari berbagai data yang didapat, serta dari perhitungan adalah:

- Pada setiap gear putaran tertinggi berada pada periode gelombang 1,10 s.
- Pada daya kinetik air yang sama menunjukkan putaran poros generator tertinggi tercapai pada periode 1,10 s dengan gear ganda.
- Pada periode 1,10 s, semua gear menunjukkan daya tertinggi, dalam pengamatan ini gear dengan jenis gear tunggal dan ganda.
- Setiap kenaikan pengaturan variabel tegangan, nilai daya listrik mengalami kenaikan. Hal tersebut sesuai dengan rumus $P = V I$, yang mana nilai daya dan tegangan berbanding lurus.
- Efisiensi model PLTGL terbesar pada setiap gear berada pada periode gelombang 1,10 s, dalam pengamatan gear dengan jenis gear tunggal dan ganda.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M McCormick, "Ocean Wave Energy Conversion", Alternate Energy, Wiley: 2010.
- [2] Y Li, Y Yu, H, "A Synthesis of Numerical Methods for Modeling Wave Energy Converter-point Absorber, Renewable and Sustainable Energy Reviews: 2012.
- [3] Zhen Liu, Na Qu, Zhi Han, Jianing Zhang, Shuai Zhang, Ming Li, Hongda Shi, "Study on Energy Conversion and Storage System for a Prototype Buoys-array Wave Energy Converter, Energy for Sustainable Development: 2016.
- [4] Masjono Muchtar, Salama Manjang, Dadang A Suriamiharja, M Arsyad Thaha, "Kinerja Model Fisik Konverter Energi Gelombang Rangkaian Gear Searah pada Periode Gelombang yang Bervariasi", Jurnal Media Komunikasi Sipil; 2016.
- [5] Tim Pembina Olimpiade Ilmu Kebumihan Indonesia, "Pengantar Ilmu Kebumihan", Tim Pembina Olimpiade Ilmu Kebumihan Indonesia: 2010.
- [6] Tatun Hayatu Nufus, "Energi Terbarukan", Politeknik Negeri Jakarta: 2010.
- [7] U Sumotarto, "Pemanfaatan Energi Gelombang Laut", Jurnal Sains dan teknologi BPPT, 5 (5): 11, 2012.
- [8] Asruldin Azis, "Studi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Gelombang Laut di Selat Alas Kabupaten Lombok, NTB, Skripsi Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember: 2010.

- [9] Sir K Hill, “ Wave Power”, New Zealand, World Scientific Publishing: 2009.
- [10] Adhy Kurniawan, dkk, “ Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal (Buku 2C), Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral: 2009.
- [11] Munson Bruce R, Young Donald F, Okiishi Theodore H, “Mekanika Fluida Jilid 1”, Jakarta, Erlangga: 2004.

ANALISIS PENGARUH EFEKTIVITAS KONDENSOR TERHADAP BEBAN
GENERATOR PLTP DIENG UNIT ISangadjie Rabbani¹, Marvia Lia Pratiwi, Adi Syuriadi, Paulus Sukusno¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

Jalan Prof. Dr. G. A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok 16424,

Telp : +6221 7270044, Fax : (021) 7270034,

sangadjie56@gmail.com

Abstrak

Efektivitas komponen-komponen pada PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi) merupakan hal yang sangat penting karena komponen-komponen pada PLTP berfungsi mengolah uap yang bersumber dari panas bumi menjadi energi listrik. Salah satu komponen utama dalam siklus PLTP ialah kondensor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh efektivitas kondensor terhadap beban generator dan untuk mengetahui penyebab-penyebab pengaruh efektivitas kondensor terhadap beban generator. Metode yang digunakan untuk menganalisa pengaruh efektivitas kondensor terhadap beban generator dengan cara membandingkan efektivitas kondensor dengan beban generator. Menganalisa efektivitas kondensor dengan cara menganalisa laju perpindahan panasnya dengan membedakan temperatur air pendingin masuk ke kondensor, masing-masing sebesar 19°C, 19.4°C, dan 19.8°C, sedangkan menganalisa beban generator berdasarkan data di lapangan dengan laju aliran uap yang sama senilai 353 t/h. Dari data yang di dapatkan, hasil tertinggi yang didapat yaitu : efektivitas kondensor sebesar 80.37%, kevakuman kondensor senilai -0.913433 bar, temperatur keluar turbin senilai 42.25°C, dan beban generator senilai 47.32 MW, sedangkan hasil terendah yang didapat yaitu: efektivitas kondensor sebesar 78.43%, kevakuman kondensor senilai -0.912333 bar, temperatur keluar turbin senilai 42.51°C, dan beban generator senilai 47.06 MW . Jadi, setiap penurunan 1.94% efektivitas kondensor akan menyebabkan penurunan terhadap kevakuman kondensor senilai 0.0011 bar, kenaikan temperature keluar turbin senilai 0.27°C dan penurunan beban generator senilai 0.26 MW. Dari hasil analisa penyebab-penyebab pengaruh efektivitas kondensor terhadap daya yang dihasilkan turbin yaitu : kevakuman kondensor, temperatur uap keluaran turbin, kerja turbin dan daya yang dihasilkan turbin.

Kata kunci : PLTP, efektivitas kondensor, beban generator.

Abstract

The effectiveness of the components in PLTP (Geothermal Power Plant) is necessary because the function of the components in PLTP is to treating the steam from geothermal into electrical energy. One of the main component in PLTP is condenser. This research aims to analyze the influence of the effectiveness of the condenser against the load generator and to find out the causes of the influence the effectiveness of the condenser against the load generator. The methods used to analyze the influence of the effectiveness of the condenser against the load generator by means of comparing the effectiveness of the condenser and the load generator. Analyze the effectiveness of the condenser by means of analyzing the rate of heat transfer with differentiated temperature cooling water goes into the condenser, each of 19°C, 19.4°C, and 19.8°C, while analyzing the load generator based on the data in the field with the steam flow rate of the same worth 353 t/h. From the data obtained, the highest value, which is: the effectiveness of the condenser of 80.37%, the vacuum of the condenser of -0.913433, the temperature of exhaust turbine of 42.25°C, and the load of generator of 47.32 MW. whereas with the lowest value, which is: the effectiveness of the condenser of 78.43%, the vacuum of the condenser of -0.912333, the temperature of exhaust turbine of 42.51°C, and the load of generator of 47.06 MW . So, any decrease of 1.94% will cause a decrease in the effectiveness of the condenser against the load of generator of 0.26 MW. from the results of the analysis of the causes of the influence the effectiveness of the condenser against load generator which is: vacuum of the condenser, the temperature of the exhaust turbine, the turbine work and the power turbine.

Keywords : Geothermal power plant, effectiveness of the condenser, load generator.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP) pada prinsipnya sama seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), hanya pada PLTU uap dibuat di permukaan menggunakan boiler, sedangkan pada PLTP uap berasal dari reservoir panasbumi. Apabila fluida di kepala sumur berupa fasa uap, maka uap tersebut dapat dialirkan langsung ke turbin dan kemudian turbin akan mengubah energi panasbumi menjadi energi gerak yang akan memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik[1].

Efektivitas komponen-komponen pada PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi) merupakan hal yang sangat penting karena komponen-komponen pada PLTP berfungsi mengolah uap yang bersumber dari panas bumi menjadi energi listrik. Salah satu komponen utama dalam siklus PLTP ialah kondensor.

Kondensor merupakan suatu bejana yang tidak bertekanan atau vakum didalamnya, yang berfungsi untuk mengubah uap keluaran turbin menjadi air dengan bantuan air pendingin dari *cooling tower*. Uap keluaran turbin mengalami penyerapan panas oleh air pendingin sehingga terjadilah proses kondensasi.

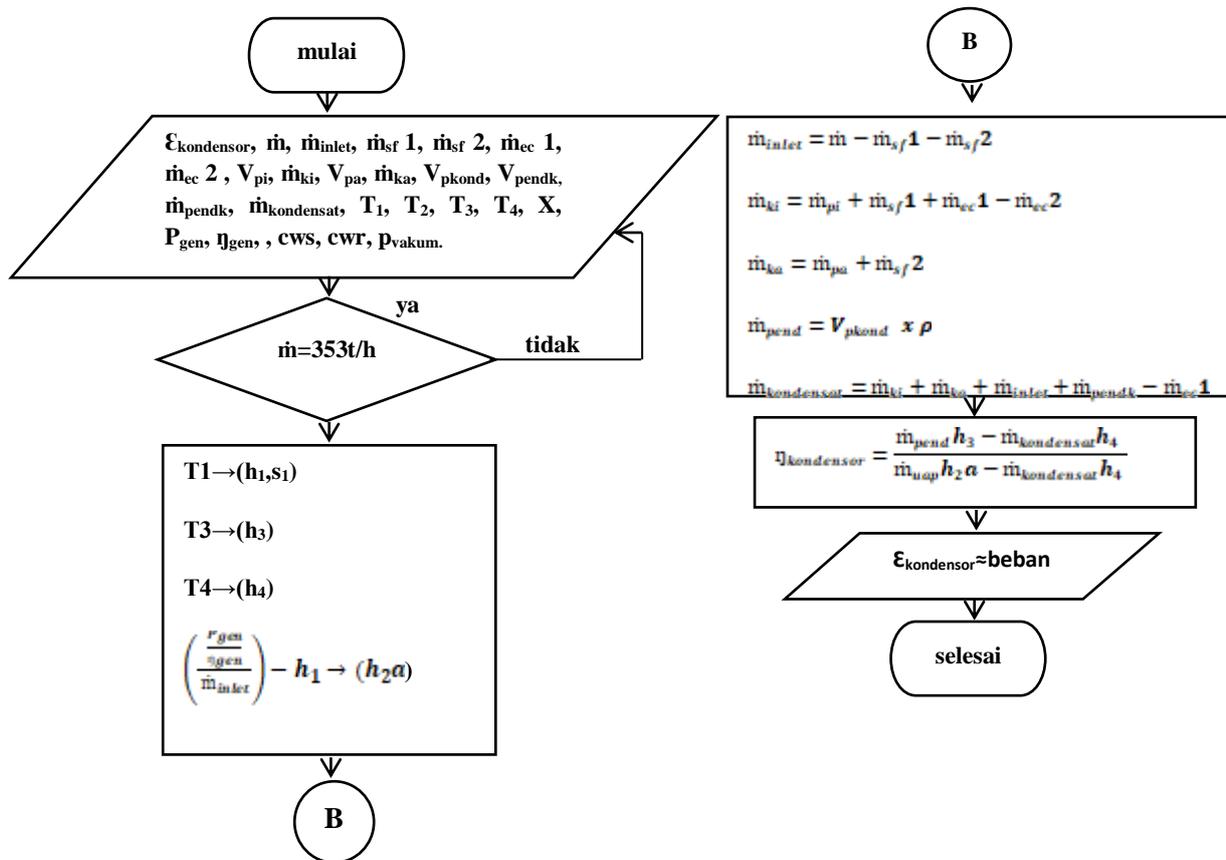
Pada PLTP PT. Geo Dipa Energi Dieng Unit I, jenis kondensor yang digunakan adalah tipe *direct contact* atau kontak langsung, yaitu fluida panas yang berupa uap keluaran turbin dikontakkan langsung dengan air pendingin dari *cooling tower* sehingga menjadi kondensat serta membuat kondisi vakum. Jika proses ini berjalan dengan maksimal maka kevakuman dalam kondensor juga semakin baik karena tidak menumpuknya uap di dalam kondensor yang akan mengakibatkan tekanan dalam kondensor naik dan akan membuat kinerja kondensor menurun[2].

Maulana Fatkhurrahman Bono dan Wiwik Purwati Widyaningsih dengan analisisnya tentang kinerja kondensor terhadap perubahan tekanan vakum, menyatakan bahwa hubungan tekanan vakum kondensor terhadap efektivitas kondensor adalah semakin besar tekanan di dalam kondensor atau semakin kecil vakum pada kondensor, maka semakin kecil pula efektivitas kondensor yang dihasilkan. Efektivitas kondensor terbesar dihasilkan pada tekanan kondensor -711.74 mmHg yaitu 93.14%, sedangkan efektivitas kondensor terkecil dihasilkan pada tekanan kondensor -610.50 mmHg yaitu 75.42%[3].

Tekanan kondensor yang rendah di bawah tekanan atmosfer menjadikan tekanan vakum pada keluaran turbin, perbedaan tekanan yang besar akan menghasilkan kinerja turbin yang tinggi [2]. Dengan adanya kinerja turbin yang tinggi, diharapkan beban generator yang dihasilkan juga tinggi, sehingga akan mempengaruhi efektivitas kondensor. Untuk itu perhitungan efektivitas kondensor diperlukan untuk mengetahui seberapa besar nilai yang dicapai dan pengaruhnya terhadap beban generator yang dihasilkan pada *flow rate* dan temperatur yang sama.

II METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir



Gambar.1 Diagram Alir

2.2 Pengolahan Data

Sesudah data terkumpul dari hasil pengumpulan di *Control Room*, maka data yang telah ada akan diolah. Adapun langkah-langkah yang ditempuh dalam pengolahan data, diantaranya :

2.2.1 Seleksi

Penulis menyeleksi data harian (*log sheet*) selama 2 bulan (Desember 2017 dan Januari 2018) dengan data yang berbeda yang akan digunakan pada analisis penelitian, cara menyeleksi data dengan cara :

- a. Menyamakan *flow rate* sebesar 353 ton/h

Flow rate berpengaruh secara langsung dengan beban dan kerja turbin. Apabila *flow rate* disamakan pengaruh terhadap kondensator akan terlihat, sehingga penelitian ini akan lebih valid.

- b. Mengelompokkan data menjadi 3 kelompok berdasarkan temperatur air pendingin

Hal ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas kondensator berdasarkan temperatur air pendingin yang berbeda-beda.

2.2.2 Metode Perhitungan.

Setelah proses pengolahan dan seleksi data selesai, selanjutnya data tersebut akan dihitung untuk mendapat efektivitas kondensator, ada beberapa langkah perhitungan diantaranya :

1. Mencari entalpi

Entalpi dihitung menggunakan aplikasi *Steam Property*. Entalpi yang dicari diantaranya entalpi *inlet* turbin, entalpi *outlet* turbin, entalpi air pendingin dan entalpi air kondensat.

2. Mencari laju alir massa air pendingin, laju alir massa interkondensor, laju alir massa *aftercooler*, dan laju alir massa air kondensat pada *main condenser*

Mencari laju alir tersebut menggunakan data dari P&ID, karena data tersebut tidak pada data harian (*logsheet*). Perhitungan laju alir massa tersebut dilakukan berdasarkan sistem kondensasi uap yang ada pada PLTP Dieng Unit I.

3. Menghitung efektivitas kondensor

Menghitung efektivitas kondensor dengan membandingkan energi yang diperoleh dari air pendingin masuk kondensor dibagi dengan energi yang hilang dari uap keluaran turbin yang masuk ke dalam kondensor.

2.2.3 Perbandingan Data.

Hasil perhitungan efektivitas kondensor kemudian dibandingkan dengan beban generator untuk mengetahui adanya pengaruh antara efektivitas kondensor dengan beban pada generator. Untuk lebih jelasnya dibandingkan menggunakan grafik.

2.3 Perhitungan Efektivitas Kondensor

Efektivitas pada kondensor merupakan perbandingan antara energi yang diperoleh dari air pendingin yang masuk ke kondensor dengan energi yang hilang dari uap keluaran turbin[4]. Maka efektivitas kondensor dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\dot{m}_{ap} \cdot h_{ap} - \dot{m}_{kon} \cdot h_{kond}}{\dot{m}_{uap} \cdot h_{uap} - \dot{m}_{kond} \cdot h_{kon}} \times 100\% \dots \dots \dots [Persamaan.1]^1$$

Keterangan :

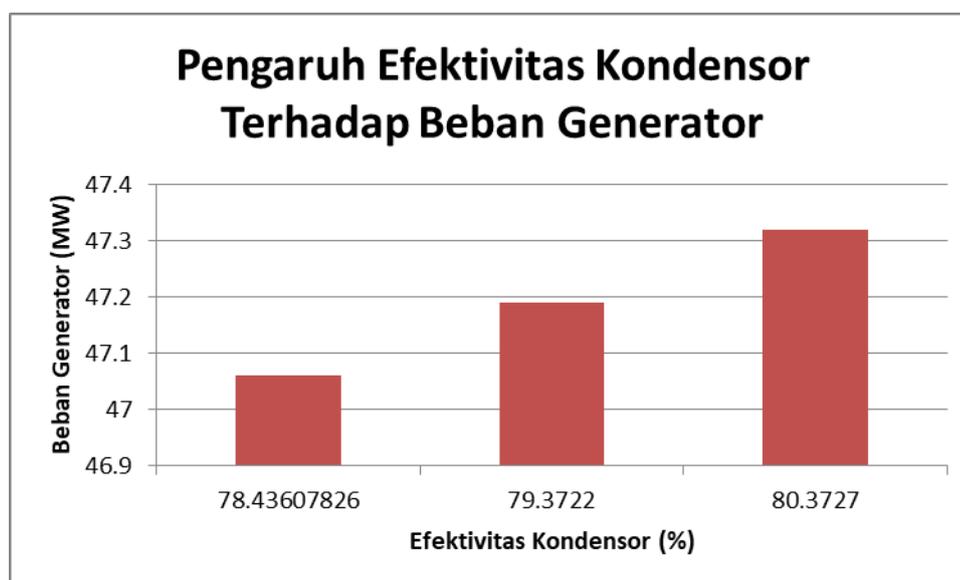
- \dot{m}_{ap} : Laju massa air pendingin [kg/s]
 \dot{m}_{kond} : Laju massa kondensat [kg/s]
 \dot{m}_{uap} : Laju massa uap dari turbin [kg/s]
 h_{ap} : Entalpi air pendingin [kJ/s]
 h_{kond} : Entalpi air kondensat [kJ/s]
 h_{uap} : Entalpi uap keluar turbin [kJ/s]

¹ Reza Adiprana, , Danu Sito Purnomo, and Irwan E. Lubis, "Kamojang Geothermal Power Plant Unit 1-2-3 Evaluation and Optimazion Based on Exergy Analysis" (Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne-Australia. 19-25 April 2015, Kamojang, 2015), Halaman 6.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN**3.1 Hasil Perhitungan Efektivitas Kondensor**

Tabel.1 Hasil Perhitungan Efektivitas Kondensor

\dot{m}_{inlet}	$\dot{m}_{pendingin}$	$\dot{m}_{kondensat}$	h_3	h_4	h_1	h_{2a}	Beban	efektivitas kondensor
(kg/s)	(kg/s)	(kg/s)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(MW)	(%)
94.21	3848.26	4263.12	79.73	162.31	2.770.81	2258.32	47.32	80.37
94.22	3837.69	4251.68	81.409	163.52	2.770.81	2259.78	47.19	79.37
94.23	3827.12	4240.24	83.083	164.95	2.770.81	2261.25	47.06	78.43

3.2 Pembahasan Hasil Pengolahan Data**3.2.1 Hubungan Efisiensi Kondensor dengan beban Generator**

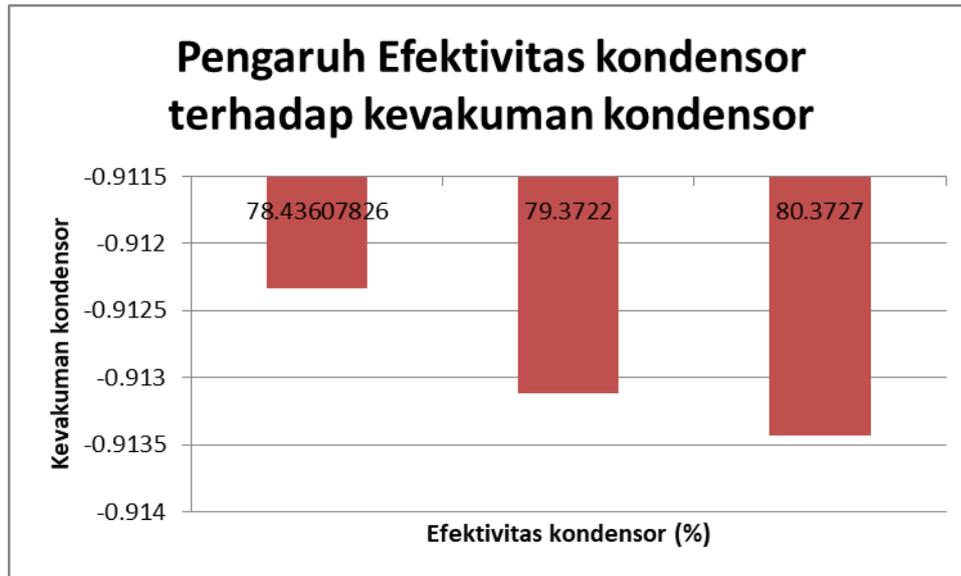
Gambar.2 Grafik Hubungan Efektivitas Kondensor dengan Beban Turbin

Dapat dilihat dari gambar.2 semakin turunnya efektivitas kondensor maka semakin turun pula beban generator. Ini berarti efektivitas berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan turbin. Setiap penurunan 1.94% efektivitas kondensor, beban generator akan menurun sebesar 0.26 MW.

3.2.2 Penyebab Perubahan Efektivitas Kondensor Terhadap Beban Generator

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, prediksi perubahan nilai efektivitas terhadap beban generator ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya pengaruh kevakuman kondensor, temperatur uap keluaran turbin, dan kerja turbin, dan daya yang dihasilkan turbin.

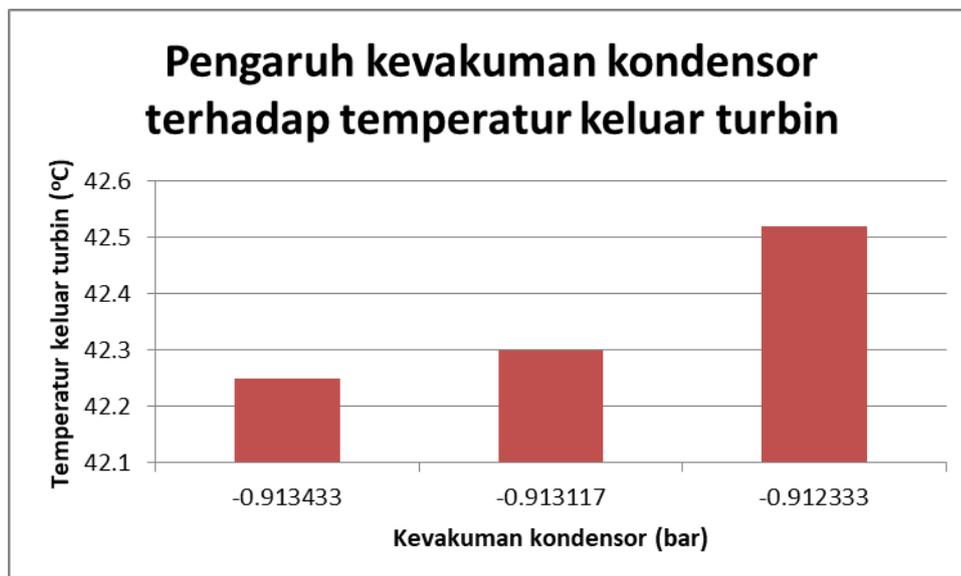
3.2.2.1 Pengaruh Efektivitas Kondensor Terhadap Kevakuman Kondensor



Gambar.3 Grafik hubungan efektivitas kondensor dengan kevakuman kondensor

Dapat dilihat dari gambar.3 semakin kecil efektivitas kondensor semakin kecil kevakuman pada kondensor. ini berarti efektivitas kondensor berbanding lurus dengan kevakuman kondensor. Setiap penurunan 1.94% efektivitas kondensor, kevakuman kondensor akan menurun sebesar 0.0011 bar. Penurunan kevakuman akibat penurunan efektivitas pada kondensor disebabkan karena perpindahan panas antara air pendingin dan uap masuk kondensor menurun, ini menyebabkan kurang optimalnya proses kondensasi, kurang optimalnya proses kondensasi ini akan menyebabkan menurunnya kevakuman pada kondensor

3.2.2.2 Pengaruh Kevakuman Kondensor Terhadap Temperatur Uap Keluaran Turbin

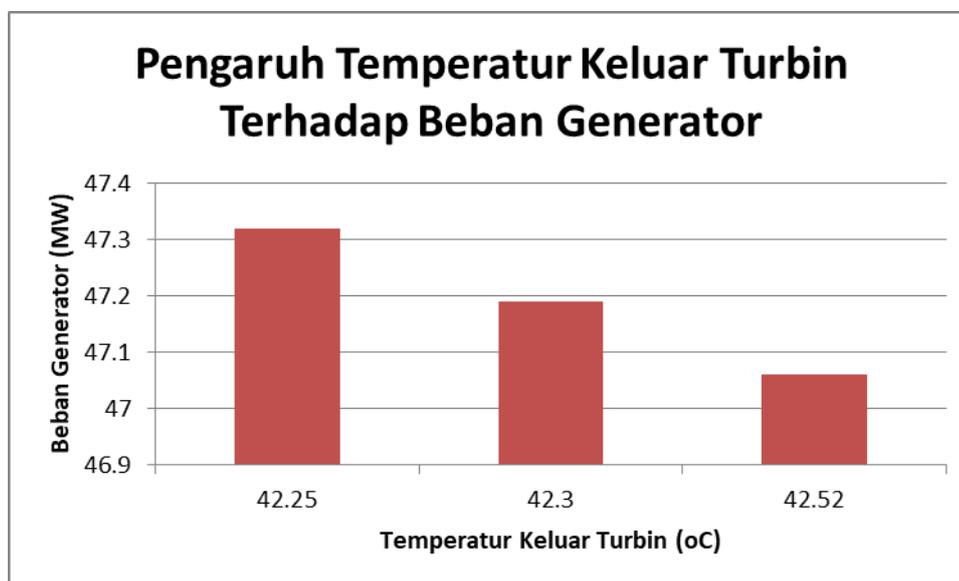


Gambar.1 Grafik pengaruh kevakuman kondensor terhadap temperatur uap keluaran turbin.

Dapat dilihat dari gambar.4 semakin kecil kevakuman kondensor semakin tinggi temperatur uap keluaran turbin. Ini berarti kevakuman kondensor berbanding terbalik dengan temperatur uap keluaran turbin. Setiap penurunan 0.0011 bar kevakuman kondensor, temperatur keluaran turbin akan meningkat sebesar 0.27°C. Kenaikan temperatur uap keluaran turbin disebabkan karena turunnya kevakuman pada kondensor, ini menyebabkan aliran uap dari turbin ke kondensor kurang berjalan lancar, kurang lancarnya aliran uap akan menyebabkan penumpukan uap di sudu-sudu akhir LP (Low Pressure) turbin yang akan mengakibatkan

kenaikan temperatur pada uap keluaran turbin dan juga dapat menyebabkan abrasif pada turbin karena uap air yang notabennya mempunyai kelembapan yang tinggi menumpuk pada sudu-sudu akhir turbin.

3.2.2.3 Pengaruh Temperatur Uap Keluar Turbin Terhadap Beban Generator



Gambar.2 Grafik pengaruh temperatur uap keluar turbin terhadap beban generator

Dapat dilihat dari gambar .5 semakin tinggi temperatur uap keluaran turbin semakin kecil beban generator. Ini berarti temperatur uap keluar turbin berbanding terbalik dengan beban generator. Setiap penurunan 0.27oC temperatur keluar turbin, beban generator akan menurun sebesar 0.26 MW. Penurunan kerja turbin disebabkan karena naiknya temperatur uap keluaran turbin, ini menyebabkan naiknya entalpi uap keluaran turbin, naiknya entalpi akan berpengaruh terhadap tekanan uap keluaran turbin, semakin besar tekanan uap keluar turbin maka Δp uap turbin akan semakin kecil pada tekanan uap masuk turbin yang sama, yang merupakan indikasi dari menurunnya kerja turbin dan daya yang dihasilkan turbin.

Kesimpulan yang dapat diambil dari semua grafik diatas adalah bahwa penurunan efektivitas kondensor akan menyebabkan kevakuman kondensor menjadi turun, menurunnya kevakuman kondensor akan menyebabkan temperatur uap keluaran turbin akan meningkat, meningkatnya temperatur uap keluaran turbin akan menyebabkan kerja turbin akan turun, dan menurunnya kerja turbin akan menyebabkan daya yang dihasilkan turbin akan turun, menurunnya daya yang dihasilkan turbin akan menurunkan beban generator.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan nilai laju aliran uap, temperatur, dan tekanan yang sama masing-masing 353 t/h, 173°C, dan 8.4 bar hasil tertinggi yang didapat yaitu : efektivitas kondensor sebesar 75.81%, kevakuman kondensor senilai -0.912333 bar, temperatur keluar turbin senilai 42.51°C, dan beban generator senilai 47.06 MW . Jadi, setiap penurunan 1.94% efektivitas kondensor akan menyebabkan penurunan terhadap kevakuman kondensor senilai 0.0011 bar, kenaikan temperature keluar turbin senilai 0.27°C dan penurunan beban generator senilai 0.26 MW
2. Penurunan efektivitas kondensor akan menyebabkan kevakuman kondensor menjadi turun, menurunnya kevakuman kondensor akan menyebabkan temperatur uap keluaran turbin akan meningkat, meningkatnya temperatur uap keluaran turbin akan menyebabkan kerja turbin akan turun, dan menurunnya kerja turbin akan menyebabkan daya yang dihasilkan turbin akan turun, menurunnya daya yang dihasilkan turbin akan menurunkan beban generator.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saptadji. Nenny Miryani, *Teknik PanasBumi*, Bandung, Departemen Teknik Perminyakan Institut Teknologi Bandung, 2014.
- [2] Nurhakim. Achmad Luqman, "*Distribution Control System (DCS) Pada Main Condensor*", Laporan Kerja Praktek PLTP Geo Dipa Energi Dieng Unit I, Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 2016
- [3] Bono. Maulana Fatkhurrahman, dan Wiwik Purwati Widyaningsih, "*Analisis Kinerja Kondensor Terhadap Perubahan Tekanan Vakum Di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan PLTU Cilegon*", Eksergi Jurnal Teknik Energi, 2014, vol 10 no.1 pp 29-34, 2014
- [4] Reza Adiprana, Danu Sito Purnomo, and Irwan E. Lubis, "*Kamojang Geothermal Power Plant Unit 1-2-3 Evaluation and Optimazion Based on Exergy Analysis*", Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne-Australia. 19-25 April 2015, Kamojang, 2015

ANALISIS PENGARUH *FOULING* TERHADAP PERFORMA *PLATE HEAT EXCHANGER* SAAT *PEAK LOAD*

Jodi Imansyah¹⁾, Gilang Nurcahya Prasetyo²⁾, Cecep Slamet Abadi³⁾, Adi Syuriadi⁴⁾
Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425,
jodiimsyh@gmail.com

Abstrak

Salah satu permasalahan paling umum pada *plate heat exchanger* adalah *fouling*. *Fouling* dapat mempengaruhi performa *heat exchanger*. *Steam turbine closed cooling water plate heat exchanger* adalah *heat exchanger* tipe plat yang digunakan untuk pendingin air demin yang digunakan sebagai media pendingin pelumas *steam turbine*, di dalamnya terdapat dua aliran antara air laut dan juga air demin. Pada *steam turbine closed cooling water plate heat exchanger* Blok 2 UP Muara Karang *fouling* menempel pada permukaan sisi plat sehingga dapat menyebabkan penurunan performa pada *heat exchanger*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *fouling* terhadap performa *plate heat exchanger* saat *peak load* dengan cara membandingkan efektivitas *heat exchanger* dengan tambahan *fouling* dan tanpa ditambahkan *fouling*. Metode yang digunakan adalah perhitungan LMTD (*Log Mean Temperature Different*). Proses penelitian dimulai dari pengambilan data di logsheet operator, perhitungan laju perpindahan panas *plate heat exchanger* (*Q*), dan perhitungan *fouling*, perhitungan efektivitas *heat exchanger* serta membuat grafik pengaruh *fouling* terhadap efektivitas *plate heat exchanger*. Hasil dari penelitian ini dari tanggal 22 Januari 2018 – 31 Januari 2018 menunjukkan besaran laju perpindahan panas dengan *fouling* sebesar 1055,986138 KW dengan efektivitas sebesar 65%. Sementara itu, laju perpindahan panas tanpa *fouling* sebesar 1055,985665 KW dengan efektivitas sebesar 65%. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh *fouling* sangatlah kecil atau tidak berpengaruh terhadap performa *plate heat exchanger* saat kondisi *peak load*.

Kata Kunci : LMTD, Plate Heat Exchanger, Peak Load, Fouling, Efektivitas

Abstract

One of the most common problems in plate heat exchanger is fouling. Fouling can affect heat exchanger performance. Steam turbine closed cooling water plate The heat exchanger is a plate type heat exchanger used for demin water coolers which is used as a cooling medium for steam turbine lubricants, in which there are two streams between sea water and demin water. In steam turbine closed cooling water plate heat exchanger Block 2 UP Muara Karang fouling attached to plate side surface so it can cause performance degradation on heat exchanger. This study aims to determine the effect of fouling on the performance of plate heat exchanger during peak load by comparing the effectiveness of heat exchanger with additional fouling and without added fouling. The method used is the calculation of LMTD (Log Mean Temperature Different). The research process starts from taking data in the operator logsheet, calculating the heat transfer rate of plate heat exchanger (*Q*), and calculating the fouling, calculating the effectiveness of heat exchanger and making the effect of fouling graph on the effectiveness of plate heat exchanger. The results of this study from January 22, 2018 - January 31, 2018 showed the amount of heat transfer rate with a fouling of 1055.986138 KW with effectiveness of 65%. Meanwhile, the heat transfer rate without fouling was 1055.985665 KW with effectiveness of 65%. This shows that the effect of fouling is very small or does not affect the performance of plate heat exchanger during peak load conditions.

Keywords : LMTD, Plate Heat Exchanger, Peak Load, Fouling, Effectivity

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

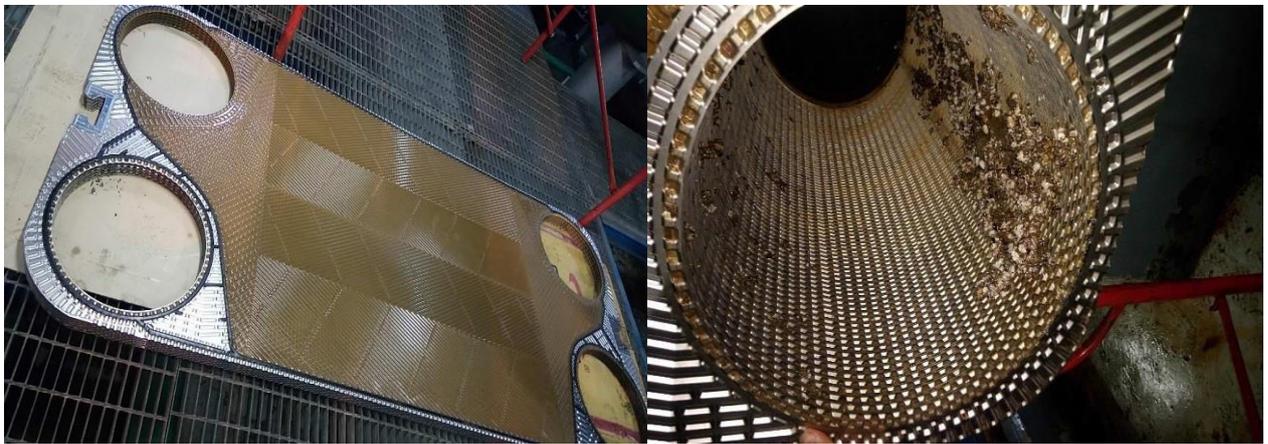
Alat penukar panas atau *heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*).

Pada sistem *steam turbine closed cooling water plate heat exchanger* Blok 2 PLTGU Muara Karang terdapat 2 aliran fluida yaitu air demin dan air laut. Air demin digunakan sebagai media pendingin pelumas *steam turbine*, sementara air laut digunakan sebagai media pendingin air laut. Keuntungan dari tipe plate adalah tidak memerlukan ruang yang banyak dan ukuran yang lebih kecil dapat mengurangi biaya dalam segi

bahan (stainless steel, titanium, dan logam lainnya)[5]. Permasalahan yang terjadi pada *steam turbine closed cooling water plate heat exchanger* PLTGU Blok 2 Muara Karang adalah adanya *fouling*. *Fouling* dapat berupa *bio fouling* dan juga biota laut yang menempel pada sisi plate air laut dan juga air demin. *Fouling* yang menempel pada *plate heat exchanger* dapat mengganggu perpindahan panas yang terjadi yang menyebabkan terjadi peningkatan temperatur pada fluida air demin.

1.2 Fouling Pada Plate Heat Exchanger

Fouling didefinisikan sebagai formasi dari deposit yang tidak diinginkan pada permukaan perpindahan kalor yang mana mempengaruhi heat transfer dan meningkatkan resistansi terhadap aliran fluida sehingga meningkatkan pressure drop. Biofouling atau biological fouling menjadi fokus yang tak bisa lepas dari dunia pembangkitan listrik khususnya pembangkit yang menggunakan air laut sebagai sumber air utamanya. Air laut mengandung mikroorganisme seperti bakteri, alga, lumut, rumput laut, dsb. yang berperan aktif dalam peningkatan deposit fouling. Ditambah lagi dengan adanya kontaminan yang terkandung di dalam air laut sendiri semakin mengakumulasi penurunan kerja akibat *fouling*. [1] pada gambar 1 terlihat *fouling* menempel pada sisi inlet air laut.



Gambar 1 Fouling Pada Plate Heat Exchanger

1.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas didefinisikan sebagai perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah lain. sebagai akibat dari perbedaan temperature. Secara teori ada 3 cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi [4]

1. Konduksi

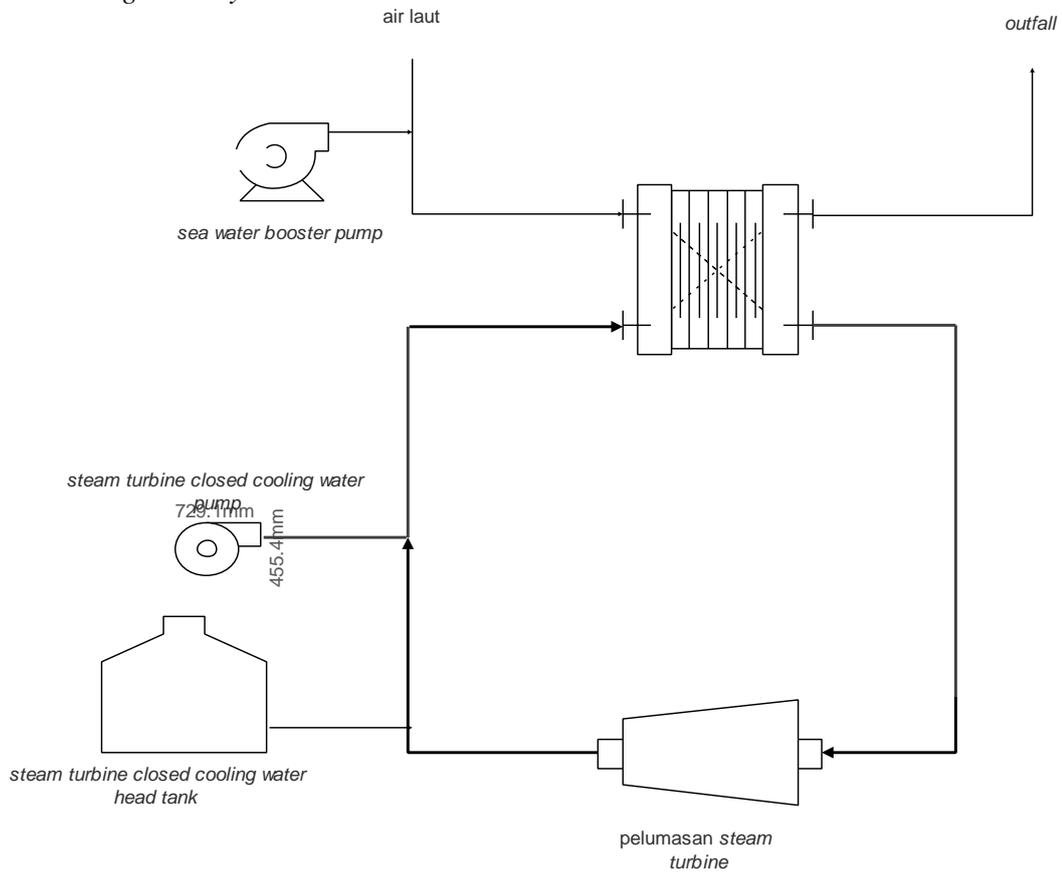
Konduksi terjadi karena kalor mengalir dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair, dan gas) atau antara medium-medium yang bersinggungan secara langsung. Pada *plate heat exchanger* terjadi pertukaran panas secara konduksi karena medium yang saling bersinggungan satu sama lain.

2. Konveksi

Pada *plate heat exchanger* terjadi konveksi secara paksa, dimana perpindahan panas antar fluida yang dialirkan secara paksa menggunakan pompa.

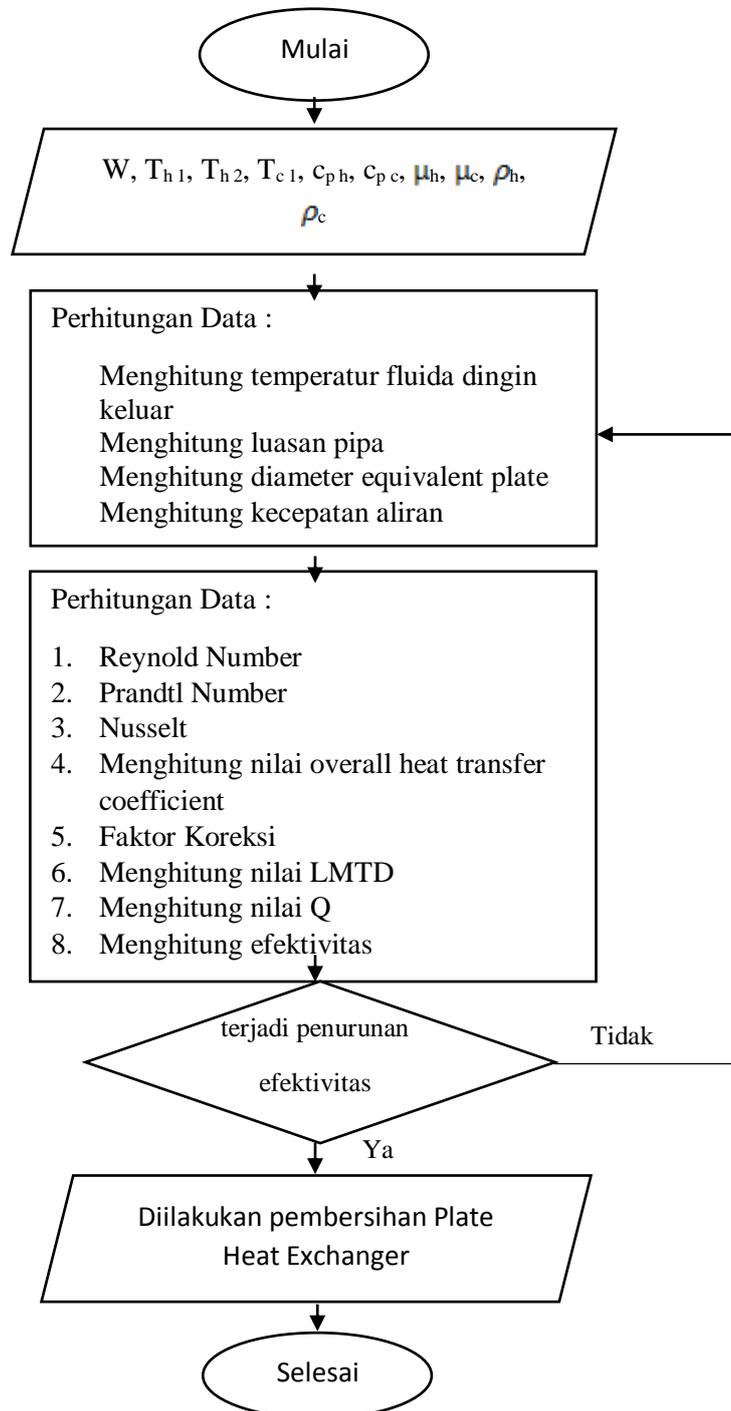
1.4 Steam Turbine Closed Cooling Water System

Steam turbine closed cooling water adalah sistem sirkulasi air tertutup yang berfungsi untuk mendinginkan peralatan auxillary seperti pelumasan steam turbine. aliran air digunakan secara berulang ulang dan melalui beberapa proses. *Steam turbine closed cooling water system* terdiri dari *closed cooling water pump* dan *steam turbine closed cooling water plate heat exchanger*. berikut adalah skema aliran *steam turbine closed cooling water system*.



Gambar 2. Skema aliran *steam turbine closed cooling water system*

II. METODE PENELITIAN



Gambar 3. Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan di PT PJB UP Muara Karang untuk menganalisis pengaruh *fouling* terhadap penurunan performa *plate heat exchanger*, dalam penyelesaiannya memiliki metode dan tahapan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pengambilan dasar teori dalam bentuk studi literatur ini berkaitan tentang Plat Heat Exchanger diperoleh dari berbagai sumber seperti manual book, *e-book*, jurnal paper, panduan, dan dokumentasi pembangkit.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dari data operasional harian Steam Turbine Closed Cooling Water *Plate Heat Exchanger* B PLTGU Blok 2 UP Muara Karang di *Central Control Room*. Data yang didapat berupa steam turbine load, temperatur fluida panas masuk, temperatur fluida panas keluar, temperatur fluida dingin masuk, specific heat fluida panas, specific heat fluida dingin, kinematic viscosity fluida panas, kinematic viscosity fluida dingin, density fluida panas, density fluida dingin, debit fluida panas, debit fluida dingin, luas permukaan plat, dan diameter pipa.

3. Perhitungan Performa *Plate Heat Exchanger*

Setelah dilakukan pengumpulan data, maka selanjutnya adalah perhitungan performa *plate heat exchanger* dengan menggunakan metode perhitungan LMTD. Perhitungan performa mempunyai langkah langkah perhitungan sebagai berikut:

Q actual [3]

$$q = \dot{m}hC_p(T_{in} - T_{out}) \quad (2.1)$$

Keterangan :

qact: Laju perpindahan panas actual (kW)

$\dot{m}h$: Laju aliran fluida(Kg/s)

C_p : Kalor spesifik fluida (KJ/KgK)

T_{in} : Temperature fluida memasuki *heat exchanger* (K)

T_{out} : Temperature fluida demin keluar *heat exchanger* (K)

Kecepatan aliran air di pipa [4]

$$v = \frac{q}{A} \quad (2.2)$$

Keterangan :

v : Kecepatan fluida (m/s)

q : *Flow rate* (m³/h)

A : Luasan permukaan pipa (m²)

Reynold Number [5]

$$Re = \frac{v\rho d_e}{\mu} \quad (2.3)$$

Keterangan :

Re : *Reynold number*

v : Kecepatan fluida (m/s)

d_e : Diameter Equivalent Plate (2b) (b : spasi antar plat)

μ : *Dynamic viscosity* (Pas)

Prandtl Number [4]

$$Pr = \frac{\mu c_p}{k} \quad (2.4)$$

Keterangan :

Pr : Prandtl number

μ : *Dynamic viscosity* (Pas)

c_p : *Specific heat capacity* (KJ/Kg K)

k : *Thermal conductivity* fluida (W/(m K))

Nusselt Number [5] (2.5)

$$Nu = \frac{h d \epsilon}{k}$$

$$Nu = 0,036 Re^{0,8} Pr^{0,33} \quad Re > 50000$$

$$Nu = 0,664 Re^{0,5} Pr^{0,33} \quad Re < 50000$$

Keterangan :

Pr : Nusselt number

h : Convection heat – transfer coefficient (W/m² K)

Fouling [6]

$$R_d = \frac{1}{U_{dirty}} - \frac{1}{U_{clean}} \quad (2.6)$$

Overall Heat Transfer Coefficient [7]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{cold}} + \frac{1}{h_{hot}} + \frac{t}{x}} + R_f \quad (2.7)$$

Keterangan :

U : Overall heat – transfer coefficient (W/m² K)

t : tebal plat (m)

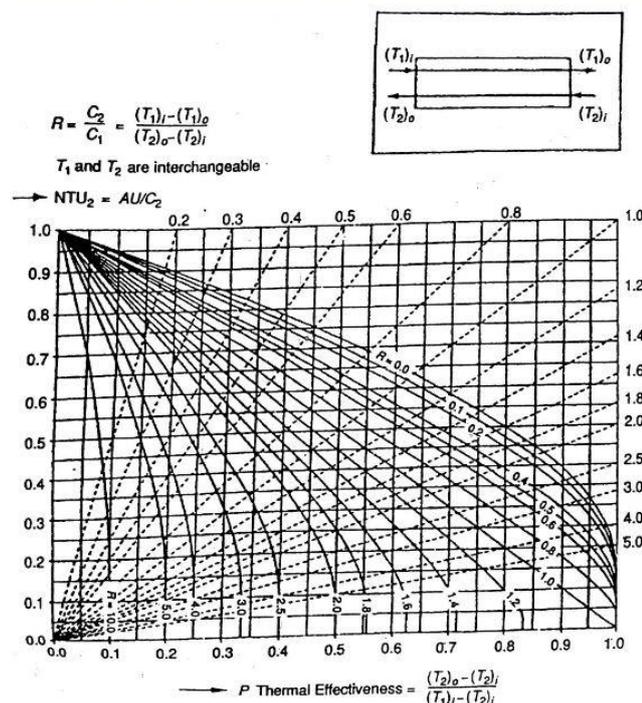
x : Plate conductivity (W/(m K))

Rf : Fouling factor (m² °C/W)

LMTD (log mean Temperature Different) [8]

$$LMTD = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln \frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}} \quad [2.8]$$

Faktor Koreksi [5]



Gambar 4. Faktor koreksi *conterflow plate heat exchanger*

$$P = \frac{(T2)_o - (T2)_i}{(T1)_i - (T2)_i} \quad (2.9)$$

$$R = \frac{(t1)_i - (T1)_o}{(T2)_o - (T2)_i} \quad (2.10)$$

Heat Transfer Rate Overall [5]

$$q = UAf\Delta Tl_{mtd} \quad (2.11)$$

Keterangan

- q : Heat Transfer Rate (kW)
A : Surface Area (m²)
f : Faktor Koreksi
 ΔTl_{mtd} : *Log mean temperature different*

Efektivitas Heat Exchanger [2]

$$\varepsilon = \frac{q_{act}}{q_{max}}$$

- ε : Efektivitas (%)
q_{act} : Actual heat transfer (kW)
q_{max} : Maximum heat transfer rate possible (kW)
q_{max} = $\dot{m}c_p(T_{h1} - T_{c1})$

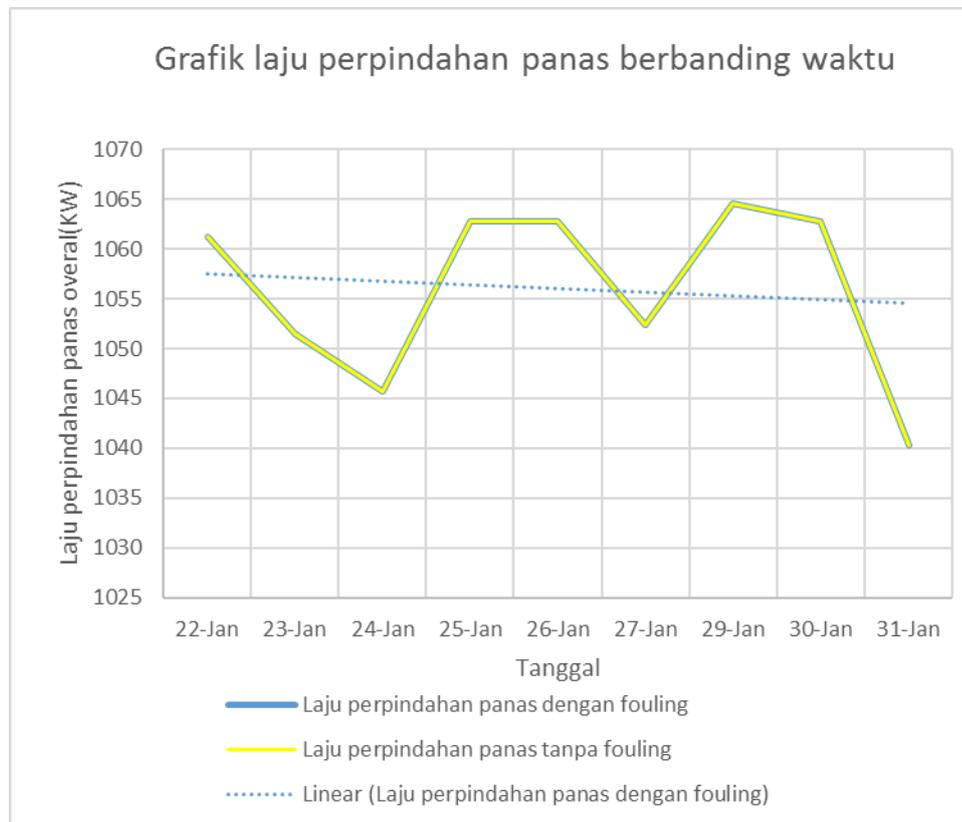
4. Grafik dan Analisa

Setelah didapatkan data performa *plate heat exchanger*, selanjutnya data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk dilakukan analisa perbandingan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Perbandingan performa *plate heat exchanger* dengan tambahan *fouling* atau tanpa tambahan *fouling*

tanggal	<i>Fouling</i> (m ² K/W)	Q Overall dengan <i>fouling</i> (KW)	Q Overall tanpa <i>fouling</i> (KW)	Efektivitas dengan tambahan <i>fouling</i> (%)	Efektivitas tanpa tambahan <i>fouling</i> (%)
22-Jan	0,000496	1061,167628	1061,167148	64%	64%
23-Jan	0,000491	1051,450687	1051,450217	65%	65%
24-Jan	0,000488	1045,74931	1045,748846	65%	65%
25-Jan	0,000496	1062,775891	1062,775411	64%	64%
26-Jan	0,000496	1062,775891	1062,775411	64%	64%
27-Jan	0,000488	1052,309456	1052,308989	65%	65%
29-Jan	0,000496	1064,592259	1064,59178	64%	64%
30-Jan	0,000496	1062,775891	1062,775411	64%	64%
31-Jan	0,000484	1040,278225	1040,277766	66%	66%



Gambar 5 grafik perbandingan laju perpindahan panas *plate heat exchanger*

Pada gambar 5 diatas menunjukkan bahwa laju perpindahan panas dengan tambahan fouling atau dengan tanpa tambahan fouling hampir sama. hal ini disebabkan karena fouling pada *plate heat exchanger* sangatlah kecil sehingga tidak berpengaruh terhadap laju perpindahan panas overall *plate heat exchanger* dan juga efektivitas heat exchanger. Fouling paling besar terjadi pada tanggal 29 Januari 2018 sebesar 0,000496 (m^2 K/W) dengan besaran laju perpindahan panas sebesar 1064,592259 KW dan efektivitas sebesar 64%

IV. KESIMPULAN

1. Besaran laju perpindahan panas dengan fouling dan tanpa fouling menunjukkan angka yang sama, hal ini menunjukkan pengaruh fouling yang sangat sedikit sehingga tidak berpengaruh dengan performa *plate heat exchanger*.
2. Hasil dari penelitian ini menunjukkan besaran fouling yang sangat sedikit dengan rata rata besaran fouling sebesar 0,000493 m^2 K/W, Laju perpindahan panas dengan fouling rata rata sebesar 1055,986138 KW. Laju perpindahan panas tanpa fouling rata rata sebesar 1055,985665 KW. data ini menunjukkan bahwa pengaruh fouling terhadap performa *plate heat exchanger* saat kondisi peak load dapat diabaikan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Xu, J. Wang, Y. Jia and X. Geng, Experimental Study on Microbial Fouling Characteristics of the Plate Heat Exchanger, *Applied Thermal Engineering*, vol. 108, pp. 150-157, 2016.

- [2] J. P. Holman, Heat Transfer, Tenth Edition, New York: McGraw-Hill, 2011.
- [3] M. H. I. LTD., Combined Cycle Unit (Unit-2) Design Manual – Steam Turbine Auxiliaries Volume-9, Jakarta: PT PLN Muara Karang Gas Power Plant.
- [4] R. Kinsky, Heat Engineering, Third Edition, Sydney: McGraw-Hill, 1989.
- [5] G. F. Hewitt, Process Heat Transfer, Clean & Tight Edition, Begeel House Inc., 1994, p. 334.
- [6] M. H. I. LTD., Combined Cycle Unit (Unit-2) Maintenance – Gas Turbine Auxiliaries Volume-10, Jakarta: PT PLN Muara Karang Gas Power Plant.

Analisis Prosentase Bukaannya Damper Primary Air dan Damper Secondary Air Terhadap Air Fuel Ratio

Auli Syafira¹; Taton Hayatun; Fachruddin Mochtar

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus IU, Depok 16425

¹auliuli@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pengaruh bukaan control damper terhadap efisiensi pembakaran boiler yang dihasilkan. Udara pembakaran adalah salah satu aspek penting yang harus dikontrol pada sistem pembakaran boiler. Control damper berfungsi untuk mengatur jumlah aliran udara yang akan masuk atau keluar. Control damper secondary air mengatur jumlah aliran udara yang berasal dari forced draft fan menuju ruang bakar dan control damper primary air mengatur jumlah aliran udara menuju pulverizer. Primary air fan berfungsi sebagai pemasok udara primer yang mengangkut bahan bakar (batubara) menuju ruang bakar dan forced draft fan berfungsi sebagai pemasok utama udara pembakaran ke ruang bakar. Pengaturan jumlah aliran udara ini diatur dengan control damper yang berada di tiap saluran forced draft fan dan primary air fan yang menuju ke ruang bakar (furnace) dalam boiler. Tiap control damper ini mempunyai prosentase bukaan tersendiri yang berbeda dan dapat diatur manual oleh operator dari control room. Jumlah aliran udara yang diatur oleh damper ini akan berpengaruh terhadap air fuel ratio boiler. Metodenya adalah dengan menentukan air fuel ratio yang optimal untuk menaikkan efisiensi pembakaran boiler dan penghematan bahan bakar yang digunakan pada PT.S. Lalu menghitung efisiensi pembakaran boiler. Rasio campuran udara dan bahan bakar ini akan berpengaruh pada efisiensi pembakaran boiler yang dihasilkan karena jumlah batubara dan udara yang dibutuhkan akan berubah mengikuti rasio yang optimum. Semakin besar bukaan damper maka akan berpengaruh pada air fuel ratio dan efisiensi pembakaran boiler, namun ketika mencapai air fuel ratio optimumnya efisiensi pembakaran boiler cenderung stabil. Dan ketika bukaan damper dinaikan dari nilai air fuel ratio optimumnya, efisiensi pembakaran boiler akan cenderung menurun.

Kata kunci : air fuel ratio, control damper, efisiensi

Abstract

This research investigates the influence of percentage openings of damper as the result of boiler combustion efficiency. Combustion air is one of important aspects that must be controlled on the boiler combustion system. Control damper function is to adjust the amount of air flow that will enter or exit. Control damper secondary air regulates the amount of air flow from forced draft fan into combustion chamber and control damper of primary air regulates the amount of air flow into pulverizer. Primary air fan serves as a supplier air to transport fuel (coal) to the combustion chamber and forced draft fan serves as the main supplier of combustion air into combustion chamber. Control the amount of air flow is regulated with control damper which is located in each forced draft fan and primary air fan duct leading to the furnace in the boiler. Each of these damper controls has its own percentage of openings and can be set manually by the operator in the control room. The amount of air flow regulated by this damper will affect the air fuel ratio. The method is to calculate the most effective air fuel ratio to increase the boiler combustion efficiency and decreased consumption of fuel on PT. S. And then calculate the boiler efficiency. The ratio of air and fuel mixture will affect the boiler combustion efficiency, thus the amount of coal consumption and air will change due to optimum ratio. The larger the percentage damper opening it changes the air fuel ratio and boiler combustion efficiency, but when it reaches optimum air fuel ratio the boiler combustion efficiency disposed to be stable. And when the percentage of damper opening increase from the optimum air fuel ratio value the boiler combustion efficiency will disposed to decrease.

Keywords: air fuel ratio, control damper, efficiency.

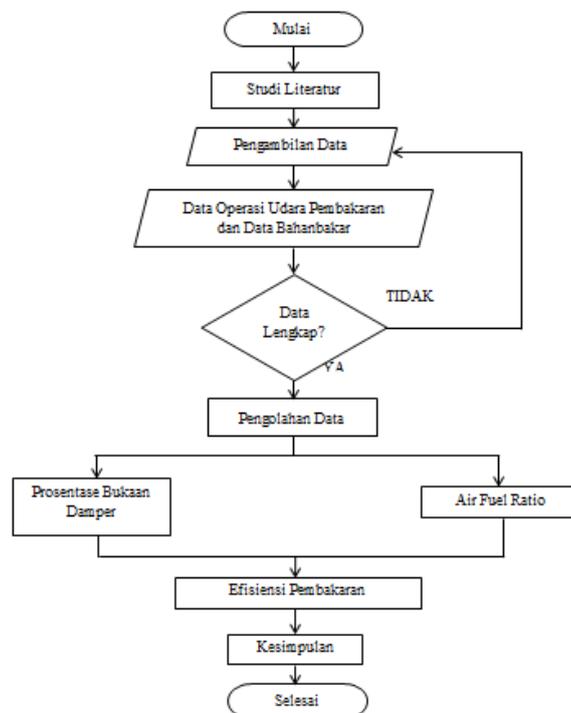
I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang dan Tujuan

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batu bara merupakan jenis pembangkit terbesar yang dikembangkan oleh pemerintah Indonesia untuk mengatasi kekurangan pasokan listrik. Kinerja pembangkitan listrik pada PLTU sangat ditentukan oleh efisiensi proses pembakaran tersebut [1]. Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk *steam*. *Steam* pada tekanan tertentu kemudian dipanaskan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Sistem boiler sendiri terdiri dari: sistem air umpan dan uap, sistem udara pembakaran dan sistem bahan bakar [2]. Boiler memerlukan udara untuk proses produksi listriknya. Dalam meningkatkan efisiensi serta membantu dalam sistem kerja, tentunya ada beberapa komponen di dalamnya. Boiler ditunjang oleh *auxiliary component* untuk meningkatkan efisiensi boiler tersebut [3]. Salah satu komponen pendukung yang keberadaannya harus selalu aktif adalah *forced draft fan* (FDF) dan *primary air fan* (PAF). *Primary air fan* berfungsi sebagai pemasok udara untuk mendorong bahan bakar menuju ruang bakar. *Forced draft fan* berfungsi sebagai pemasok utama udara pembakaran ruang bakar [4]. Pengaturan udara ini diatur dengan *control damper* yang berada di tiap saluran *forced draft fan* (FDF) dan *primary air fan* (PAF) yang menuju ke ruang bakar. *Control damper* mengatur udara yang berasal dari *forced draft fan* menuju ruang bakar dan *primary air fan* menuju *pulverizer*. Tiap *control damper* ini mempunyai prosentase bukaan tersendiri dan dapat diatur manual dari *control room*. Udara yang diatur oleh *control damper* ini akan berpengaruh terhadap *air fuel ratio* pembakaran agar hasil pembakaran sempurna dan meningkatkan efisiensi. Rasio antara udara dan bahan bakar dijaga pada nilai tertentu, agar kandungan oksigen pada gas buang menjadi optimum, sehingga pembakaran terjadi dengan sempurna dan panas yang dihasilkan akan maksimal [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase bukaan control damper secondary dan primary air untuk mendapatkan air fuel ratio yang efektif sehingga dapat mengoptimalkan efisiensi pembakaran.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PLTU PT. S. Metode penelitian yang digunakan sebagai berikut:

2.1 Studi Literatur

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan *air fuel ratio* dan udara pembakaran boiler. Dimulai dari manual book dan spesifikasi boiler PLTU PT. S.

2.2 Pengolahan Data

Tabel. 2.1 Analisa proxymate dan ultimate batubara pada beban 500 MW

FLOW BB (T/H)	HHV (Kcal/Kg)	LHV (Kcal/Kg)	MOISTURE (%)	ASH CONTENT (% Wt)	SULPHUR (%)	CARBON (%)	HIDROGEN (%)	NITROGEN (%)	OKSIGEN (%)
302	4180	4011	33,8	5,28	0,26	44,97	3,38	0,7	11,6
312	4144	3979	34,9	3,74	0,45	45,65	3,21	0,61	12,25
314	4013	3852	36,79	3,66	0,24	44,14	3,13	0,61	11,4
311	3862	3701	36,58	5,67	0,05	42,22	3,14	0,49	11,6
309	4278	4106	33,4	3,78	0,36	46,65	3,34	0,66	10,07

Data yang diambil adalah data operasional Boiler pada bulan Oktober 2017 pada beban 500 MW. Selain data operasi Boiler, peneliti juga melakukan pengambilan data kualitas batubara yang dipakai pada bulan Oktober 2017, data batubara merupakan hasil uji *proximate* dan *ultimate*. Data diolah secara kuantitatif dengan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

2.2.1 Perhitungan Pengolahan Data

Setelah didapatkan data, maka selanjutnya adalah perhitungan theoretical air pembakaran menggunakan data tersebut. Perhitungan pengolahan data tersebut antara lain:

a. Perhitungan Theoretical Air

Proses pembakaran sempurna dapat didekati menurut persamaan umum kimia berikut [5]:



Koefisien stoikiometri menandakan proksi mol dimana tidak ada kelebihan maupun kekurangan dari semua unsur pokok yang ada. AFR_{st} dapat diketahui dari analisis ultimate dari senyawa batubara yaitu diantaranya senyawa S, H₂, C, O₂ dan N₂ dari suatu reaksi pembakaran. Persamaan pembakaran untuk elemen yang mudah terbakar adalah sebagai berikut:



Oksigen teoritis dihitung dengan asumsi komposisi bahan bakar adalah 100kg/molar:

$$kmol O_2 \text{ air} / 100 \text{ kg fuel} = kmol O_2 \text{ required} / 100 \text{ kg fuel} - kmol O_2 / 100 \text{ kg fuel} \quad (2.1)$$

Apabila kandungan bahan bakar dinyatakan dalam persen, yaitu persen C (carbon), S (sulfur) dan persen kandungan O₂. Maka untuk menghitung kebutuhan udara dapat digunakan persamaan [5]:

$$AFR = \frac{[(11,6 \times C) + \{34,8 \times (H_2 - \frac{O_2}{8})\}] + (4,35 \times S)}{100} \quad (2.2)$$

Dimana :

AFR_{st} = Persamaan rasio bahan bakar dan udara [kg bahan bakar / kg udara]

C = Presentase karbon dalam bahan bakar [%]

H₂ = Presentase hidrogen dalam bahan bakar [%]

- O₂ = Presentase oksigen dalam bahan bakar [%]
S = Presentase sulfur dalam bahan bakar [%]

Dari nilai AFR_{st} dapat dihitung nilai AFR_{aktual} melalui persamaan berikut [5]:

$$AFR_{aktual} = (AFR_{st} \times \lambda) + AFR_{st} \tag{2.3}$$

$\lambda = \text{Excess Air} \rightarrow \text{asumsikan } 45\% \text{ (standar maksimal turbin uap)}$

b. Perhitungan Efisiensi Thermal

Efisiensi merupakan parameter penting dalam mengukur performa suatu mesin. Efisiensi thermal sendiri merupakan presentase perbandingan energi masuk dan energi yang dihasilkan suatu mesin [6].

$$\text{Gross Plant Heat Rate} = \frac{B \times HHV}{GGO} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi thermal} = \frac{(860)}{GPHR} \times 100\%$$

Dimana :

1 KWh = 860 Kcal

B = Jumlah pemakaian bahan bakar per jam [t/h]

HHV = Nilai kalori bahan bakar per kg [Kcal/kg]

GGO = Gross Generator Output [MWh]

2.3 Penyajian pada Grafik dan Analisis

Setelah didapatkan *theoretical air* dan efisiensi. Selanjutnya data disajikan dalam grafik. Penyajian ini berguna untuk mempermudah pembacaan dan analisis *theoretical air* dan efisiensi.

2.4 Hasil Akhir

Hasil dari analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil suatu kesimpulan yang menjawab permasalahan yang telah diobservasi. Tahapan ini memberikan kesimpulan pada permasalahan yang ada.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini akan menganalisis pengaruh bukaan damper FDF dan PAF terhadap Air Fuel Ratio dan efisiensi thermal pada beban 500 MW bulan Oktober 2017.

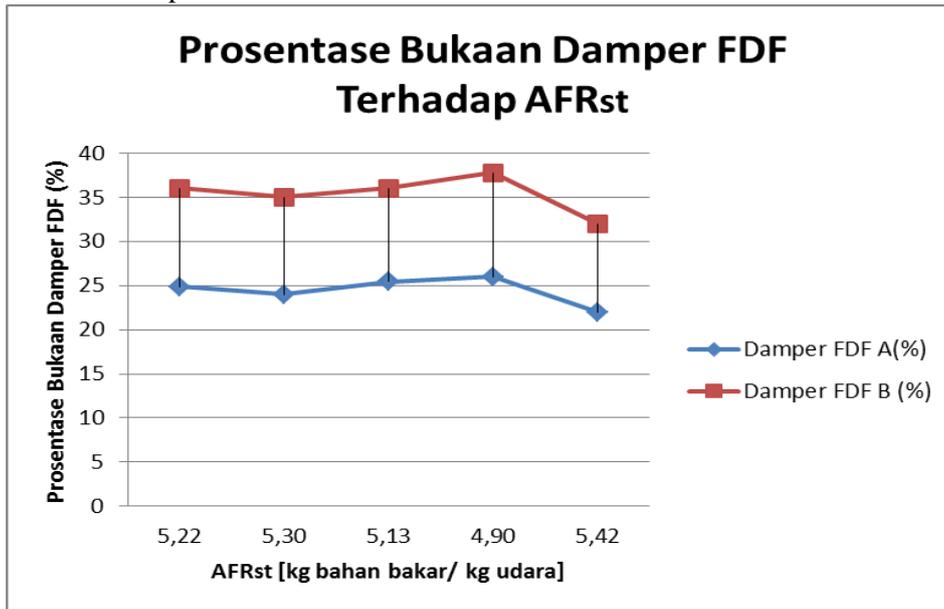
3.1 Analisa Udara Teoritis

Berdasarkan hasil perhitungan data operasi boiler dan kandungan batubara PLTU PT. S, didapatkan AFR_{st}, AFR_{aktual} dan Efisiensi thermal pada beban 500 MW bulan Oktober 2017.

Tabel 3.1 Prosentase Bukaan Damper FDF dan PAF dan AFR

HHV (Kcal/kg)	Air Flow (t/h)	FLOW BB (t/h)	Forced Draft Fan (Secondary Air)		Primary Air Fan (Primary Air)		AFR _{st}	AFR _{aktual}
			Damper (%)	Damper (%)	Damper (%)	Damper (%)		
4180	1479	302	22	30	87	87	5,22	6,26
4144	1942	312	25	35	80	79	5,30	6,36
4013	2063	314	24	37	87	85	5,13	6,16
3862	1997	311	22	34,77	86	84	4,90	5,88
4278	2014	309	25	35	81	80	5,42	6,50

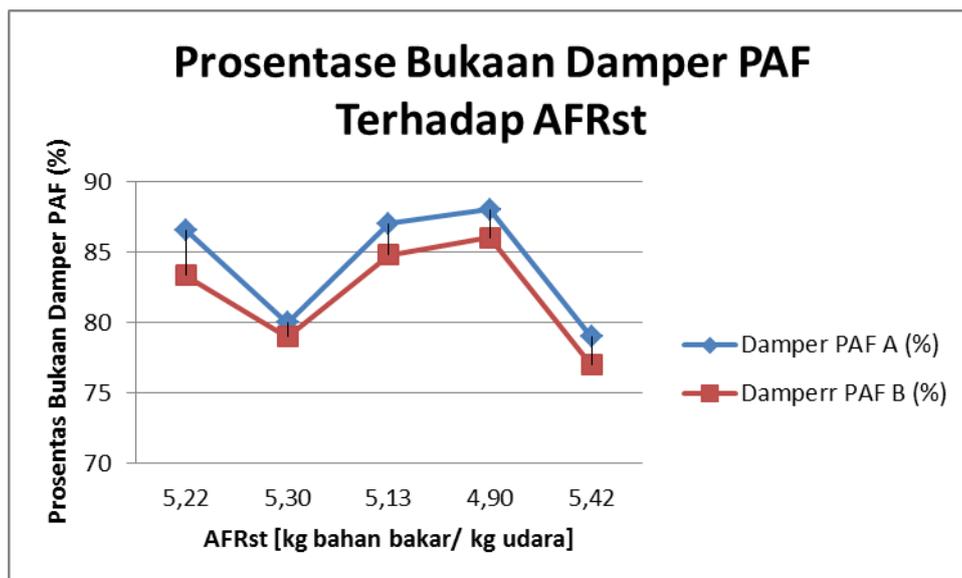
Dari data diatas maka didapatkan:



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Udara Terhadap Prosentase Bukaam Damper *Secondary Air*

Gambar 2 merupakan grafik prosentase bukaam damper *secondary air* A dan prosentase bukaam damper *secondary air* B. Dari hasil tersebut ditunjukkan bahwa perbandingan udara sebesar 5,22 pada bukaam damper A 24,87% dan damper B 36%, perbandingan udara sebesar 5,30 pada bukaam damper A 24% dan damper B 35%, perbandingan udara sebesar 5,13 pada bukaam damper A 25,45% dan damper B 36,04%, perbandingan udara sebesar 4,90 pada bukaam damper A 26% dan damper B 37,77% , perbandingan udara sebesar 6,56 pada bukaam damper A 22% dan damper B 32%.

Besarnya prosentase bukaam damper dipengaruhi oleh kebutuhan udara pembakaran dilihat pada grafik diatas bahwa semakin bertambahnya AFRst maka prosentase bukaam damper akan semakin kecil hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat pada batubara yaitu nilai kalori HHV(High Heating value). Semakin tinggi perbandingan udara, maka variasi bukaam damper akan berubah menyesuaikan kebutuhan udara pembakaran.

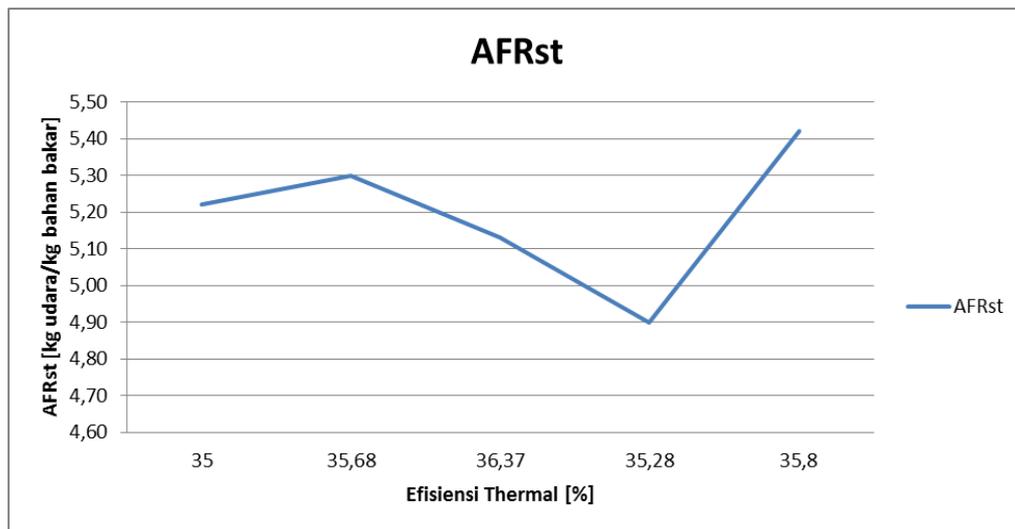


Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Udara Terhadap Prosentase Bukaam Damper *Primary Air*

Gambar 3 merupakan grafik prosentase bukaam damper *primary air* A dan prosentase bukaam damper *primary air* B. Dari hasil tersebut ditunjukkan bahwa perbandingan udara sebesar 5,22 pada bukaam damper A 86,55% dan damper B 83,33%, perbandingan udara sebesar 5,30 pada bukaam damper A 80%

dan damper B 79%, perbandingan udara sebesar 5,13 pada bukaan damper A 87% dan damper B 84,79%, perbandingan udara sebesar 4,90 pada bukaan damper A 88% dan damper B 86% , perbandingan udara sebesar 5,42 pada bukaan damper A 78,96% dan damper B 77%.

Besarnya prosentase bukaan damper dipengaruhi oleh kebutuhan udara pembakaran dilihat pada grafik diatas bahwa semakin bertambahnya AFRst maka prosentase bukaan damper akan semakin kecil hal tersebut dipengaruhi oleh *total moisture* karena kandungan moisture ini akan menyebabkan bertambahnya kebutuhan udara *primary* untuk membawa bahan bakar ke *furnace* serta mengeringkannya. Semakin tinggi perbandingan udara, maka variasi bukaan damper akan menurun pasokan bahan bakarnya.



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan AFRst Terhadap Efisiensi Thermal

Gambar 3.3 merupakan grafik perbandingan AFRst terhadap Efisiensi thermal. Dari hasil tersebut ditunjukkan bahwa Efisiensi sebesar 35% pada AFRst sebesar 5,22 [kg udara/ kg bahan bakar], Efisiensi sebesar 35,68% pada AFRst sebesar 5,30[kg udara/ kg bahan bakar], Efisiensi sebesar 36,37% pada AFRst sebesar 5,13[kg udara/ kg bahan bakar], Efisiensi sebesar 35,28% pada AFRst sebesar 4,90[kg udara/ kg bahan bakar], Efisiensi sebesar 35,8% pada AFRst sebesar 5,42[kg udara/ kg bahan bakar].

IV. KESIMPULAN

- Berdasarkan data kualitas batubara pada PT. S pada bulan Oktber dan November 2017 pada beban 500 MW (80% dari kapasitas terpasang) AFRst yang didapat adalah 5,22 [kg udara/ kg bahan bakar], 5,30[kg udara/ kg bahan bakar], 5,13[kg udara/ kg bahan bakar], 4,90[kg udara/ kg bahan bakar] dan 5,42[kg udara/ kg bahan bakar].
- Untuk perbandingan udara terhadap bukaan damper *secondary air*, bahwa besarnya prosentase bukaan damper dipengaruhi oleh kebutuhan udara pembakaran dilihat pada grafik diatas bahwa semakin bertambahnya AFRst maka prosentase bukaan damper akan semakin kecil hal tersebut dipengaruhi oleh kandungan yang terdapat pada batubara yaitu nilai kalori HHV(High Heating value). Semakin tinggi perbandingan udara, maka variasi bukaan damper akan berubah menyesuaikan kebutuhan udara pembakaran
- Untuk perbandingan udara terhadap bukaan damper *primary air*, bahwaBesarnya prosentase bukaan damper dipengaruhi oleh kebutuhan udara pembakaran dilihat pada grafik diatas bahwa semakin bertambahnya AFRst maka prosentase bukaan damper akan semakin kecil hal tersebut dipengaruhi oleh *total moisture* karena kandungan moisture ini akan menyebabkan bertambahnya kebutuhan udara *primary* untuk membawa bahan bakar ke *furnace* serta mengeringkannya.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurmalita. “Analisis Efisiensi Energi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Energi Alam Raya Semesta”, Institut Pertanian Bogor: 2012
- [2] United nation Environmental Program (UNEP), Energy Efficiency Guide for Industry in Asia, www.energyefficiencyasia.org
- [3] Raditya, Nanang, Wahyono. “Pengaruh Unjuk Kerja *Air Heater* Tipe Ljungstorm terhadap perubahan beban di PLTU Tanjung Jati B Unit 1 Berdasarkan Perhitungan ASME PTC 4.3”. Semarang: Politeknik Negeri Semarang: 2013.
- [4] PT PLN (persero) Unit Pendidikan dan Pelatihan Suralya, Buku 1 Pengoperasian Udara Pembakaran, Hlm 2
- [5] G. Totok, H. Cordova, “Desain AFRC Berbasis Optimasi Kandungan Oksigen pada Gas Buang di PT. Pertamina *refinery* Unit IV Cilacap dengan Menggunakan Sistem *Fuzzy*”. Fakultas Teknologi Industri-ITS: 2009.
- [6] Basuki, Cahyo Adi. “Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan Menggunakan Metode Least Square”, Jurusan Teknik Elektro Universitas Dipenogoro: 2008
- [7] J. Blondeau, L. Rijmenans, J. Annendijck, A. Heyer, E. Martensen dkk, “*Burner air-fuel ratio monitoring in large pulverized fuel boilers using advanced sensors: case study of a 600 MW*”: 2018.

MULTIOBJEKTIF OPTIMISASI PLTU PELABUHAN RATU UNIT I RELATIF TERHADAP JENIS BATU BARA

Ali Alhabsyi¹; Fachruddin²; Arifia Ekayuliana²

¹Pembangkit Tenaga Listrik, Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru UI Depok,

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

alihabsyee@gmail.com

Abstrak

Listrik telah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat zaman sekarang, sehingga perusahaan dibidang pembangkitan listrikpun sangat digemari. Di Indonesia PLTU sangat mendominasi dibanding dengan pembangkit listrik jenis lain. Sekitar 40% dari total pebangkit yang terpasang adalah jenis pembangkit ini. Banyak pembangkit listrik tenaga uap yang mengandalkan batu bara sebagai sumber bahan bakarnya, pembangkit listrik tenaga uap di Pelabuhan ratu salah satunya. Pada umumnya harapan perusahaan pembangkit listrik adalah mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya tanpa adanya dampak negatif pada unit maupun lingkungan sekitar, sehingga terjadi simbiosis mutualisme tanpa saling merugikan. Multiobjektuif Optimasi bertujuan untuk mengetahui titik optimal dalam pembangkit yaitu dengan revenue maksimal dan emisi yang seminimal mungkin dari jenis batu bara yang digunakan. Pada penelitian ini ditemukan bahwa batu bara jenis antrasit paling dekat dengan titik optimum, yaitu dengan paling sedikitnya emisi dan menghasilkan revenue terbesar untuk perusahaan dibanding jenis lainnya. Penghitungan emisi menggunakan rumus : Emisi total (kgCO₂) = Faktor emisi (kgCO₂/kwh) . Kuantitas Listrik(kwh) dan perhitungan untuk mencari revenue menggunakan rumus: Revenue (Rp)=Kuantitas Listrik (kwh) . Harga listrik (Rp/kwh).

Kata Kunci: Multi-Objektif Optimasi, Batu Bara, PLTU, Revenue, Emisi

Abstract

Electricity has become a basic necessity for society today, so that the company in the field of electricity generation is very popular. In Indonesia, steam powerplant is very dominant compared to other types of power plants. About 40% of the total installed plant is this type of plant. Many steam power plants that rely on coal as a fuel source, a steam power plant in Pelabuhan Ratu one of them. In general, the hope of power generating companies is to get the maximum profit without any negative impact on the unit and the surrounding environment, resulting in mutualism symbiosis without mutual harm. Multiobjektuif Optimization aims to determine the optimal point in the plant that is with maximum revenue and minimal emissions from the type of coal used. In this study it was found that anthracite coal is closest to the optimum point, that is, with the least emissions and generate the largest revenue for the company than any other type. Emission calculation using the formula: Total emission (kgCO₂) = Emission factor (kgCO₂ / kwh). Quantity Electricity (kwh) and calculation to find revenue using formula: Revenue (Rp) = Quantity of Electricity (kwh). Price of electricity (Rp / kwh).

Keywords: Multi-Objective Optimization, Coal, steam power plant , Revenue, Emission

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan perusahaan tenaga listrik semakin meningkat di Indonesia berbanding lurus dengan permintaannya. Banyak pembangkit listrik di Indonesia yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar untuk membangkitkan listrik, yaitu pembangkit listrik tenaga uap, dikarenakan mudah dan lebih murah dibanding pembangkit listrik jenis lainnya. Jenis batu bara sangatlah bergantung dengan jenis mesin yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap tersebut, sehingga mencapai titik optimal, tingginya revenue dan kecilnya emisi yang dihasilkan, seperti yang diinginkan oleh pembangkit listrik. Penelitian ini dibuat berdasarkan dengan banyaknya jenis batu bara yang digunakan oleh pembangkit, sehingga akan dicoba pada PLTU Palabuhan Ratu unit I dengan metode perhitungan multiobjektif optimisasi. Hasil dari percobaan akan ditemukan titik paling optimum (besarnya revenue dan minimnya emisi) dari jenis batu bara untuk PLTU Palabuhan Ratu unit I. Pada perhitungan ini yang menjadi objek dalam perhitungan multi objektifnya adalah “revenue” dan “emisi” pada PLTU.

II. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan nilai optimal pada penggunaan batu bara dengan jenis yang berbeda, maka harus menggunakan metode-metode sebagai berikut.

1. Studi literatur pada data sekunder yang didapat dari PLTU
2. Pembuatan model perhitungan dengan data2 batu bara
3. Uji coba dengan jenis batubara lain
4. Data hasil penelitian
5. *Plotting* kedalam grafik
6. Titik optimal

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Alat:

- Komputer Asus (AMD A10 Quad-Core ram 4GB)
- Software Microsoft Excel

Bahan:

- Data sekunder dari beberapa sumber mengenai batu bara, PLTU pelabuhan ratu unit I, dan harga dari listrik yang dijual

Variabel Penelitian :

- Variabel Bebas : Flow Batu bara dan Heat rate
- Variabel Tetap : Efisiensi Thermal dan Jenis boiler pada PLTU palabuhan ratu unit I
- Variabel Terikat : Listrik yang diproduksi

Analisa data

Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa kurva pareto yang terbentuk dari titik-titik temu yang optimum dari fungsi objektif. Analisis akan dilakukan dengan melihat bentuk akhir dari kurva pareto dan kemudian dihubungkan dalam pengambilan keputusan.

Menghitung Emisi CO₂

Emisi CO₂ yang dihitung adalah semua emisi yang dihasilkan dari penggunaan maupun produksi material dan energi di dalam ruang lingkup. Persamaan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$E_{Total} = E_j \cdot q_j$$

$q_j = \text{Kuantiti Listrik (kwh)}$
 $E_j = \text{Faktor emisi (kgCO}_2\text{/kwh)}$
 $E_{Total} = \text{Total emisi keseluruhan (kgCO}_2\text{)}$

Menghitung Revenue

$$Revenue = q_j \cdot Price$$

$$Revenue = Total\ Pendapatan\ (Rp)$$

$$q_j = Kuantiti\ Listrik\ (kwh)$$

$$Price = Harga\ Listrik\ \left(\frac{Rp}{kwh}\right)$$

Metode Optimisasi Multi-Objektif

Optimisasi multi-objektif adalah mengoptimisasi suatu masalah berdasarkan dua atau lebih tujuan yang saling berlawanan, berdasarkan batasan-batasan tertentu. Salah satu contoh masalah optimisasi multi-objektif yang umum dalam sistem desain energi adalah memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan dampak lingkungan secara bersamaan.

Berdasarkan jenis variabelnya, suatu optimisasi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu optimisasi multi-objektif kontinyu (continuous multi-objective optimization), dan optimisasi multi-objektif mixed-integer (mixed-integer multi-objective optimization) jika memiliki variabel kontinyu maupun diskret. Berdasarkan bentuk fungsi objektif dan batasan (constraint), optimisasi multi-objektif dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu; optimisasi multi-objektif linier dan optimisasi multi-objektif non-linier.

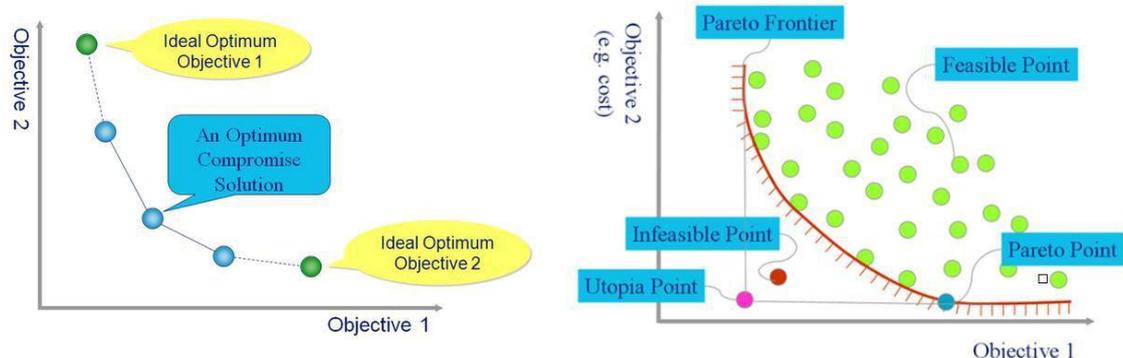
Dalam optimisasi multi-objektif umumnya antara satu fungsi objektif dengan fungsi objektif lainnya saling berlawanan. Jika tidak saling berlawanan, maka suatu solusi tunggal di mana tiap fungsi objektifnya berada pada kondisi optimum, bisa didapatkan. Pada kasus tersebut, mengoptimisasi fungsi objektif secara bersamaan maupun secara terpisah sendiri-sendiri akan menghasilkan solusi pada titik yang sama. Akan tetapi, jika fungsi objektifnya saling berlawanan, maka tidak akan didapatkan suatu solusi tunggal. Suatu solusi dikatakan efisien jika dan hanya jika tidak ada solusi lain yang mampu meningkatkan satu fungsi objektif tanpa memperburuk fungsi objektif lainnya. Bentuk matematis dari suatu permasalahan optimisasi multi-objektif yang umum adalah sebagai berikut (Pei Liu, 2009):

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{x}, \mathbf{y}} U & \begin{cases} f_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \\ f_2(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \\ \dots \\ f_n(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \end{cases} \\ \text{s.t. } & \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 0 \\ & \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \leq 0 \\ & \mathbf{x} \geq 0, \mathbf{x} \in X \subseteq \mathbb{R}^n \\ & \mathbf{y} \in \{0, 1\}^q \end{aligned}$$

Gambar 1. Bentuk Matematis Optimisasi Multiobjektif (Pei Liu, 2009)

Kumpulan dari semua solusi yang efektif disebut sebagai batas Pareto (Pareto frontier). Jadi, tidak seperti optimisasi dengan fungsi objektif tunggal yang dapat menghasilkan suatu solusi tunggal, optimisasi multi-objektif akan menghasilkan suatu set solusi optimum yang disebut batas Pareto.

Apabila sejumlah data mengenai opsi desain dievaluasi, serta performanya diplot pada bidang yang terbentuk dari dua sumbu fungsi objektif, maka batas terluar dari sekumpulan titik menunjukkan batas di mana desain tidak dapat dioptimumkan lebih lanjut. Batas ini disebut kurva Pareto atau Pareto Frontier yang memisahkan dua daerah, yaitu daerah yang memungkinkan (feasible region) dan daerah yang tidak memungkinkan (infeasible region). Daerah di sepanjang kurva Pareto disebut daerah optimum, sedangkan daerah pada feasible region disebut daerah sub-optimum.



Gambar 2. Contoh batas pareto dalam Optimisasi dua fungsi objektif

III. HASIL dan PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan pengujian terhadap jenis batu bara agar dapat didapatkan kesimpulannya, sehingga dapat diketahui revenue dan emisi pada tiap jenis batu bara. Perhitungan menggunakan rumus seperti yang telah tertera di bab sebelumnya. Berikut akan disajikan beberapa data yang telah dihitung:

1. Pengujian pada batu bara yang digunakan oleh PLTU Pelabuhan Ratu

Jenis batu bara	Rata2 Kuantitas listrik (kwh)	faktor emisi(kg co2/	Rata2 total emisi keseluruhan/tahun	Price (USD/kwh)	Rata2 Revenue dalam setahun (USD)
Aktual (dengan heat rate berbeda)	19098.483	423001933	545255038130507000000	Rp. 15000/0,11 dollar	16,638,598.21

Tabel. 1 Hasil uji coba terhadap batu bara aktual sesuai data PLTU

2. Pengujian menggunakan batu bara jenis lignite

Jenis batu bara	Rata2 Kuantitas listrik (kwh)	faktor emisi(kg co2/	Rata2 total emisi keseluruhan/tahun	Price (USD/kwh)	Rata2 Revenue dalam setahun (USD)
Lignite (heat rate 4200000 kcal/ton)	17469.529	423001933	498748973749613000000	Rp. 15000/0,11 dollar	15,219,453.65

Tabel. 2 Hasil uji coba terhadap batu bara jenis lignite

3. Pengujian menggunakan batu bara jenis sub-bituminus

Jenis batu bara	Rata2 Kuantitas listrik (kwh)	faktor emisi(kg co2/	Rata2 total emisi keseluruhan/tahun	Price (USD/kwh)	Rata2 Revenue dalam setahun (USD)
Sub-bituminus (heat rate 4200000 kcal/ton)	22876.764	423001933	653123656100684000000	Rp. 15000/0,11 dollar	19,930,236.93

Tabel. 3 Hasil uji coba terhadap batu bara jenis sub-bituminus

4. Pengujian menggunakan batu bara jenis bituminus

Jenis batu bara	Rata2 Kuantitas listrik (kwh)	faktor emisi(kg co2/	Rata2 total emisi keseluruhan/tahun	Price (USD/kwh)	Rata2 Revenue dalam setahun (USD)
(heat rate 4200000 kcal/ton)	29115.882	423001933	831248289582688000000	Rp. 15000/0,11 dollar	25,365,756.09

Tabel. 4 Hasil uji coba terhadap batu bara jenis bituminus

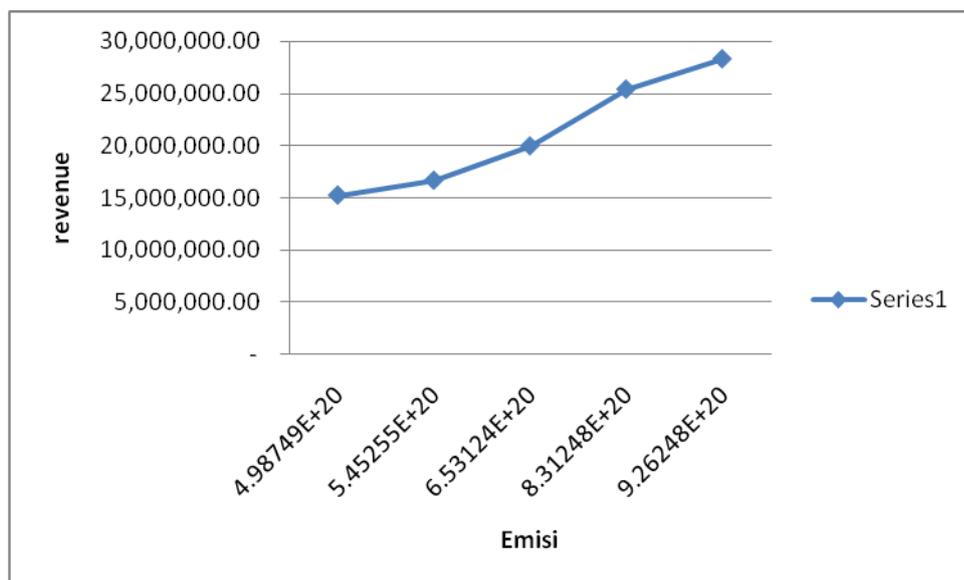
5. Pengujian menggunakan batu bara jenis anthracite

Jenis batu bara	Rata2 Kuantitas listrik (kwh)	faktor emisi(kg co2/	Rata2 total emisi keseluruhan/tahun	Price (USD/kwh)	Rata2 Revenue dalam setahun (USD)
Lignite (heat rate 4200000 kcal/ton)	32443.411	423001933	926248094106424000000	Rp. 15000/0,11 dollar	28,264,699.64

Tabel. 5 Hasil uji coba terhadap batu bara jenis anthracite

6. ANALISA PENGABILAN KEPUTUSAN

Dari penelitian yang dihasilkan dapat dilihat bahwa kenaikan revenue berbanding lurus dengan kenaikan emisi. Hasil dari tabel 1-5, maka dibuatlah kurva seperti gambar 1. Adanya Kurva maka dapat terlihat jelas kenaikan revenue dan emisi yang berbanding lurus.



Gambar 3. Kurva Pareto pada hasil penelitian

IV. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan:

- a. Kontribusi emisi paling kecil ditunjukkan oleh jenis batu bara lignite
- b. Kontribusi revenue paling besar ditunjukkan oleh batu bara jenis anthracite
- c. Kenaikan emisi dan revenue berbanding lurus
- d. Jenis batu bara aktual yang digunakan oleh PLTU Pelabuhan Ratu tergolong sangat ramah lingkungan dengan emisi yang tergolong kecil
- e. Batu bara aktual menunjukkan tingkat revenue terendah setelah jenis batu bara lignite

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Laporan komisioning PT. Indonesia Power Pelabuhan Ratu
- [2] Anggayana, K., 1999, Genesa dan Kualitas Batubara, Jurusan Teknik Pertambangan-FTM-ITB, 56 p.
- [3] Huggins, F.E., 2002, Overview of Analytical Methods for Inorganic Constituents in Coal, International Journal of Coal Geology, Vol. 50, pp.169-214.
- [4] Badan Geologi Kementrian ESDM. 2011. Statistik Batubara. <http://prokum.esdm.go.id/Publikasi/Statistik/Statistik%20Batubara.pdf> . Maret 2014.
- [5] www.pln.co.id/blog/tarif-tenaga-listrik
- [6] HADIYANTO, “Anatomi Sumber Daya Batubara Serta Asumsi Pemanfaatan Untuk PLTU di Indonesia”, Badan Geologi KESDM, 2006.
- [7] Laporan harian PLTU Pelabuhan Ratu unit 1
- [8] Laporan bulanan PLTU Pelabuhan Ratu
- [9] “Data Inventory Emisi GRK” Sektor Energi Pusat data dan teknologi informasi kementerian energi dan sumber daya mineral

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AIR PENDINGIN TERHADAP KINERJA DAN EFISIENSI TURBIN UAP DI PLTP UNIT 1 DIENG

Ahmad Fahmi Arya Fauzan¹, Robby Tajul Arifien¹, Dianta Mustafa Kamal¹, Indra Silanegara¹, Pribadi Mumpuni Adhi¹

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok

+62217270044, (021) 7270034

robbyarifien.rta@gmail.com

Abstrak

Air pendingin mempunyai pengaruh yang penting didalam suatu Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi. Air pendingin berpengaruh untuk menjaga tekanan vakum di dalam kondensor supaya uap yang menuju kondensor dapat dikondensasikan secara maksimal dan meminimalisir banyaknya uap yang tidak bisa terkondensasi di dalam kondensor. Karena menggunakan cooling tower tipe mechanical draft fan, temperatur lingkungan yang fluktuatif mempengaruhi nilai dari temperatur air pendingin yang dihasilkan dan mempengaruhi proses di dalam sistem PLTP ini. Untuk mengetahui besarnya pengaruh variasi nilai dari temperatur air pendingin terhadap sistem PLTP maka akan dilakukan perhitungan terhadap kinerja dan efisiensi turbin uap. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur air pendingin terhadap kinerja dan efisiensi pada turbin uap di PLTP Dieng unit 1. Penelitian dimulai dengan tinjauan terhadap kondisi sebenarnya dari turbin dan membandingkan dengan data spesifikasi desain turbin termasuk keadaan lingkungan disana. Kemudian melakukan observasi bagaimana pengaruh dari nilai temperatur air pendingin sistem PLTP pada efisiensi turbin. Dilanjutkan dengan pengambilan data lapangan kemudian dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai efisiensi turbin. Hasil yang di dapat dari penelitian ini adalah semakin tinggi temperatur air pendingin akan mengakibatkan penurunan pada nilai efisiensi dan kinerja turbin uap. Setiap kenaikan 1°C temperatur air pendingin, kinerja turbin akan mengalami penurunan sebesar 0,0876 kJ/kg. Selain itu, efisiensi turbin akan mengalami penurunan sebesar 0,0515% setiap kenaikan 1°C temperatur air pendingin.

Kata Kunci : turbin, temperatur air pendingin, efisiensi, kinerja, tekanan vakum

Abstract

The cooling water has a significant influence in a Geothermal Power Plant. The cooling water is cooled to keep the vacuum pressure inside the condenser to make the steam fully condensed and to minimize uncondensed steam in the condenser. Because, the cooling tower type is mechanical draft fan, fluctuating ambient temperatures affect the value of the resulting cooling water temperature and affect the process within this PLTP system. To determine the influence of the variations of the cooling water temperature of the geothermal power system, the calculation of the performance and efficiency of the steam turbine will be made. Therefore, this study aims to analyze how the cooling water temperature has an influence on the performance and efficiency of the steam turbine in PLTP Dieng unit 1. The study began with a review of the actual conditions of the turbine and compared with the turbine design data specification including the state of the environment. Then, an observation was made to see the influence of the cooling water temperature value of the PLTP system on turbine efficiency. The field data was retrieved and the data were processed to calculate the turbine efficiency. The graphs of the comparison of cooling water temperature to the efficiency and performance of turbine were obtained. The graph shows that the increase in temperature of the cooling water make the efficiency and performance of the turbine decreased. The turbine performance will decrease by 0.0876 kJ/kg with the increase of ° C cooling water temperature. The turbine efficiency will decrease by 0.0515% with 1° C increase in cooling water temperature.

Keywords : turbine, cooling water temperature, efficiency, performance, vacuum pressure

I. PENDAHULUAN

Pada zaman modern saat ini kebutuhan akan energi sangat penting dalam menunjang kehidupan terutama energi listrik. Energi listrik merupakan sesuatu yang sangat diharapkan keberadaannya agar keberlangsungan hidup berjalan dengan baik dan industri berkembang dengan pesat. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia, kita tidak dapat terlepas dari keberadaan Unit Pembangkitan yang mampu menghasilkan dan memasok energi listrik dalam jumlah tertentu agar dapat di manfaatkan. Pada setiap pembangkit listrik, pada dasarnya luaran yang diharapkan ialah tegangan yang konstan dan efisien. Dari tegangan yang konstan ini akan didapatkan daya aktif yang juga stabil. Daya aktif ini lah yang kemudian dimanfaatkan dan didistribusikan ke konsumen. Namun, dengan keberadaan unit pembangkitan ini mengakibatkan sumber utama penghasil energi listrik seperti minyak bumi dan batu bara semakin menipis cadangannya. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Panas bumi adalah salah satu energi alternatif yang paling potensial di Indonesia, karena Indonesia dikelilingi oleh banyak gunung berapi.

Atoni dan Kisman H. Mahmud (Universitas Muhammadiyah Jakarta) dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa dengan semakin tingginya suhu air pendingin maka akan meningkatkan tekanan kondensor [1]. Muammer Alus et al. dalam penelitiannya menyimpulkan meningkatkan air pendingin inlet kondensor, terutama di musim panas, menyebabkan peningkatan tekanan kondensor dan mengurangi efisiensi energi pada pembangkit [2]. Slamet Hariyadi dan Atok Setiyawan dalam penelitiannya mendapatkan hasil bahwa dengan semakin tingginya tekanan vakum pada kondensor akan menyebabkan penurunan daya yang dihasilkan [3]. Daya yang dihasilkan dapat diperhitungkan dengan menggunakan nilai laju aliran massa dan kinerja turbin. Kinerja turbin uap dapat diketahui dengan cara memperhitungkan entalpi masuk turbin dan entalpi keluar turbin. Hasil dari perhitungan kinerja tersebut dapat pula diperhitungkan efisiensi turbin uap. Jadi temperatur air pendingin dapat mempengaruhi tekanan vakum kondensor yang dimana tekanan vakum kondensor ini dapat mempengaruhi daya, kinerja dan efisiensi turbin uap.

Durmayaz dan Sogut telah menyelidiki bahwa kenaikan temperatur air pendingin sebesar 1°C dapat menurunkan efisiensi 0,12% pada reaktor nuklir bertipe *Pressurize Water Reaktor* (PWR) [4]. Lakovic et al. juga telah mendapatkan hasil bahwa peningkatan temperatur air pendingin akan menyebabkan efisiensi dari pembangkit yang menggunakan tenaga uap mengalami penurunan [5]. Akan tetapi, penelitian seberapa besar penurunan efisiensi turbin uap pada pembangkit listrik tenaga panas bumi belum diselidiki lebih lanjut. Karena menggunakan cooling tower tipe mechanical draft fan, temperatur lingkungan yang fluktuatif mempengaruhi nilai dari temperatur air pendingin yang dihasilkan dan mempengaruhi proses di dalam sistem PLTP ini. Maka, tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui besar pengaruh temperatur air pendingin terhadap efisiensi turbin uap dan mendapatkan grafik perbandingan temperatur air pendingin terhadap kinerja dan efisiensi turbin uap.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada PLTP Unit 1 Dieng yang memiliki kapasitas daya sekitar 60 MW. Sebagai data pendukung untuk menghitung nilai kinerja dan efisiensi turbin uap, penelitian ini menggunakan data operasi langsung dengan mengambil laju aliran massa, temperatur masuk turbin, temperatur keluar turbin, tekanan vakum kondensor, temperatur air pendingin. Data operasi langsung merupakan data perusahaan PT. Geo Dipa Energi yang didapatkan dari *logsheet* harian yang tercatat selama 2 bulan yaitu dibulan Desember 2017 dan Januari 2018.

Untuk menghitung kinerja turbin, nilai entalpi masuk turbin (h_1) perlu ditentukan. Nilai h_1 didapatkan dari data steam table Japan Society of Mechanical Engineering (JSME) [6] dan dari aplikasi *Steam Tables*, dimana h_1 menggunakan parameter temperatur uap masuk turbin dengan satuan kJ/kg. Entalpi uap isentropis keluar turbin (h_{2s}) dapat dihitung apabila nilai fraksi uap telah dihitung. Nilai fraksi uap (x) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [8] :

$$x = \frac{(S_2 - S_f)}{S_{fg}} \times 100\% \quad \text{[Persamaan 1]}$$

Dimana :

x : Fraksi uap (%)

S_2 : Entropi uap keluaran turbin (kJ/kg.K)

S_f : Entropi uap dalam keadaan saturasi cair (*liquid*) (kJ/kg.K)

S_{fg} : Entropi perubahan dari cair ke gas (kJ/kg.K)

Nilai dari h_{2s} didapatkan dengan menggunakan persamaan [8]:

$$h_{2s} = h_f + x \cdot h_{fg} \quad \text{[Persamaan 2]}$$

Dimana :

h_{2s} : Entalpi uap isentropis pada temperature keluar turbin (kJ/kg)

h_f : Entalpi uap dalam keadaan saturasi cair (*liquid*) (kJ/kg)

x : Fraksi uap (%)

h_{fg} : Entalpi perubahan dari cair ke gas (kJ/kg)

Kinerja turbin didapatkan melalui perhitungan entalpi uap masuk turbin (h_1) dengan entalpi uap isentropik keluar turbin (h_{2s}). Kinerja turbin dapat dihitung dengan persamaan[8]:

$$\text{Kinerja turbin} = h_1 - h_{2s} \quad \text{[Persamaan 3]}$$

Dimana :

h_1 : Entalpi uap pada temperatur uap masuk (kJ/kg)

h_{2s} : Entalpi uap isentropis pada temperatur keluar turbin (kJ/kg)

Daya masuk (P_{in}) didapatkan dengan mengetahui nilai dari nilai laju aliran massa dan kinerja turbin yang dirumuskan secara matematis melalui persamaan [8]:

$$P_{in} = \dot{m} \times (h_1 - h_{2s}) \quad \text{[Persamaan 4]}$$

Dimana :

P_{in} : Daya input turbin (kW)

\dot{m} : Laju alir uap massa (kg/s)

h_1 : Entalpi uap pada temperature uap masuk (kJ/kg)

h_{2s} : Entalpi uap isentropis pada temperature keluar turbin (kJ/kg)

Daya keluar (P_{out}) didapatkan dari perhitungan daya yang terbaca dan efisiensi generator. Efisiensi generator ($\eta_{generator} = 0,98$) diketahui berdasarkan hasil wawancara dengan *Power Plant Planning & Evaluating Staff* PT Geo Dipa Energi unit 1 Dieng. Menghitung daya keluar menggunakan persamaan [8] :

$$P_{out} = \frac{P_{generator}}{\eta_{generator}} \quad \text{[Persamaan 5]}$$

Dimana :

P_{out} : Daya output keluar turbin (kW)

$P_{generator}$: Daya yang dibangkitkan oleh generator (kW)

$\eta_{generator}$: Efisiensi generator (%)

Efisiensi isentropik turbin didapatkan melalui persamaan [8]:

$$\eta_{isentropik} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad \text{[Persamaan 6]}$$

Dimana :

$\eta_{isentropik}$: Efisiensi isentropis turbin uap (%)

P_{out} : Daya output keluar turbin (kW)

P_{in} : Daya input turbin (kW)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data operasional dan perhitungan efisiensi turbin

Data operasional yang dibutuhkan dalam perhitungan efisiensi turbin diambil dari DCS (*Data Control System*) yang ada pada komputer di *control room* yang dimasukan dalam logsheet. Data diambil pada saat melakukan Kerja praktik di PLTP unit 1 Dieng selama 2 bulan (27 Februari – 27 April 2018). Data yang dipakai adalah data logsheet bulan Desember 2017-Januari 2018. Dari data yang didapat, dilakukan

pemilihan data operasional berdasarkan laju aliran uap setelah demister, temperatur air pendingin, temperatur uap masuk turbin, temperatur uap keluar turbin dan beban.

Tabel 1 Data Operasional Turbin Uap PLTP Dieng Unit 1

No.	Tek. Vakum ondensor	Temp. Air Pendingin	Beban	Aliran Uap Utama	Temp. Uap Utama	Temp. Uap Keluar Turbin
	Bar	°C	MW	kg/s	°C	°C
1.	0,095913	18	46,76875	96,3	148,25	41,52625
2.	0,096309	19	46,75296	96,3	148,5	41,7
3.	0,098896	20	46,68313	96,3	149,9125	42,42113
4.	0,1008	21	46,67286	96,3	150	42,69429

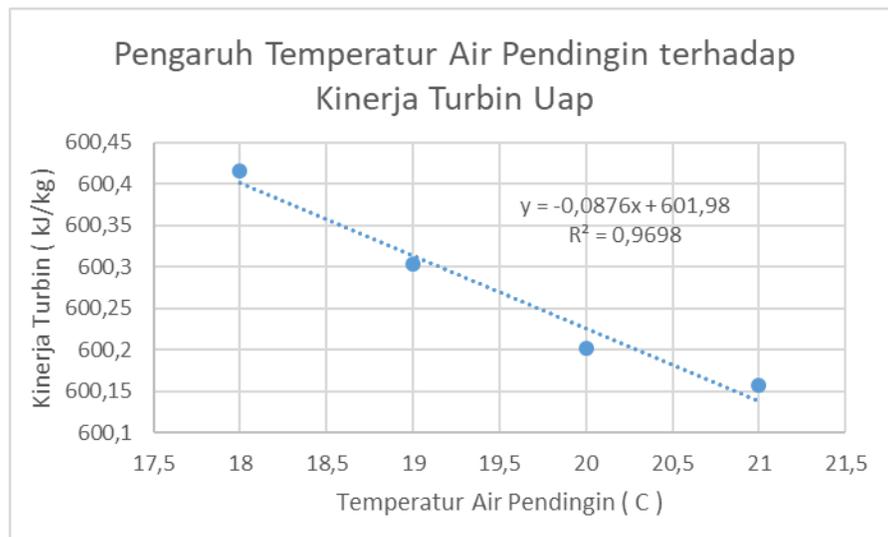
Tabel 1 Menampilkan data operasional turbin uap PLTP Dieng Unit 1. Dari tabel 1 Dapat kita lihat nilai dari tekanan vakum kondensor, laju aliran uap setelah demister, temperatur air pendingin, temperatur uap masuk turbin, temperatur uap keluar turbin dan beban. Dari semua parameter diatas, kita dapat menghitung efisiensi dari turbin uap.

Tabel 2 Data hasil perhitungan Turbin Uap PLTP Dieng unit 1

No	Fraksi Uap (X)	Enthalpy Inlet (h1)	Enthalpy Outlet (h2s)	Kinerja Turbin	Daya Turbin Ideal	Daya Turbin Sebenarnya	Efisiensi Turbin
	%	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	MW	MW	%
1.	81,9872	2743,62	2143,2	600,415	57,852	47,723	82,49
2.	81,9885	2743,925	2143,62	600,304	57,834	47,707	82,48
3.	81,9974	2745,634	2145,431	600,202	57,8278	47,635	82,37
4.	81,9784	2745,739	2145,581	600,157	57,8576	47,625	82,35

Tabel 2 Menampilkan hasil data perhitungan turbin uap PLTP Dieng unit 1. Fraksi uap dapat dihitung dengan menggunakan “persamaan 1”, nilai entalpi keluaran turbin dapat dihitung dengan menggunakan “persamaan 2”, nilai kinerja turbin dapat dihitung dengan menggunakan “persamaan 3”, nilai daya turbin ideal dapat dihitung dengan menggunakan “persamaan 4”, nilai daya turbin sebenarnya dapat dihitung dengan menggunakan “persamaan 5” dan nilai efisiensi turbin uap dapat dihitung menggunakan “persamaan 6”.

3.2 Hubungan Temperatur Air Pendingin Dengan Kinerja Turbin Uap

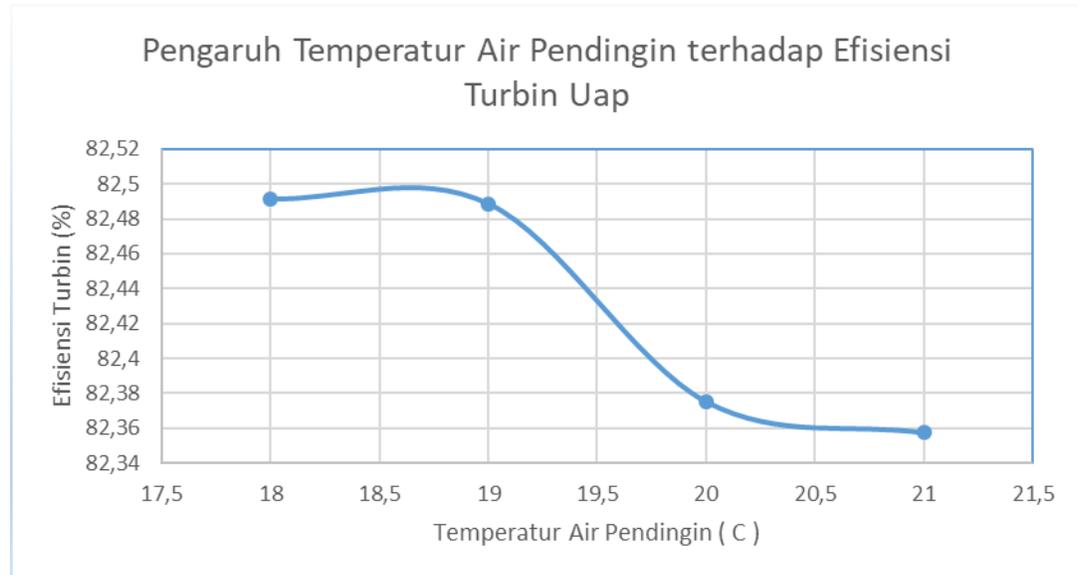


Gambar 1 Grafik hubungan Temperatur Air Pendingin Terhadap Kinerja Turbin Uap

Pada Gambar 1, titik bulat biru menunjukkan data lapangan dan garis putus-putus menunjukkan fitting data menggunakan regresi linear. Didapatkan nilai R^2 sebesar 0,97 sehingga diasumsikan bahwa untuk pengaruh temperatur air pendingin terhadap kinerja turbin pada rentang suhu 18 - 21 °C adalah linear. Gambar 1 menunjukkan saat temperatur air pendinginan semakin dingin yaitu 18 °C dapat dicapai kinerja turbin sebesar 600,415 kJ/kg. Sedangkan dengan temperatur air pendinginan yang semakin panas yaitu 21 °C, kinerja turbin menurun dengan nilai 600,157 kJ/kg, ini berarti semakin dingin temperatur air pendingin maka semakin besar juga kinerja turbin. Setiap kenaikan 1 °C temperatur air pendingin, kinerja turbin akan mengalami penurunan sebesar 0,0876 kJ/kg. Penurunan kinerja turbin ini akan berpengaruh pada beban yang dibangkitkan, karena beban yang dibangkitkan berbanding lurus dengan kinerja turbinnya, sehingga apa bila kinerja turbin menurun maka beban yang dibangkitkan akan menurun juga. Di tinjau dari [Persamaan 4], dapat dilihat penurunan nilai kinerja turbin disebabkan oleh kenaikan nilai h_2 atau entalpi keluar turbin, salah satu faktor yang mempengaruhi nilai h_2 atau entalpi keluar turbin ialah temperatur air pendingin. Temperatur air pendingin dapat mempengaruhi nilai kevakuman kondensor yang dapat

menyebabkan peningkatan nilai entalpi keluar turbin karena kurang baiknya penkondensasian uap pada kondensor.

3.3 Hubungan Temperatur Air Pendingin Dengan Efisiensi Turbin Uap



Gambar 2 Grafik hubungan Temperatur Air Pendingin Terhadap Efisiensi Turbin Uap

Temperatur air pendingin dapat mempengaruhi keadaan tekanan didalam kondensor. Apabila temperatur air pendingin meningkat, maka tekanan di dalam kondensor meningkat sehingga akan menyebabkan penurunan nilai efisiensi turbin uap. “Gambar 2” menunjukkan peningkatan temperatur air pendingin dapat mempengaruhi nilai efisiensi turbin uap. Pada saat temperatur air pendinginan semakin dingin yaitu 18 °C dapat dicapai efisiensi turbin sebesar 82,49 (%). Sedangkan dengan temperatur air pendinginan yang semakin panas yaitu 21 °C, efisiensi turbin menurun dengan nilai 82,35 (%), ini berarti semakin dingin temperatur air pendingin maka semakin besar juga efisiensi turbin uapnya. Efisiensi tersebut dapat dikatakan baik karena masih berada dalam toleransi efisiensi turbin uap untuk pembangkit panas bumi yaitu antara 81% - 85% [7]. Setiap kenaikan 1 °C temperatur air pendingin, efisiensi turbin akan mengalami penurunan sebesar 0,0515 (%).

Adapun yang mempengaruhi efisiensi turbin, yaitu adanya penurunan kualitas dari sistem pendinginnya. Air pendingin pada inlet kondensor berfungsi sebagai fluida pendingin untuk mengubah fasa uap keluaran turbin menjadi air kondensat. Perubahan maksimal fasa uap menjadi cair akan mempengaruhi kualitas kevakuman didalam kondensor. Vakum kondensor adalah keadaan dimana tekanan kondensor mendekati nol. Nilai tekanan kondensor yang semakin tinggi dapat mengakibatkan penurunan efisiensi turbin uap. Nilai tekanan kondensor yang semakin tinggi ini dikarenakan air pendingin tidak maksimal dalam mendinginkan uap keluaran turbin menjadi air kondensat sehingga

ruang vakum di dalam kondensor akan di penuh oleh Non Condensable Gas (NCG) dan sisa-sisa uap yang tidak terkondensasi.

IV. KESIMPULAN

1. Semakin tinggi nilai temperatur air pendingin, maka semakin kecil pula kinerja turbin uapnya. Dapat dilihat pada saat temperatur air pendingin semakin dingin dengan nilai 18°C dapat dicapai kinerja turbin sebesar 600,415 kJ/kg. Sedangkan dengan suhu terpanas dengan nilai 21°C kinerja turbin menurun hingga bernilai 600,157 kJ/kg.
2. Semakin tinggi nilai temperatur air pendingin maka semakin kecil pula efisiensi turbin uap. Dapat dilihat pada saat temperatur air pendingin dengan suhu terdingin yaitu 18°C dapat dicapai efisiensi turbin sebesar 82,49 %. Sedangkan dengan suhu terpanas yaitu 21°C efisiensi turbin menurun hingga bernilai 82,35%.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atoni ; Kisman H Mahmud, “Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Tekanan Kondensor pada Beban Tetap,” Jurnal Integrasi Sistem Industri UMJ vol. 2, 2015.
- [2] Muammer Alus ; Mohamed Elrawemi ; Fathi Kawan, “The Effect of the Condenser Inlet Cooling water Temperature on the Combined Cycle Power Performance,” World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development, 2017.
- [3] Hariyadi ; Atok Setiyawan, “Analisa Termodinamika Pengaruh Tekanan Vakum Pada Kondensor terhadap Performa Siklus PLTU,” Jurnal Teknik POMITS, 2015.
- [4] Ahmed Durmayaz ; Oguz Salim Sogut, “ Influence of Cooling Water Temperature on the Efficiency of a Pressurized-water reactor nuclear-power plant.” International Journal of Energy Research, 2006.
- [5] Mirjana, S. LAKOVIĆ ; Mladen M. STOJILJKOVIĆ ; Slobodan V. LAKOVIĆ ; Velimir P. STEFANOVIĆ ; Dejan D. MITROVIĆ, “IMPACT OF THE COLD END OPERATING CONDITIONS ON ENERGY EFFICIENCY OF THE STEAM POWER PLANTS,” Thermal Science vol. 14, 2010.
- [6] J. S. o. M. Engineering, 1999 JSME Steam Tables, Japan: JSME, 1999.
- [7] Mary H. Dickson ; Mario Fanelli, Geothermal Energy: Utilization and Technology, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Bangalore, 2003.
- [8] Michael J. Moran ; Howard N. Saphiro, Fundamentals Of Engineering Thermodynamics 5th Edition, Chicester: John Willy & Sons, Inc., 2006.

APLIKASI FLYWHEEL PADA RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) TURBIN SENTRIFUGAL

Budi Santoso¹, Emir Ridwan², Muhammad Hafidz³, Ramadhan Argo Winoto⁴, Vico Muhammad Dowell⁵, Windah Kaiwaswanti⁶

*Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok, Tlp.+6221 7270036, Fax
(021) 7270034, mhafidz@gmail.com*

Abstrak

Seiring kebutuhan energi yang meningkat, butuh adanya pembangkit tenaga listrik yang efisien dan efektif, penggunaan pompa sentrifugal sebagai turbin dan motor induksi sebagai generator merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk meneliti variasi dari pemanfaatan energi air untuk mendapatkan pemanfaatan yang maksimal dari potensi energi air. Pada penelitian sebelumnya, variabel tetap adalah debit sebesar 0.004 m³/s dan variabel yang diubah adalah beban yang diatur menggunakan tahanan geser, hasil tersebut menunjukkan efisiensi optimal yang dihasilkan dengan menggunakan rangkaian delta yaitu sebesar 18.12% dengan daya listrik 56.88 Watt. Debit yang tidak konstan dan kenaikan beban secara mendadak adalah beberapa faktor yang mengakibatkan daya mekanik menurun yang dipengaruhi oleh torsi dan kecepatan sudut yang berdampak pada keluaran listrik yang dihasilkan generator. Penelitian tersebut berlanjut dalam tugas akhir ini yang bertujuan menganalisa pengaruh kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan cara menambahkan media penyimpan energi mekanik berupa roda gila (*flywheel*) yang akan di variasi kan massa dan diameternya pada poros turbin dan generator.

Kata Kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Daya Mekanik, *Flywheel*

Abstract

As the need of energy increase, the efficient and effective power plant is necessary, the use of centrifugal pump as the turbine pump and induction motor as the generator is one of the way to examine the variation of the water energy utilization to gain the maximum utilization from the water energy potential. On the previous experiment, the unchangeable variable was the flow rate in the amount of 0.004 m³/s and the changeable variable was the load that was controlled by the frictional resistance, the result showed the optimum efficiency produced by using delta series (connecting structure) in the amount of 18.12% with the electrical power in the amount of 56.88 Watt. The inconstant debit and the sudden increase of load are few of factors that causes the mechanical power to decrease affected by torque and tangensial speed and impact the output power produced by the generator. The experiment continous in this final assignment aim to analyze the effect of Micro Hydro Power Plant performance by adding the mechanical energy storage media in a form of flywheel that will use the variation of the mass, and the diameter of turbine shaft and the generator.

Keywords: *Micro Hydro Power Plant, Mechanical Power, Flywheel*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan komponen penting yang tidak dapat dilepaskan dalam kelangsungan hidup manusia. Saat ini, hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersediaan energi terutama sumber energi fosil yang dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala yang besar. Namun, beberapa tahun mendatang penggunaan energi yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya masalah kekurangan sumber energi atau krisis energi. Populasi manusia yang terus bertambah mengakibatkan permintaan terhadap energi semakin meningkat. Manusia akan dihadapkan pada situasi semakin menipisnya cadangan sumber energi fosil dan meningkatnya kerusakan lingkungan yang terjadi akibat penggunaan energi fosil. Akhir-akhir ini juga telah terjadi kelangkaan bahan bakar minyak yang disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan merupakan gejala-gejala yang muncul menuju krisis energi dan bahan bakar. Hal yang sebaiknya

dilakukan pada situasi demikian adalah dengan cara melakukan penghematan energi. Penghematan energi dapat menghemat biaya dan mengurangi dampak negatif dari penggunaan energi yang berlebihan.

Salah satu cara untuk menghemat energi adalah dengan cara menciptakan energi alternatif atau terbarukan yang ramah lingkungan. Energi terbarukan merupakan energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang secara alamiah tidak akan habis atau cepat dipulihkan dan prosesnya berkelanjutan jika dikelola dengan baik. Selain itu, penggunaan energi terbarukan juga diyakini lebih ramah lingkungan, aman dan terjangkau oleh masyarakat karena dapat mengurangi kerusakan lingkungan dibandingkan energi non terbarukan.

Tenaga air merupakan sumber energi terbarukan untuk aplikasi pembangkit energi listrik yang mempunyai potensi cukup besar di Indonesia. Potensi tenaga air di Indonesia mencapai 75,67 GW dan potensi untuk *micro hydro* sebesar 0,45 GW. Untuk memanfaatkan potensi tenaga air yang cukup besar tersebut salah satu caranya adalah dengan membuat pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

Pembangkit listrik yang menggunakan air sebagai penggerak turbin merupakan salah satu dari energi terbarukan. Secara umum prinsipnya adalah dengan memanfaatkan energi potensial yang terdapat di dalam air, kemudian aliran air tersebut diarahkan untuk menggerakkan turbin, energi mekanik dari perputaran turbin dikonversi menjadi energi listrik dengan bantuan dari generator.

Pembangkit listrik mikro hidro adalah pembangkit energi listrik tenaga air yang tidak memerlukan bendungan yang besar seperti pada pembangkit listrik tenaga air pada umumnya, bersifat *moveable, portable*, mudah dan praktis dalam pengoperasian, dapat memanfaatkan debit kecil, dan biaya investasi kecil. Pembangkit listrik mikro hidro menghasilkan kapasitas daya 5-100 kW[1].

Besarnya tenaga air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air (sebuah waduk tempat penyimpanan air digunakan ketika diperlukan) maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air yang keluar dari kincir atau turbin air. Dan debit air adalah seberapa banyak volume air yang melewati pipa pesat selama satu detik.

Dalam kenyataannya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan jenis pembangkit yang sumbernya *intermittent* atau energi yang tidak selalu konstan karena faktor alam, sedangkan di sisi beban membutuhkan keluaran energi yang konstan yang berdampak pada perubahan kecepatan putaran dan torsi pada turbin, dan hal tersebut mempengaruhi kuantitas dan kualitas listrik yang di hasilkan generator.

Diperlukan alat yang dapat menjaga kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ini dari masalah intermintensi dan kenaikan beban yang berpengaruh pada kecepatan putaran dan torsi pada generator, untuk itu *Flywheel* atau roda gila diharapkan menjadi solusi atas permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh *flywheel* terhadap mikrohidro ?
- Berapa besar daya listrik yang dihasilkan motor induksi (sebagai generator) sebelum adanya *flywheel*?
- Berapa besar daya listrik yang dihasilkan motor induksi (sebagai generator) setelah adanya *flywheel*?
- Bagaimana pengaruh perbedaan jenis *flywheel* terhadap mikrohidro?

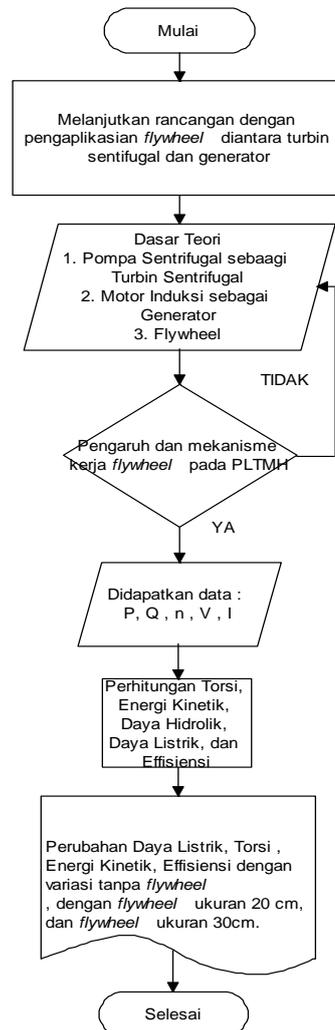
1.3 Tujuan

Adapun tujuan dan manfaat dari tugas akhir ini adalah:

- Mengetahui pengaruh *flywheel* terhadap kinerja Mikrohidro
- Menjadikan mikrohidro sebagai bahan rujukan untuk penelitian dalam bidang energi terbarukan.
- Memanfaatkan air sebagai sarana untuk menghasilkan tenaga listrik.

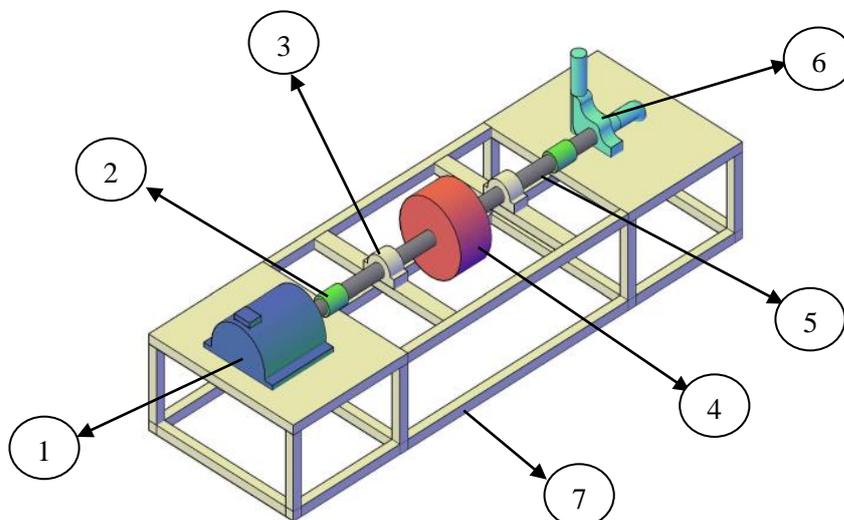
2. METODE PENELITIAN

2.1 Flow Chart Kegiatan



Gambar 2.1 Flow Chart

2.2 Desain Model PLTMH sisi Pengaplikasian Flywheel diantara Turbin dan Generator



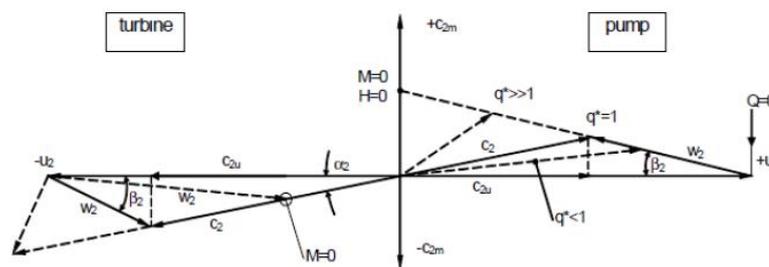
Gambar 2.2 Desain Rencana Aplikasi Flywheel

Keterangan :

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| 1. Motor Induksi (sebagai generator) | 5. Poros |
| 2. Pasak | 6. Turbin Sentrifugal |
| 3. Bearing | 7. Kerangka Besi |
| 4. Flywheel | |

2.3 Pompa Sebagai Turbin

Pompa sentrifugal yang bekerja secara terbalik dapat digunakan sebagai energi pemulihan. Proses ini dinamakan HPRT atau *Hydraulic Power Recovery Turbine*. Pompa sentrifugal dapat mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik jika arah rotasi dan alirannya dibalik. *Difuser* atau *volute* mengalirkan cairan ke bagian luar diameter pada *runner*. Maka dengan demikian, bagian *discharge* berubah menjadi tempat aliran air masuk (*inlet*) dan sebaliknya bagian sisi hisap menjadi tempat keluaran air (*outlet*) [2].



Gambar 2.3 Segitiga kecepatan pompa (kanan) dan turbin (kiri)

Keterangan:

- U = Kecepatan aktual
- W = Kecepatan Relatif
- C = Kecepatan Mutlak

Prinsip kerja pompa sentrifugal menjadi turbin memiliki kemiripan dengan jenis turbin reaksi yaitu turbin francis. Secara Matematis, efisiensi pompa dan efisiensi turbin dapat dihitung dengan rumus:

- Diketahui Daya Hidrolik ialah[2]:

$$P_h = Q \times g \times h \quad [\text{Watt}] \quad [\text{Persamaan 1}]$$

- Diketahui Daya Poros ialah[2]:

$$P_{poros} = \tau \times \omega \quad [\text{Watt}] \quad [\text{Persamaan 2}]$$

$$P_{poros} = m \times g \times L \times \frac{2\pi n}{60} \quad [\text{Watt}] \quad [\text{Persamaan 3}]$$

- Sehingga untuk mencari efisiensi pompa ialah persamaan 2.1 dibagi dengan persamaan 2.2[2]

$$\eta_{pompa} = \frac{P_{hidrolik}}{P_{poros}} \times 100\% \quad [\%] \quad [\text{Persamaan 4}]$$

- Sedangkan untuk mencari efisiensi turbin ialah persamaan 2.2 dibagi dengan persamaan 2.1[2]

$$\eta_{turbin} = \frac{P_{poros}}{P_{hidrolik}} \times 100\% \quad [\%] \quad [\text{Persamaan 5}]$$

Dengan :

- P_h = Daya hidrolik [Watt]
- Q = kapasitas fluida [m^3/s]

ρ	= Masa Jenis fluida [kg/m ³]
g	= Percepatan Gravitasi [m/s ²]
H	= Head [mH ₂ O]
τ	= Torsi [Nm]
ω	= Kecepatan sudut [rad/s ²]
g	= Percepatan Gravitasi (9.81 m/s ²)
l	= Panjang lengan (m)
m	= massa (kg)

2.4 Penyimpanan Energi Kinetis pada *Flywheel*

Pada kondisi sesungguhnya, energi berpotensi tidak stabil, yang disebabkan dari sisi *demand* dan *supply*, sisi *demand* yaitu sumber pada penelitian ini adalah energi air dan sisi *supply* adalah beban yang digunakan pada penelitian ini adalah rheostat dan lampu, oleh karena itu dibutuhkan alat penyimpan energi, yang berfungsi mengendalikan tegangan dan frekuensi sehingga kualitas yang di keluarkan oleh generator akan lebih baik. Dalam menyimpan energi, ada dua jenis penyimpanan energi konvensional, yaitu penyimpanan energi mekanik dan penyimpanan energi kinetik, salah satunya adalah yang menjadi fokus penelitian ini pada penyimpanan energi kinetik dengan media *flywheel* atau roda gila, di beberapa kondisi *flywheel* merupakan media penyimpan energi mekanik yang menyimpan energi kinetik dikarenakan *flywheel* mempunyai massa dan di tempatkan pada benda berputar dikarenakan mempunyai kelembaman putar benda atau momen inersia, rumus momen inersia sebagai berikut :

$$I = Mk^2 \quad \text{[Persamaan 6]}$$

di mana M adalah massa total benda pada persamaan di atas k adalah jarak massa titik M seharusnya dari sumbu jika massa titik memiliki I yang sama dengan benda. Pada penelitian ini dipakai momen inersia benda homogen piringan atau silinder pejal dengan rumus[3] :

$$I = \frac{1}{2}mr^2 \quad \text{[Persamaan 7]}$$

Suatu momen puntir τ , yang bekerja pada suatu benda dengan **momen inersia (I)**, menghasilkan percepatan sudut a yang ditentukan oleh

$$\tau = I\alpha \quad \text{[Persamaan 8]}$$

Di sini τ , I, dan a semuanya dihitung terhadap sumbu yang sama. Untuk satuannya, τ adalah dalam N.m, I adalah kg.m², dan a harus dalam rad/det². (Ingatlah kesetaraan translasi, $F = ma$)[3]. Suatu massa yang momen inersianya terhadap suatu sumbu adalah I, dan yang berputar terhadap sumbu tersebut dengan kecepatan sudut ω adalah

$$EKr = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \text{[Persamaan 9]}$$

Di mana energi dalam joule dan ω harus dalam rad/det. (Ingatlah kesetaraan translasi, $EK = \frac{1}{2}mv^2$)[3].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Penelitian Sebelumnya

Tabel. 1 Percobaan dengan rangkaian delta beban lampu dan reostat

NO	PERHITUNGAN EFISIENSI						
	TEGANGAN	ARUS	DAYA LISTRIK	TEKANAN	DEBIT	DAYA HIDROLIK	EFISIENSI [%]
	[Volt]	[Ampere]	[Watt]	[mH ₂ O]	[m ³ /s]	[Watt]	
1	83	0.46	38.18	8	0.004	313.92	12.16
2	79	0.505	39.895	8	0.004	313.92	12.71
3	77	0.555	42.735	8	0.004	313.92	13.61
4	71.2	0.63	44.856	8	0.004	313.92	14.29
5	66	0.73	48.18	8	0.004	313.92	15.35
6	60	0.89	53.4	8	0.004	313.92	17.01
7	48	1.185	56.88	8	0.004	313.92	18.12
8	21.8	1.69	36.842	8	0.004	313.92	11.74

Pada penelitian sebelumnya, variabel tetap adalah debit sebesar 0.004 m³/s dan variabel yang diubah adalah beban yang diatur menggunakan tahanan geser, hasil tersebut menunjukkan efisiensi optimal yang dihasilkan dengan menggunakan rangkaian delta yaitu sebesar 18.12% dengan daya listrik 56.88 Watt. Debit yang tidak konstan dan kenaikan beban adalah beberapa faktor yang mengakibatkan daya mekanik menurun yang dipengaruhi oleh torsi dan kecepatan sudut yang berdampak pada keluaran listrik yang dihasilkan generator. Penelitian selanjutnya adalah dengan menambahkan *flywheel* pada sisi transmisi antara generator dan turbin untuk dilihat pengaruhnya pada keluaran energi mekanis maupun energi listrik pada generator.

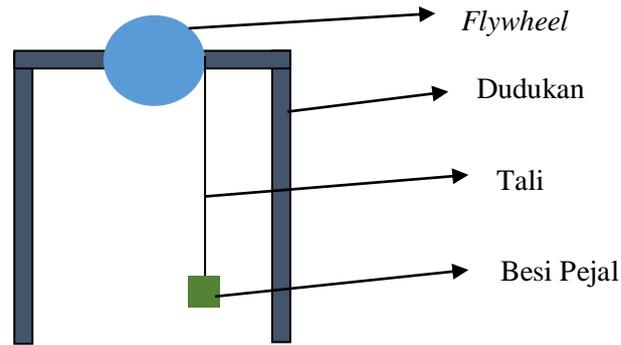
3.2 Spesifikasi *Flywheel*

Tabel.2 Spesifikasi *Flywheel*

	<i>Flywheel A</i>	<i>Flywheel B</i>
Bahan	Alumunium	
Jenis	Silinder Pejal	
Massa (Kg)	3.75	1.25
Diameter (m)	0.3	0.2
Tebal (m)	0.03	

3.3 Perhitungan Teoritis *Flywheel*

Perhitungan *flywheel* di bawah ini merupakan perhitungan teoritis untuk mencari energi yang tersimpan dalam *flywheel* dalam bentuk energi kinetik.



Gambar 2.3 Percobaan mencari kecepatan sudut dan percepatan sudut

Digunakan percobaan sederhana untuk mencari kecepatan dan percepatan sudut dengan mengikatkan beban besi pejal yang mempunyai massa 1 kg yang diikat dengan tali dan dijatuhkan setelah melakukan 1 putaran yang dihitung waktu dan jarak jatuh benda tersebut.

3.3.1 Kecepatan Sudut

Tabel.3 Kecepatan Sudut

Flywheel A	Flywheel B
$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.92} = 6.83 \text{ rad/s}$	$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.53} = 11.85 \text{ rad/s}$

Pada perhitungan kecepatan sudut di atas, yang membedakan adalah periode (T) yaitu waktu yang di butuhkan untuk melakukan 1 putaran dengan beban percobaan yaitu besi pejal seberat 1 kg. Perhitungan akan mempunyai hasil yang berbeda ketika jari – jari (r) berbeda.

3.3.2 Percepatan Sudut

Tabel.4 Percepatan Sudut

Flywheel A	Flywheel B
$y = V_1t + \frac{1}{2}\alpha t^2$	$y = V_1t + \frac{1}{2}\alpha t^2$
$\alpha = \frac{y \times 2}{t^2}$	$\alpha = \frac{y \times 2}{t^2}$
$a = 2.53 \text{ m/s}^2$	$a = 5.91 \text{ m/s}^2$
$a_r = \alpha r$	$a_r = \alpha r$
$a = \frac{a_t}{r} = 16.867 \text{ rad/s}^2$	$a = \frac{a_t}{r} = 59.1 \text{ rad/s}^2$

Pada perhitungan percepatan sudut di atas, yang membedakan adalah jarak (y) antara titik dimulainya benda berputar sampai benda tersebut telah mencapai 1 putaran dan waktu (t) yang keduanya dipengaruhi oleh jari jari (r) dan massa (m) dari kedua *flywheel*.

3.3.3 Momen Inersia

Tabel.5 Momen Inersia

Flywheel A	Flywheel B
$I = \frac{1}{2}mr^2$	$I = \frac{1}{2}mr^2$
$I = 0.5 \times 3.75 \times 0.15^2$	$I = 0.5 \times 1.25 \times 0.1^2$
$I = 0.042 \text{ kg.m}^2$	$I = 0.00625 \text{ kg.m}^2$

Pada perhitungan momen inersia di atas ada dua hal yang mempengaruhi nilai momen inersia pada masing – masing *flywheel* yaitu massa (m) dan jari jari (r) kuadrat. Nilai momen inersia *flywheel* akan berbeda jika kedua hal tersebut berubah, terutama jari jari (r) yang mempunyai nilai kuadrat yang sangat signifikan mempengaruhi nilai momen inersia.

3.3.4 Momen Puntir / Torsi

Tabel.6 Momen Puntir / Torsi

Flywheel A	Flywheel B
$\tau = I\alpha$	$\tau = I\alpha$
$\tau = 0.042 \times 16.867$	$\tau = 0.00625 \times 59.1$
$\tau = 0.711 \text{ Nm}$	$\tau = 0.369 \text{ Nm}$

Pada perhitungan momen puntir di atas, ada dua hal yang mempengaruhi yaitu momen inersia dan percepatan sudut, yang mempunyai nilai sebanding jika dibagi/dikali dengan bilangan yang sama.

3.3.5 Energi Kinetis Rotasi

Tabel.7 Energi Kinetis Rotasi

Flywheel A	Flywheel B
$EKr = \frac{1}{2}I\omega^2$	$EKr = \frac{1}{2}I\omega^2$
$EKr = 0.5 \times 0.042 \times 6.83^2$	$EKr = 0.5 \times 0.00625 \times 11.85^2$
$EKr = 0.984 \text{ Joule}$	$EKr = 0.439 \text{ Joule}$

Mengetahui nilai energi kinetis *flywheel* merupakan salah satu tujuan dari penelitian ini, dikarenakan pada perhitungannya, dapat dilihat energi yang tersimpan dalam bentuk kinetis yang identik dengan kecepatan sudut, karena *flywheel* merupakan benda pejal yang berputar. Pada perhitungan energi kinetis ini mengacu pada percobaan sederhana yang ada di atas.

3.3.6 Daya

Tabel.8 Daya

Flywheel A	Flywheel B
$P = \tau\omega$	$P = \tau\omega$
$P = 0.711 \times 6.83$	$P = 0.369 \times 11.85$
P = 4.86 Watt	P = 4.37 Watt

Pada hasil percobaan dan perhitungan di atas, dari perhitungan kecepatan sudut sampai daya dapat dilihat bahwa :

- ✓ Jari jari sangat berpengaruh pada nilai suatu energi yang tersimpan pada flywheel, karena mempunyai nilai pangkat 2 yang akan menghasilkan nilai signifikan pada momen inersia yang mempengaruhi besar kecilnya suatu energi kinetis yang terdapat pada *flywheel*.
- ✓ Massa berpengaruh pada nilai suatu energi yang tersimpan pada *flywheel*, tapi tidak besar pengaruhnya seperti pada jari jari karena nilainya sebanding.
- ✓ Nilai energi kinetis rotasi bisa menjadi indikator seberapa besar energi yang tersimpan dalam *flywheel* untuk mengendalikan perubahan energi agar bisa lebih konstan.
- ✓ Faktor material yang tidak terlihat pada perhitungan pun berpengaruh penting pada *flywheel* dikarenakan setiap material mempunyai spesifikasi dan batasan kerja sesuai dengan jenisnya, terutama *flywheel* yang bekerja pada tekanan dan putaran yang sering berubah – ubah.

4. KESIMPULAN

1. Pada Penelitian sebelumnya diperlukan alat untuk meminimalisir drop tegangan yang diakibatkan naiknya beban atau turunnya debit air yang berasal dari sumber.
2. Penyimpanan energi mekanis yang salah satunya adalah energi kinetik dapat diaplikasikan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Sentrifugal.
3. *Flywheel* dapat menyimpan energi melalui energi kinetik yang identik dengan benda yang berputar.
4. Semakin besar momen inersia suatu benda dan kecepatan sudut suatu benda akan berbanding lurus dengan energi kinetik yang disimpan pada *flywheel*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2008. Manual Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. IBEKA-JICA. Jakarta.
- [2] Johann Friedrich Gulich. 2010. “*Centrifugal Pumps*”. Villeneuve (Switzerland).
- [3] Frederick J.Bueche, Eugene Hecht. 2006. Schaum’s Outline Teori dan Soal-soal FISIKA UNIVERSITAS Edisi Kesepuluh. Erlangga. Jakarta.
- [4] Archie W. Culp Jr, Sitompul Darwin, 1989. Prinsip Prinsip Konversi Energi. Erlangga. Jakarta.
- [5] Asri Bramade, Adam Fahmi, M.Miswan Farobi, Kustianingsih Yuni, Santoso Budi. 2017. Analisis Eksperimental Pompa Sentrifugal Sebagai Turbin dan Motor Induksi Sebagai Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Depok.

**ANALISIS PENGARUH KARBON DIOKSIDA BAHAN BAKAR GAS PERUSAHAAN
SUPPLIER TERHADAP NPHR PEMBANGKIT**

Almasih Chairul Umam¹, Jusafwar¹, Emir Ridwan¹
¹ *Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*
Jl. Prof. G A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, 16425, Indonesia
Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530
Email: almasih1996@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik yang dibangkitkan tidak dapat disimpan dalam skala besar, karenanya energi ini harus disediakan pada saat dibutuhkan. Daya yang dibangkitkan harus selalu sama dengan daya yang digunakan oleh konsumen. Akibatnya timbul persoalan bagaimana suatu sistem tenaga listrik harus dioperasikan agar dapat memenuhi permintaan daya yang berubah setiap saat, dengan kualitas baik dan harga yang murah.

Kemampuan melayani beban menentukan keandalan sistem tenaga listrik, sehingga besar daya yang dibangkitkan harus sama dengan besar kebutuhan di sisi beban. Pada unit pembangkit, penambahan beban akan mendorong penambahan bahan bakar per satuan waktu dan pada akhirnya akan meningkatkan penambahan biaya per satuan waktu, yang biasa disebut input output pembangkit tenaga listrik. Input pembangkit merupakan kebutuhan energi panas dalam bentuk MBTU/h sedangkan output merupakan daya keluaran yang memiliki batas-batas daya operasi yaitu daya minimum dan maksimum. Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) merupakan salah satu jenis pembangkit yang penggunaan bahan bakar yang dinilai cukup efisien dibandingkan dengan bahan bakar fosil yang lain serta emisi gas buang yang terhitung ramah lingkungan menjadikan pembangkit ini sebagai salah satu pilihan utama pada proyek 35.000 MW di Indonesia. Dengan banyak dibangunnya PLTG dan PLTGU maka penggunaan gas alam di Indonesia tentunya sangat meningkat.

Dalam bisnis ketenagalistrikan mengharuskan adanya manajemen yang baik dalam mengimplementasikan semua aspek tata kelola pembangkit tenaga listrik. Pemilihan supplier bahan bakar diantara unit-unit pembangkit perlu dilakukan agar dicapai biaya bahan bakar yang minimum istilah ini bisa disebut fuel saving cost. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan komposisi bahan bakar (gas alam) yang dipasok oleh supplier terhadap NPHR (Net Plant Heat Rate) di PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan (UJP) PLTGU Cilegon.

Kata Kunci: NPHR, komposisi Gas, Keuntungan Pembangkit Listrik

ABSTRACT

The electrical energy generated can't be stored on a large scale, therefore this energy must be provided when needed. The power raised must always be the same as the power used by the consumer. The result arises as to how a power system should be operated in order to meet the changing power demand at any time, with good quality and low prices.

The ability to serve the load determines the reliability of the electrical power system, so that the magnitude of the generated power must be equal to the demand on the load side. At the generating unit, the burden increases will increase fuel per unit time and will eventually increase the cost per unit of time, commonly called the power plant output input. Input generator is a requirement of heat energy in the form MBTU / h while output is an output power that has the limits of operating power that is the minimum and maximum power. The Steam Power Plant (PLTGU) is one of the most fuel efficient generators compared to other fossil fuels and the eco-friendly exhaust emissions make this plant one of the main options in the 35,000 MW project in Indonesia. With the many built of PLTG and PLTGU then the use of natural gas in Indonesia is certainly greatly improved.

In the electricity business requires a good management in implementing all aspects of governance of power plants. The selection of fuel suppliers among generating units needs to be done in order to achieve minimum fuel costs this term can be called fuel saving cost. This study aims to determine the effect of changes in the composition of fuel (natural gas) supplied by suppliers to the NPHR (Net Plant Heat Rate) in PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan (UJP) PLTGU Cilegon

Keywords: NPHR, Gas composition, Power Plant Benefits

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) merupakan salah satu jenis pembangkit pada proyek 35 ribu MW tersebut. Penggunaan bahan bakar gas yang dinilai cukup efisien dibanding dengan bahan bakar fosil yang lain serta emisi gas buang yang terhitung ramah lingkungan menjadikan pembangkit ini sebagai salah satu pilihan utama pada proyek 35 ribu MW ini[1]. Dengan banyak dibangunnya suatu PLTGDan PLTGU maka penggunaan gas alam di Indonesia tentunya akan meningkat.

PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Cilegon merupakan perusahaan yang bergerak pada sektor pembangkitan listrik dan berada di bawah naungan PT PLN (persero). PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Cilegon memproduksi energi sebesar 740 MW, yang terdiri dari 1 Blok PLTGU dengan 2 *Gas Turbine*, 2 *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)* dan 1 *Steam Turbine*.

UJP PLTGU Cilegon menggunakan bahan bakar utama berupa gas alam yang dipasok dari CNOOC SES. Ltd dan Perusahaan Gas Negara (PGN). Penjualan listrik pada Sistem PLTGU berada di posisi tengah pada penjualan listrik yaitu Rp.700/kwh.

Apabila penggunaan bahan bakar gas alam di Indonesia tidak dapat dikontrol dengan baik maka ketersediaan energi ini akan habis dengan cepat[2].Memaksimalkan performa PLTGU merupakan suatu cara yang sangat tepat untuk menjaga penggunaan bahan bakar gas alam secara efisien.

Adapun tujuan dari makalah ini adalah mencari pengaruh karbon dioksida (CO₂) dari masing-masing perusahaan pemasok bahan bakar dengan membandingkan jumlah CO₂ yang terkandung terhadap NPHR (*Net Plant Heat Rate*) dan profit yang didapat oleh perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini terbagi ke dalam beberapa tahapan.

2.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data operasi dari sistem bahan bakar. Beberapa data yang diambil yaitu data pemakaian gas PLTGU Cilegon, data Kinerja PLTGU Cilegon, data Setelmen (harga bahan bakar) PLTGU Cilegon.

2.2 Pengolahan Data

Pada tahap ini, data-data yang telah diperoleh selanjutnya akan diolah menggunakan perhitungan volume bahan bakar gas yang dikurangi volume CO₂ terhadap hitungan NPHR.

2.3 Modifikasi Logic

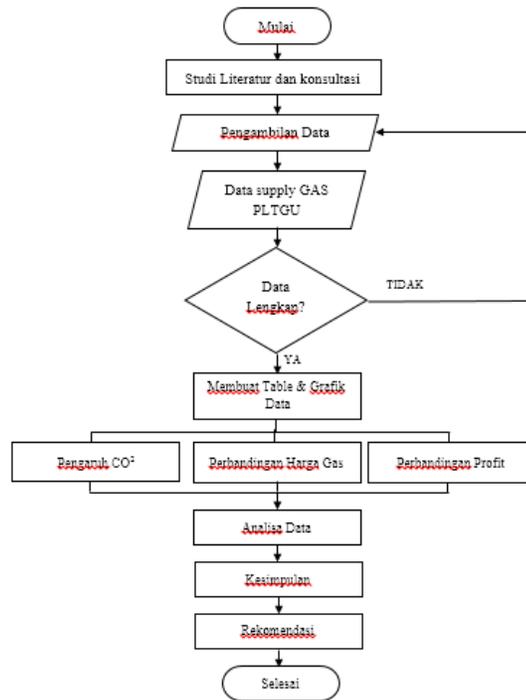
Setelah melakukan beberapa perhitungan berbagai sampel kadar CO₂ laju alir massa maka nilai jumlah energi, produksi dan NPHR mempunyai nilai yang berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan *Net Plant Heat Rate*

Net Plant heat rate (NPHR) digunakan untuk memberikan gambaran tentang seberapa besar efisiensi dari suatu pembangkit secara keseluruhan. Perhitungan NPHR menggunakan acuan *ASME PTC PM 1993* [3] yang dapat dirumuskan melalui persamaan berikut:

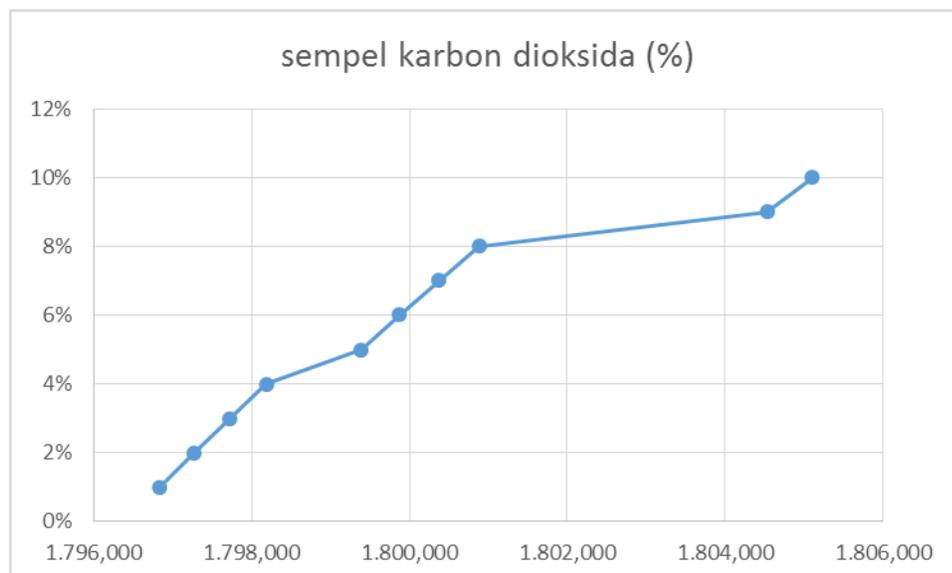
$$NPHR = \frac{\text{Total Energi Bahan Bakar}}{\text{produksi} - \text{pemakaian sendiri}}$$



Gambar.1 Diagram Alir

3.2 HASIL DAN PEMBAHASAN

- Pada Grafik 1 terlihat bahwa terdapatnya kandungan CO_2 dapat mempengaruhi nilai dari NPHR sebuah pembangkit. Semakin banyak kandungan CO_2 yang terdapat dalam bahan bakar maka semakin buruk nilai NPHR dan semakin rendah kandungan CO_2 yang terdapat dalam bakar maka semakin bagus nilai NPHR yang didapat.



Gambar.2 Grafik sampel kandungan CO₂ terhadap NPHR

- Pada tabel 1 terdapat berbagai sampel CO₂ dalam waktu pengiriman yang sama dan memiliki perbedaan pada pasokan kadar CO₂. Sehingga berdampak pada nilai NPHR. Contoh pada tanggal 15 november 2017 perusahaan PGN lebih unggul dari perusahaan CNOOC dengan selisih nilai NPHR sebesar 0,306. Tapi tidak dalam sisi keuntungan yang didapat oleh perusahaan. Dengan menggunakan perinsip ekonomi modal dikurang pemasukan.

Tabel.1 Data pengaruh CO₂ terhadap NPHR

tgl	sampel CO ₂		satuan	NPHR		satuan
	CNOOC	PGN		CNOOC	PGN	
15/11/2017	4,41	3,75	mol (%)	1.798,38	1.798,07	Kcal/kWh
26/11/2017	1,42	4,66	mol (%)	1.797,02	1.798,49	Kcal/kWh
12/10/2017	5,16	4,85	mol (%)	1.799,47	1.799,32	Kcal/kWh
28/12/2017	3,26	4,2	mol (%)	1.798,57	1.799,01	Kcal/kWh
09/01/2018	4,93	5,38	mol (%)	1.802,35	1.802,58	Kcal/kWh

- Pada tabel 2 terdapat harga kontrak dari kedua perusahaan pemasok dalam dollar per volume (MMBTU)[4]. Dimana yang akan dipakai untuk membandingkan dari sisi ekonomis dari kedua perusahaan pemasok. Jika dijadikan kedalam rupiah dengan nilai kurs Rp.13.756,- maka harga dari Perusahaan CNOOC Rp.92.165,20/MMBTU dan perusahaan PGN Rp.103.995,36/MMBTU. Dan dikalikan jumlah bahan bakar yang digunakan sebesar 90.000 mmbtu per hari sehingga mendapatkan harga gas dari PT. CNOOC Rp.8.294.868.000 dan dari PT. PGN Rp. 9.359.582.400,00

Tabel.2 Data harga gas dari perusahaan pemasok

Harga GAS	USD		Rupiah	
	Cnooc	PGN	Cnooc	PGN
MMBTU	6,7	7,56	Rp 92.165,20	Rp 103.995,36

90.000 MMBTU	603000	680400	Rp 8.294.868.000,00	Rp 9.359.582.400,00
-----------------	--------	--------	------------------------	------------------------

- pada tabel 3 terdapat nilai produksi dari konversi bahan bakar gas yang digunakan. Dalam penjualan hasil produksi listrik yang dihasilkan wajib dijual ke PT.PLN sebesar Rp.700/kWh sehingga PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Cilegon mendapat pemasukan pada tanggal 15 november 2017 sebesar Rp.8.601.081.712 dari PT. CNOOC dan Rp8.560.369.744 dari PT. PGN

Tabel.3 Data harga gas dari perusahaan pemasok

tgl	nilai produksi (kWh)	
	CNOOC	PGN
15/11/2017	12.354.466,6	12.439.767,9
26/11/2017	12.740.907,2	12.322.157,1
12/10/2017	12.257.533,4	12.297.599,1
28/12/2017	12.503.097,6	12.381.608,0
01/09/2018	12.287.259,6	12.229.099,6

- untuk melihat hasil bisnis penjualan yang didapatkan pada tanggal 15 november 2017 oleh PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Cilegon maka nilai dari pendapatan penjualan produksi (kWh) dikurangi nilai dari harga bahan bakar.

Tabel.4 Data laba rugi dalam penjualan listrik ke PT. PLN

harga jual produksi	Rp 8.601.081.712	Rp 8.560.369.744
harga gas (90.000 MMBTU)	Rp 8.294.868.000	Rp 9.359.582.400
laba rugi yang didapat	Rp 306.213.712	Rp (799.212.656)

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data secara kuantitatif dan kualitatif yang telah dilakukan maka dapat diperoleh

kesimpulan sebagai berikut ;

- Semakin besar kadungan CO₂ yang dikirim oleh perusahaan pemasok mengakibatkan nilai NPHR menjadi naik menjadikan efisiensi menjadi rendah dan tidak bagus.
- PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Cilegon mendapat nilai profit jika menggunakan perusahaan pemasok dari PT.CNOOC sebesar Rp.306.213.712.
- PT. Indonesia Power Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Cilegon mendapat kerugian jika menggunakan perusahaan pemasok dari PT.PGN sebesar Rp.306.213.712.
- PT. CNOOC lebih unggul dari PT. PGN dari sisi nilai kilokalori yang dihasilkan, produksi kilowatt jam dan profit yang didapatkan oleh PT. Indonesia Power UJP PLTGU CLG.

Daftar Pustaka

- [1] ESDM, *Statistik Ketenagalistrikan 2015*. 2016.
- [2] Memahami pemanfaatan gas sebagai bahan bakar. 2013: Direktorat Jenderal MiGas.
- [3] *American Society of Mechanical Engineer Perfomance Test Codes PM 1993*
- [4] Harga Gas Acuan (HGA) dan Harga Patokan Gas (HPG) 2017, Direktorat Jenderal MiGas

KAJIAN PREDIKSI SISA UMUR PADA KOMPONEN BERTEKANAN HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR

Hamzah Abdul Majid¹, Dewin Purnama, Andi Ulfiana

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

Telp : 021 7863530 Fax : 021 7863530

¹hamuza.ajid@gmail.com

Abstrak

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) merupakan ketel uap yang dapat memanfaatkan energi panas sisa gas buang dari suatu unit turbin gas untuk memanaskan air dan mengubahnya menjadi uap kering hingga dapat dipergunakan untuk menggerakkan turbin uap di industri pembangkit listrik gas dan uap (PLTGU). Dengan memanfaatkan sistem HRSG maka heat rate pun dapat ditekan sehingga menjadikan PLTGU sebagai pembangkit yang umumnya memenuhi beban dasar konsumen serta beroperasi secara terus-menerus. Namun operasi yang terus-menerus dapat mengakibatkan tingginya waktu kontak antara fluida dengan material sehingga terjadi korosi dan berujung pada pengikisan ketebalan. Inspeksi dan kajian sisa umur komponen bertekanan pada HRSG dilakukan dalam rangka mengetahui kondisi terkini sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan fatal seperti kebocoran pada saat unit beroperasi akibat telah mencapai batas minimal ketebalannya. Pengujian dilakukan dengan teknik non destructive test yaitu ultrasonic thickness test - DM5E thickness gauge. Sisa umur komponen bertekanan pada HRSG diperkirakan dengan mengasumsi laju penipisan yang konstan terhadap nilai ketebalan aktual hingga mencapai batas ketebalan minimalnya. Ketebalan minimal dihitung dengan menggunakan standar ASME B31.1 tentang Power Piping dengan data variabel faktor pengoreksi dari standar yang sama serta maximum allowable stress dari standar ASME Boiler and Vessel Pressure Section II Part D. Berdasarkan hasil kajian, diketahui bahwa komponen yang memiliki umur terpendek saat ini yaitu pada HP Economiser 1RH Inlet dengan prediksi umur sisa yaitu 3,91 tahun akibat laju penipisan sebesar 0,11 mm/tahun sedangkan komponen yang memiliki umur terpanjang saat ini yaitu pada IP Evaporator Outlet dengan prediksi umur sisa yaitu 25,39 tahun akibat laju penipisan sebesar 0,086 mm/tahun.

Kata kunci: Sisa umur, HRSG, ketebalan, laju penipisan, korosi

Abstract

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) is a steam boiler used to reuse heat energy of exhaust gas from gas turbine unit to boiling water and changing the phase into dry steam then could be use to rotating the steam turbine in combine cycle power plant (CCPP). By using HRSG system, heat rate could be pressed then make PLTGU as a power plant which generally supplies consumer's base load and operate continuously. However continuous operation could cause high contact time between the fluid and the material, then corrosion occurs and leads to the erosion of the thickness. Inspection and remaining lifetime assessment of HRSG's pressurized component done to know the latest condition then the fatal accident like leakage because has reach the thickness limit when unit operated could be prevented. The inspection done by non destructive test, ultrasonic thickness test by DM5E thickness gauge. Remaining lifetime of HRSG's pressurized component predicted by assume the constant depletion rate at the actual thickness till reach the thickness limit. The thickness limit calculated by standard ASME B31.1 about Power Piping with correction factor from same standard and maximum allowable stress from standard ASME Boiler and Vessel Pressure Section II Part D as variable data. The assessment result says that the shortest remaining lifetime now is HP Economiser 1RH Inlet with prediction remain lifetime 3,91 years because of the depletion rate at 0,11 mm/years and the longest remaining lifetime now is IP Evaporator Outlet with prediction remaining lifetime 25,39 years because of the depletion rate at 0,086 mm/years.

Keywords: Remaining lifetime, HRSG, thickness, depletion rate, corrosion

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Seiring dengan peningkatan daya guna masyarakat terhadap teknologi menyebabkan kebutuhan akan energi listrik pun terus meningkat. Namun hingga saat ini, pembangkit listrik yang beroperasi di Indonesia masih didominasi oleh pembangkit berbahan bakar fosil yang dasarnya merupakan energi tak terbarukan yang dapat habis dikemudian hari. PLTGU (Pembangkit Listrik Gas dan Uap) menjadi pilihan terbaik dalam kategori pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang ramah lingkungan dan efisien bahan bakar. Dengan Heat Recovery Steam Generator (HRSG), panas dari gas buang pada turbin gas dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air hingga menjadi uap kering

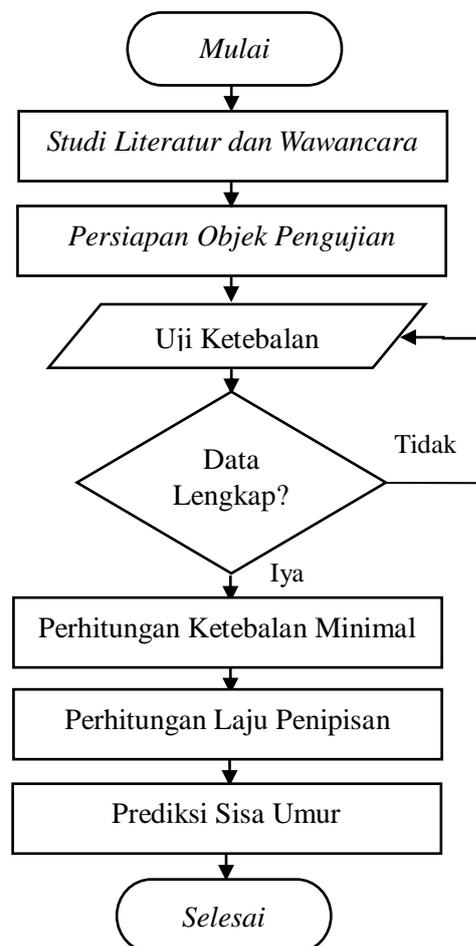
seperti pada sistem boiler di PLTU.^[1] Komponen yang beroperasi pada suhu tinggi umumnya dioperasikan pada suhu 0,4 – 0,5 kali titik cair dari bahan tersebut dalam derajat Kelvin, dengan batasan umur desain hingga 300.000 jam (boiler) dan tentu harus dioperasikan dalam kondisi yang aman. Pada kenyataannya tidak sedikit komponen yang beroperasi pada suhu tinggi meledak sebelum umur desainnya tercapai, sehingga mengakibatkan kecelekaan yang berujung kerugian yang cukup besar. Demi menghindari kejadian tersebut, maka sumber penyebab maupun gejala kerusakan harus ditemukan sedini mungkin^[2]. Sejak pertama kali dioperasikan pada tahun 2011, HRSG PLTGU PT. X belum pernah dilakukan perhitungan sisa umur. Perhitungan sisa umur sangat diperlukan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya kerusakan fatal seperti kebocoran akibat telah mencapainya batas tebal minimum ketika unit beroperasi. Penelitian sebelumnya oleh I. Hatta menjelaskan bahwa kajian prediksi sisa umur pada pipa boiler dapat dilakukan dengan beberapa pengujian *non destructive test* sehingga tidak perlu dilakukan *destructive test* pada objek uji yang memang tidak memungkinkan dilakukan pengambilan sampel akibat tidak adanya komponen pengganti^[3].

2. Tujuan

- Mengetahui kondisi ketebalan terbaru dari komponen bertekanan HRSG
- Mengetahui batasan ketebalan minimal dari komponen bertekanan HRSG
- Mengetahui laju penipisan dari komponen bertekanan HRSG
- Mengetahui prediksi sisa umur dari komponen bertekanan HRSG

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengujian *non destructive test* jenis *ultrasonic thickness test*. Pengujian HRSG PLTGU PT. X dilakukan bersama dengan tim assessment HRSG dengan alat yang digunakan yaitu *thickness gauge DM5E* dari *General Electric*.



Gambar.1 Diagram Alir Penelitian

Kajian prediksi sisa umur dilakukan dengan mengasumsikan laju penipisan yang konstan hingga mencapai batas minimal ketebalannya seperti yang terdapat pada *API 570 tentang Inspection, Repair, Alteration, and Rerating of In-Service Piping System*. Batas minimal ketebalan mengacu pada standar *ASME B31.1 tentang Power Piping bagian straight pipe under internal pressure* dengan data variabel *maximum allowable stress* yang mengacu pada *ASME Boiler and Pressure Vessel Section II Part D*.

Adapun langkah-langkah kajian prediksi sisa umur sebagai berikut :

1. Memperhitungkan *maximum allowable stress* pada setiap jenis material yang digunakan, dalam hal ini digunakan metode interpolasi dengan temperatur desain untuk menyesuaikan data yang terdapat pada standar dengan data pada desain. Standar yang digunakan yaitu ASME tentang *Boiler and Pressure Vessel Section II Part D*.
2. Menentukan faktor koreksi yang disesuaikan dengan temperatur kerjanya

**TABLE 104.1.2(A)
VALUES OF *y***

Temperature, °F	900 and Below	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250 and Above
Temperature, °C	482 and Below	510	538	566	593	621	649	677 and Above
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
Nickel Alloys UNS Nos. N08800, N08810, N08825	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7

Gambar.2 Faktor koreksi ketebalan minimal^[4]

3. Memperhitungkan nilai tebal minimal pada setiap material benda uji^[4]

$$tm = \frac{P \cdot Do}{2(SE + P \cdot y)} + A \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Keterangan :

- tm* = Thickness minimum [mm]
P = Internal design pressure [MPa]
Do = Diameter outer [mm]
SE = Maximum allowable stress [MPa]
y = Correction Factor
A = Addition Thickness [mm]

4. Memperhitungkan laju penipisan berdasarkan perubahan ketebalan terhadap waktu operasi^[5]

$$\text{Laju Penipisan} \left(\frac{\text{mm}}{\text{tahun}} \right) = \frac{\text{Tebal Desain (mm)} - \text{Tebal Ukur (mm)}}{\text{Waktu Operasi (tahun)}} \quad \text{[Persamaan.2]}$$

5. Memperhitungkan prediksi sisa umur berdasarkan jarak nilai antara tebal aktual dengan tebal minimum terhadap laju penipisan^[5]

$$\text{Sisa Umur} = \frac{\text{Tebal Ukur (mm)} - \text{Tebal Minimum (mm)}}{\text{Laju Penipisan} \left(\frac{\text{mm}}{\text{tahun}} \right)} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Desain

Sistem *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) yang digunakan pada PLTGU PT.X merupakan manufaktur dari Mitsubishi, data desain dibutuhkan sebagai variabel perhitungan batas tebal minimal.

Tabel.1 Data Desain^[6]

No	Komponen	Jenis Material	Tebal Desain [mm]	Diameter Luar [mm]	Tekanan Desain [Mpa]	Temperature Desain [°C]
1	HP Superheater 1RH Outlet	SA-213T12	4,90	38,1	14,12	471
2	HP Superheater 1RH Inlet	SA-213T12	4,90	38,1	14,12	471
3	HP Economiser 1RH Inlet	SA-210C	4,50	38,1	23,5	372
4	HP Economiser 1RH Outlet	SA-210C	4,50	38,1	23,5	372
5	HP Economiser 2RH Inlet	SA-210C	4,50	38,1	23,5	372
6	HP Economiser 3RH Outlet	SA-210C	4,50	38,1	23,5	372
7	HP Economiser 3RH Inlet	SA-210C	4,50	38,1	23,5	372
8	HP Evaporator Inlet	SA-210C	3,00	38,1	14,12	372
9	HP Evaporator Outlet	SA-210C	3,00	38,1	14,12	372
10	IP Superheater Inlet	SA-192	3,00	38,1	4,3	372
11	IP Superheater Outlet	SA-192	3,00	38,1	4,3	372
12	IP Evaporator Inlet	SA-192	3,00	38,1	4,3	372
13	IP Evaporator Outlet	SA-192	3,00	38,1	4,3	372
14	LP Evaporator Inlet	SA-192	3,00	38,1	1,0	372
15	LP Evaporator Outlet	SA-192	3,00	38,1	1,0	372

2. Data Operasi dan Variabel Perhitungan Tebal Minimal

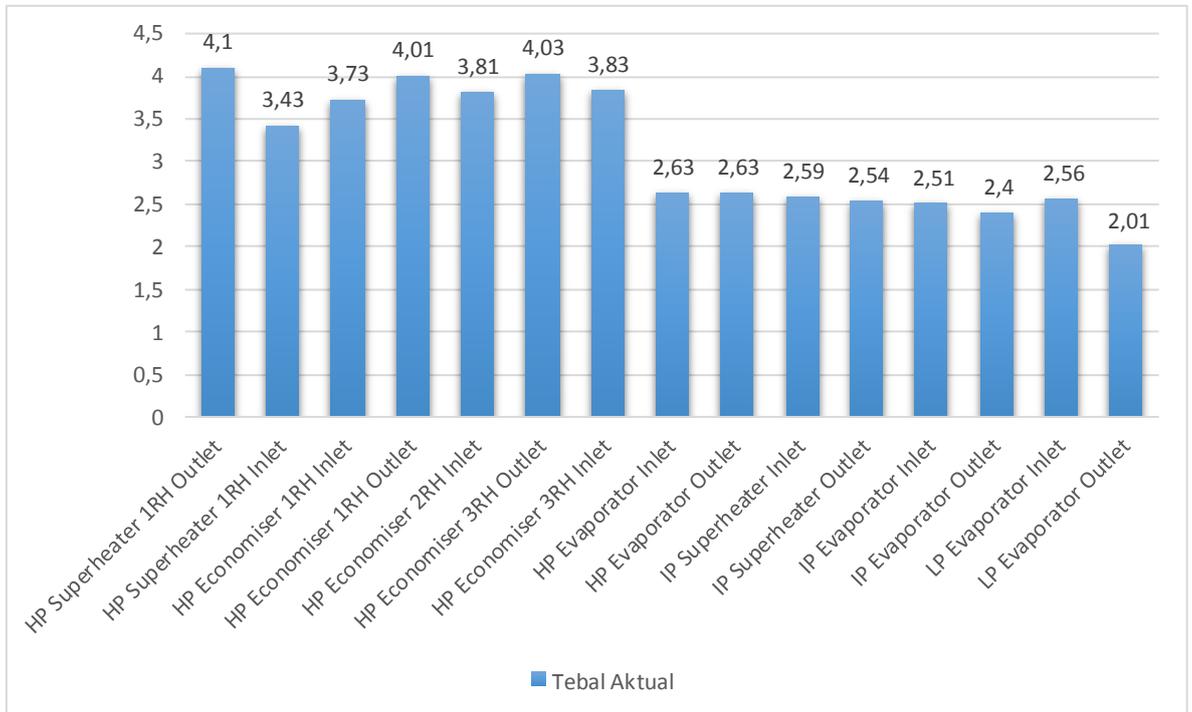
Maximum Allowable Stress ditentukan dengan metode interpolasi atas tekanan dan temperatur desain yang mengacu pada *ASME Boiler and Pressure Vessel Section II Part D* dan *correction factor* berdasarkan kondisi temperatur. Data pendukung diperlukan juga untuk menghitung batas tebal minimal.

Tabel.2 Data Operasi dan Variabel Perhitungan Tebal Minimal

No	Komponen	Waktu Operasi [tahun]	Max. Allowable Stress [MPa] ^[7]	<i>Correction Factor</i> ^[4]
1	HP Superheater 1RH Outlet	7,0	101,1	0,7
2	HP Superheater 1RH Inlet	7,0	101,1	0,7
3	HP Economiser 1RH Inlet	7,0	125,41	0,4
4	HP Economiser 1RH Outlet	7,0	125,41	0,4
5	HP Economiser 2RH Inlet	7,0	125,41	0,4
6	HP Economiser 3RH Outlet	7,0	125,41	0,4
7	HP Economiser 3RH Inlet	7,0	125,41	0,4
8	HP Evaporator Inlet	7,0	125,41	0,4
9	HP Evaporator Outlet	7,0	125,41	0,4
10	IP Superheater Inlet	7,0	85,12	0,4
11	IP Superheater Outlet	7,0	85,12	0,4
12	IP Evaporator Inlet	7,0	85,12	0,4
13	IP Evaporator Outlet	7,0	85,12	0,4
14	LP Evaporator Inlet	7,0	85,12	0,4
15	LP Evaporator Outlet	7,0	85,12	0,4

3. Data Pengujian

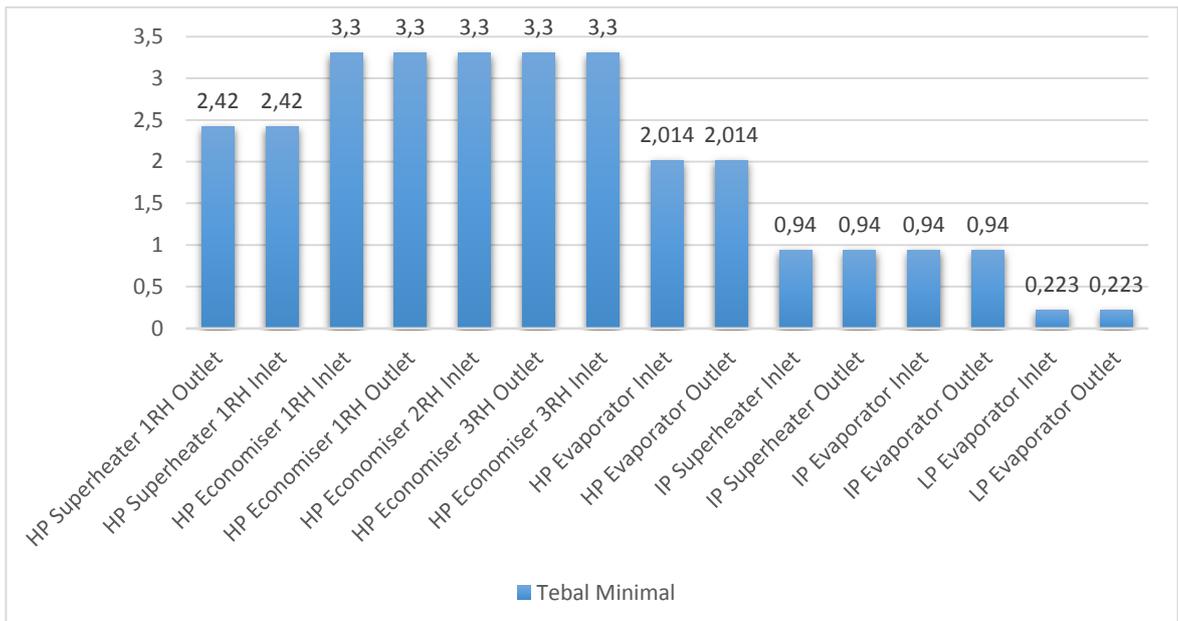
Pengujian ketebalan dilakukan dengan menggunakan *thickness gauge DM5E* dari *General Electric*. Dengan hasil pengujian ketebalan terkecil yaitu 2,01 [mm] pada LP *Evaporator Outlet* dan pengujian ketebalan terbesar yaitu 4,1 [mm] pada HP *Superheater 1RH Outlet*.



Gambar.3 Grafik Data Pengujian

4. Batas Minimal Ketebalan

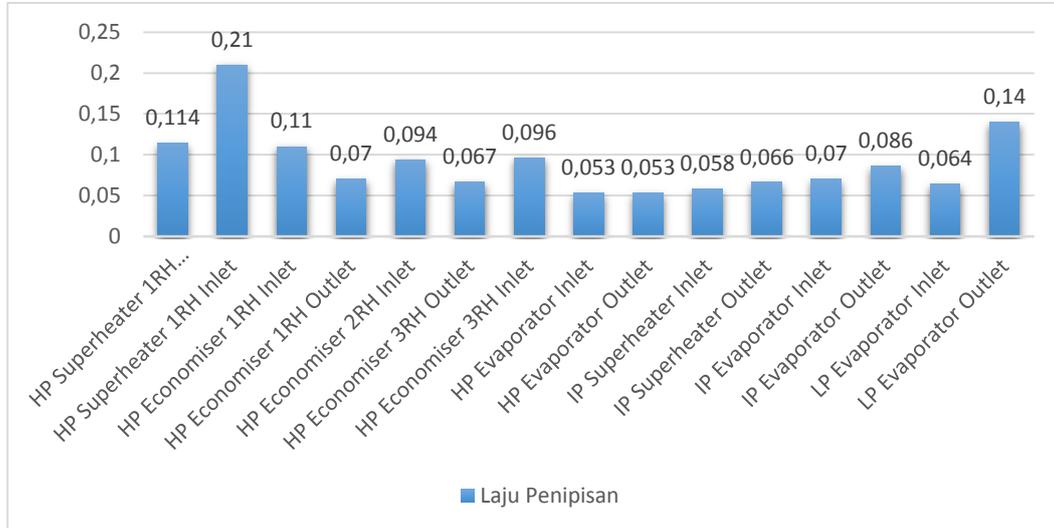
Batas minimal ketebalan dihitung dengan menggunakan persamaan.1. Berdasarkan hasil perhitungan batas minimal ketebalan tertinggi yaitu 3,3 [mm] dan batas minimal ketebalan terendah yaitu 0,223 [mm] seperti yang terdapat pada gambar.4.



Gambar.4 Grafik Batas Minimal Ketebalan

5. Laju Penipisan

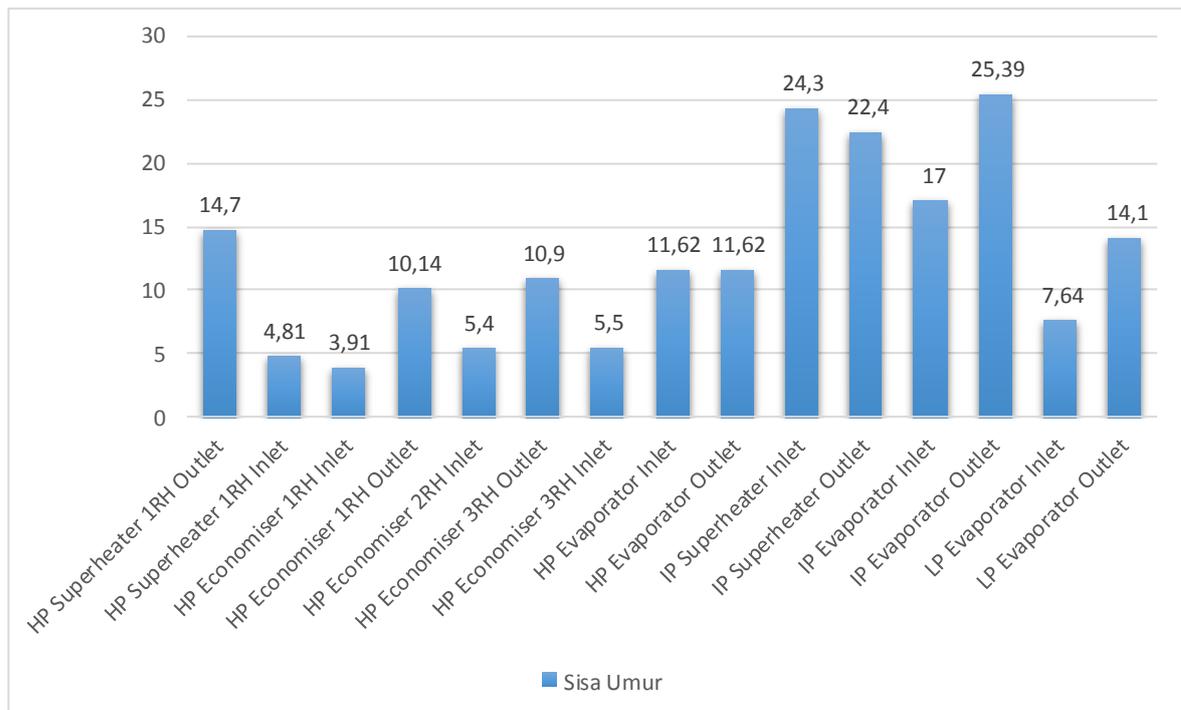
Dengan mengasumsikan laju penipisan yang konstan sejak tujuh tahun beroperasi menggunakan persamaan.2, maka diketahui bahwa laju penipisan tercepat yaitu 0,21 [mm/tahun] pada hp *Superheater 1RH Inlet* dan laju penipisan terlambat yaitu 0,053 [mm/tahun] pada HP *Evaporator Inlet* dan HP *Evaporator Outlet*.



Gambar.5 Grafik Laju Penipisan

6. Prediksi Sisa Umur

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan.3 maka diperoleh bahwa HP *Economiser 1RH Inlet* diprediksikan memiliki sisa umur terendah yaitu 3,91 [tahun] dan IP *Evaporator Outlet* diprediksikan memiliki sisa umur tertinggi yaitu 25,39 [tahun].



Gambar.6 Grafik Batas Minimal Ketebalan

IV. KESIMPULAN

- a. Hasil pengujian ketebalan menunjukkan bahwa pengujian ketebalan terkecil yaitu 2,01 [mm] pada LP *Evaporator Outlet* dan pengujian ketebalan terbesar yaitu 4,1 [mm] pada HP *Superheater 1RH Outlet*
- b. Penipisan terjadi akibat adanya korosi erosi pada komponen bertekanan HRSG, dengan mengasumsikan laju penipisan yang konstan diketahui bahwa laju penipisan tercepat yaitu 0,21 [mm/tahun] pada *Superheater 1RH Inlet* dan laju penipisan terlambat yaitu 0,053 [mm/tahun] pada HP *Evaporator 1RH Inlet* dan *Outlet*.
- c. Perhitungan sisa umur memprediksikan bahwa HP *Economiser 1RH Inlet* merupakan komponen bertekanan HRSG PLTGU PT. X yang memiliki sisa umur terendah yaitu 3,91 [tahun], karena diprediksikan sudah mendekati batas tebal minimalnya maka sebaiknya dapat diganti pada inspeksi HRSG periode berikutnya untuk menghindari terjadinya kemungkinan kegagalan seperti kebocoran pipa.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, Teori Dasar HRSG. Jakarta : PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan, 2014
- [2] H, Ilham, Kajian Standar Uji Tanpa Merusak Untuk Memprediksikan Sisa Umur Pipa / Tubes Boiler Dan Reformer. Jakarta : Prosiding PPI Standarisasi 2009, 2009
- [3] H, Ilham, Teknik Pengkajian Sisa Umur Pipa Yang Telah Beroperasi Pada Suhu Tinggi. Tangerang Selatan : Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, 2011
- [4] ASME B 31.1, *Power Piping*. The American Society of Mechanical Engineers. 2001
- [5] API 510, *Pressure Vessel Inspection Code : Maintenance Inspection, Rating, Repair, and Alteration*, The American Petroleum Institute.2001
- [6] MHI, Design Manual – Main Plant Equipment Features Volume-3. Jakarta : Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, 2011
- [7] ASME Section II Part D, *Boiler and Pressure Vessel Code (Properties)*. The American Society of Mechanical Engineers. 2015

Analisis Pengaruh *HPH Out Service* terhadap Efisiensi Isentropik Turbin PLTU Indramayu Unit 2

Chandra Dewi Madyaratri; Johnes Oscar; Budi Santoso; Moch. Syujak

Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,

Kampus Baru UI Depok, 16425, Indonesia,

Telp: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530, e-mail: johnesoscar@gmail.com

Abstrak

PLTU Indramayu memiliki dua jenis *Feedwater Heater* berdasarkan tekanannya, yaitu *Low Pressure Heater*, dan *High Pressure Heater*. Masing-masing memiliki fungsi untuk meningkatkan temperatur *feedwater* sebelum memasuki *Boiler*. Pada tanggal 27-28 Agustus 2017, *high pressure heater* yang ada di PLTU Indramayu Unit 2 mengalami *out service*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh *high pressure heater Out Service* terhadap nilai efisiensi isentropik turbin dan laju alir batubara. Dengan melakukan pengumpulan data dan mengolahnya dengan aplikasi *Microsoft Excel* dan aplikasi *PEPSE Steam Tables* maka diperoleh nilai efisiensi isentropik masing-masing turbin. Hasil analisis dan perhitungan yang didapat menunjukkan saat *high pressure heater out service* menyebabkan penurunan efisiensi isentropik pada *High Pressure Turbine* dan *Intermediate Pressure Turbine* yaitu menjadi 76,92556222% dan 82,56743144% sedangkan saat *high pressure heater in service*, efisiensi isentropik pada *High Pressure Turbine* dan *Intermediate Pressure Turbine* adalah 81,92740435% dan 84,03605464%. *High pressure heater out service* juga menyebabkan operasional laju alir batubara meningkat dari 137.380 [kg/jam] menjadi 148.300 [kg/jam].

Kata kunci: *High pressure heater, out service, efisiensi isentropik turbin.*

Abstract

Indramayu Steam Powerplant has two kind of *Feedwater Heaters* based on the pressure, there are *Low Pressure Heater* and *High Pressure Heater*. Each have the same function to increase the temperature of *feedwater* before entering the *Boiler*. On August 27th until August 28th, 2017, the *high pressure heater* in Indramayu Steam Powerplant unit number 2 was in *Out Service*. The purpose of this research is to discover the impact of the *out service* of *high pressure heater* to turbine isentropic efficiency and the coal flow rate. With collecting datas and processing the datas with *Microsot Excel* and *PEPSE Steam Tables* application, the value of isentropic efficiency on each turbines will be obtained. The result of the analysis and calculation shows the *out service* of *high pressure heater* causing the turbine isentropic efficiency of *High Pressure Turbine* and *Intermediate Pressure Turbine* have decreased into 76,92556222% and 82,56743144%, meanwhile in *in service* the turbine isentropic efficiency of *high pressure turbine* and *intermediate pressure turbine* was 81,92740435% and 84,03605464%. The *out service* also causing the operational coal flow rate increased from 137.380 [kg/h] into 148.300 [kg/h].

Keywords: *High pressure heater, out service, turbine isentropic efficiency.*

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Air pengisi *Boiler (Boiler Feedwater System)* yang akan disiapkan untuk mengisi *boiler* akan dipanaskan terlebih dahulu oleh *Feedwater Heater* agar temperatur air yang akan mengisi *boiler* berada pada temperatur yang sesuai dengan acuan operasi sehingga air pengisi tersebut tidak perlu dipanaskan lebih lama lagi di dalam *boiler*. Hal ini dapat menghemat penggunaan batubara. PLTU Indramayu memiliki dua jenis *feedwater heater*, yaitu *Low Pressure Heater (LPH)*, dan *High Pressure Heater (HPH)*. *Low pressure heater* memanaskan air pengisi *boiler* yang dibawa keluar dari *Gland Steam Condenser* dan akan dibawa ke *Daearator*. Setelah itu air pengisi akan dipompa oleh *Boiler Feedwater Pump* untuk masuk ke dalam *boiler*, namun sebelumnya air pengisi akan dipanaskan lagi di dalam *high pressure heater*. PLTU Indramayu memiliki tiga jenis *high pressure heater*, yaitu *High Pressure Heater 6*, *High Pressure Heater 6 Steam Cooler*, dan *High Pressure Heater 7*. Ketiganya bekerja untuk memanaskan air pengisi *boiler* agar memiliki temperatur yang tinggi sebelum masuk ke dalam *boiler* lewat *Economizer*. Seiring berjalannya waktu,

high pressure heater mengalami beberapa masalah, sehingga menyebabkan *high pressure heater* mengalami *Out Service*. Mengingat pentingnya peran *high pressure heater*, maka dalam tulisan ini akan dilakukan analisis pengaruh *high pressure heater out service* di PLTU Indramayu Unit 2 pada tanggal 27-28 Agustus 2017 terhadap nilai efisiensi isentropik turbin dan laju alir batubara.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan temuan kasus yang terjadi di PLTU Indramayu Unit 2, yaitu terjadinya *Out Service* pada *High Pressure Heater 7* dan *High Pressure Heater 6 Steam Cooler*. Akibat dari temuan kasus ini penulis melakukan studi literatur sesuai dengan temuan kasus, yang selanjutnya ditindaklanjuti dengan melakukan konsultasi dengan bagian Pemeliharaan dan Perencanaan Pengendalian Operasi di PLTU Indramayu terkait masalah pada pembangkit secara berkesinambungan, khususnya pada *High Pressure Heater*.

Tahap selanjutnya, penulis melakukan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan yaitu data yang akan digunakan untuk menghitung efisiensi isentropik masing-masing turbin saat *high pressure heater out service* pada tanggal 28 Agustus 2017 dan saat *high pressure heater in service* pada tanggal 29 Agustus 2017 yang didapat dari bagian Perencanaan Pengendalian Operasi di PLTU Indramayu. Apabila data sudah lengkap, maka dapat dilanjutkan ke tahap pengolahan data, apabila belum, pengumpulan data dilakukan kembali.

Data yang telah dikumpulkan dengan lengkap diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel* dengan bantuan aplikasi *PEPSE Steam Tables* beserta rumus. Data utama yang digunakan untuk perhitungan efisiensi isentropik masing-masing turbin adalah entalpi dan entropi yang didapat dari temperatur dan tekanan hasil olah data dengan aplikasi *PEPSE Steam Tables*. Perhitungan efisiensi isentropik masing-masing turbin dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\eta_{Turbine} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)^{[1]}$$

Keterangan

- η : Efisiensi
- h_1 (kj/kg) : Entalpi yang masuk ke *HP Turbine*
- h_2 (kj/kg) : Entalpi keluar dari *HP Turbine* (aktual)
- h_{2s} (kj/kg) : Entalpi keluar dari *HP Turbine* (isentropik)

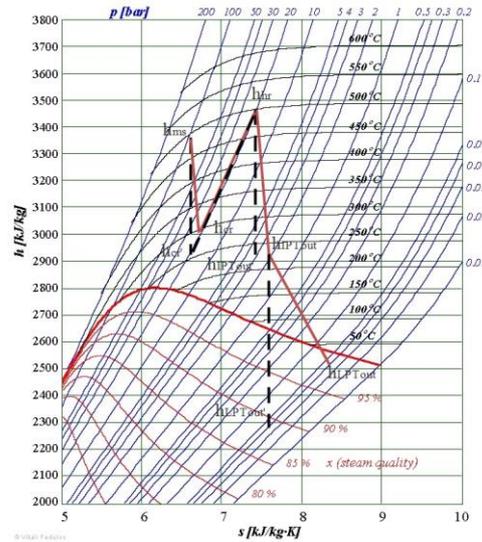
$$\eta_{HP Turbine} = \frac{h_{ms} - h_{cr}}{h_{ms} - h_{cr}'} \times 100\% \dots\dots\dots (2)^{[2]}$$

$$\eta_{IP Turbine} = \frac{h_{hr} - h_{IPTout}}{h_{hr} - h_{IPTout}'} \times 100\% \dots\dots\dots (3)^{[2]}$$

$$\eta_{LP Turbine} = \frac{h_{IPTout} - h_{LPTout}}{h_{IPTout} - h_{LPTout}'} \times 100\% \dots\dots\dots (4)^{[2]}$$

Keterangan

- η : Efisiensi [%]
- h_{ms} : *Main Steam Enthalpy* (masuk *HP turbine*) [kj/kg]
- h_{cr} : *Cold Reheat Steam Enthalpy* (Aktual, keluar *HP turbine*) [kj/kg]
- h_{hr} : *Hot Reheat Steam Enthalpy* (masuk *IP turbine*) [kj/kg]
- h_{IPTout} : Entalpi keluar *IP Turbine* (aktual) dan entalpi masuk *LP Turbine* [kj/kg]
- h_{LPTout} : Entalpi keluar *LP Turbine* (aktual) [kj/kg]
- h_{cr}' : Entalpi keluar *HP Turbine* (isentropis) [kj/kg]
- h_{IPTout}' : Entalpi keluar *IP Turbine* (isentropis) [kj/kg]
- h_{LPTout}' : Entalpi keluar *LP Turbine* (isentropis) [kj/kg]



Gambar. 1 Diagram h - s ^[3]

Setelah selesai melakukan perhitungan pada nilai efisiensi isentropik turbin pada masing-masing turbin saat *high pressure heater out service* dan *in service* maka langkah selanjutnya adalah membuat analisis yang nantinya akan dibuat kesimpulan dari hasil penelitian ini sebagai penyelesaian akhir.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Parameter Turbin, *High Pressure Heater*, dan Laju Alir Batubara saat *High Pressure Heater Out Service*

Tabel. 1 Data Turbin saat *High Pressure Heater Out Service*

	Satuan	Saat HPH Out Service
Beban	MW	310,10
Main Steam Flow	t/h	886,40
Main Steam Temperatur	°C	538,70
Main Steam Pressure	MPa	17,28
Feedwater Flow	t/h	776,76667
Feedwater temperature	°C	183,20
BFP Outlet Pressure	MPa	18,65
Feedwater Pressure	MPa	18,39
Hot reheat temperature	°C	539,85
Hot reheat pressure	MPa	3,79
Cold reheat temperature	°C	342,50
Coldreheat pressure	MPa	3,99
IP turbine exhaust temperatur	°C	271,40
IP turbine exhaust pressure	MPa	0,41
LP turbine exhaust temperatur	°C	41,67
LP turbine exhaust pressure	KPa	7,98

Tabel. 2 Data *High Pressure Heater* saat *High Pressure Heater Out Service*

	Satuan	Saat HPH Out Service
Feedwater inlet economiser temperature	°C	183,20
HPH7 Outlet water temperature	°C	183,20
HPH7 drain temperature	°C	0,00
HPH6 outlet water temperature	°C	183,20
HPH6 drain temperature	°C	0,00
7TH Extraction steam temperature (HPH7)	°C	347,00
7TH extraction steam pressure (HPH7)	MPa	4,01
6TH Extraction steam temperature (SCOOILER)	°C	473,10
6TH extraction steam pressure (SCOOILER)	MPa	2,12

Tabel. 3 Data Laju Alir Batubara saat *High Pressure Heater Out Service*

	Satuan	Saat HPH Out Service
Laju alir batubara	kg/h	148.300

3.2 Data Parameter Turbin, *High Pressure Heater*, dan Laju Alir Batubara saat *High Pressure Heater In Service*

Tabel. 4 Data Turbin saat *High Pressure Heater In Service*

	Satuan	Saat HPH In Service
Beban	MW	309,90
Main Steam Flow	t/h	948,70
Main Steam Temperatur	°C	539,70
Main Steam Pressure	MPa	17,26
Feedwater Flow	t/h	949,93333
Feedwater temperature	°C	250,00
BFP Outlet Pressure	MPa	18,86
Feedwater Pressure	MPa	18,48
Hot reheat temperature	°C	524,65
Hot reheat pressure	MPa	3,72
Cold reheat temperature	°C	333,90
Coldreheat pressure	MPa	3,92
IP turbine exhaust temperatur	°C	257,70
IP turbine exhaust pressure	MPa	0,41
LP turbine exhaust temperatur	°C	41,47
LP turbine exhaust pressure	KPa	7,56

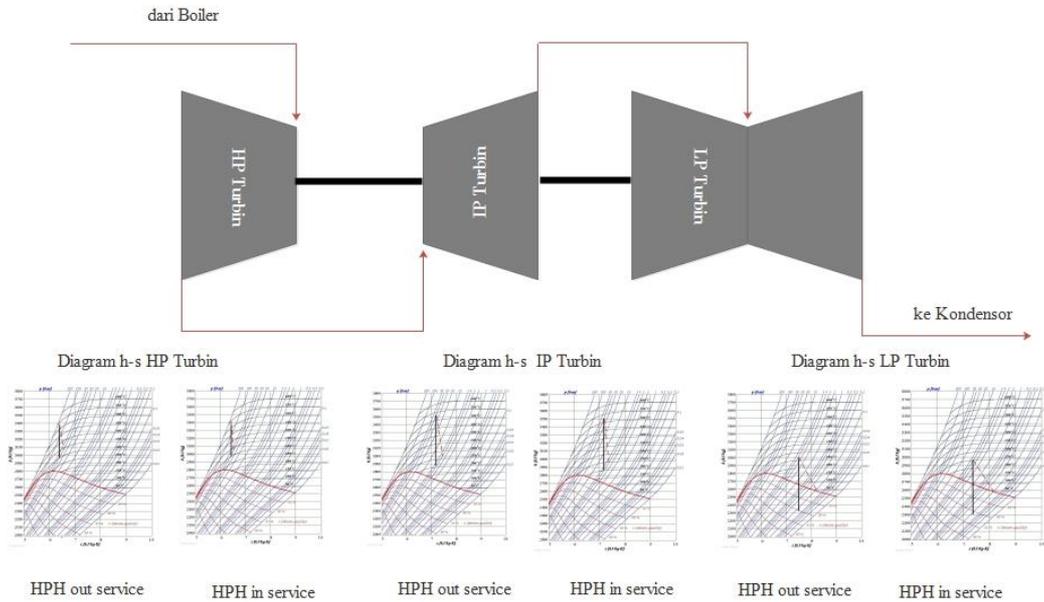
Tabel. 5 Data *High Pressure Heater* saat *High Pressure Heater In Service*

	Satuan	Saat HPH In Service
Feedwater inlet economiser temperature	°C	250,00
HPH7 Outlet water temperature	°C	246,80
HPH7 drain temperature	°C	215,50
HPH6 outlet water temperature	°C	208,70
HPH6 drain temperature	°C	186,90
7TH Extraction steam temperature (HPH7)	°C	338,80
7TH extraction steam pressure (HPH7)	MPa	3,90
6TH Extraction steam temperature (SCOOILER)	°C	446,10
6TH extraction steam pressure (SCOOILER)	MPa	1,95

Tabel. 6 Data Laju Alir Batubara saat *High Pressure Heater In Service*

	Satuan	Saat HPH In Service
Laju alir batubara	kg/h	137.380

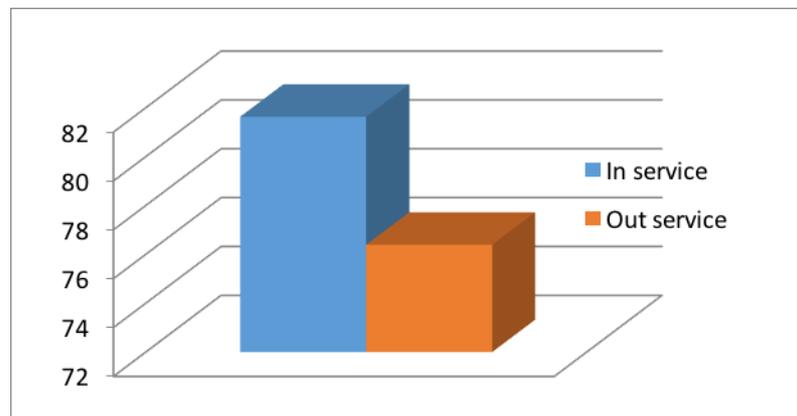
3.3 Efisiensi Isentropik Turbin saat *High Pressure Heater Out Service* dan *In Service*



Gambar. 2 Diagram *h-s* Masing-Masing Turbin saat *High Pressure Heater Out Service* dan *In Service*

3.4 Analisa Data

3.4.1 Efisiensi Isentropik Turbin *High Pressure Turbine*



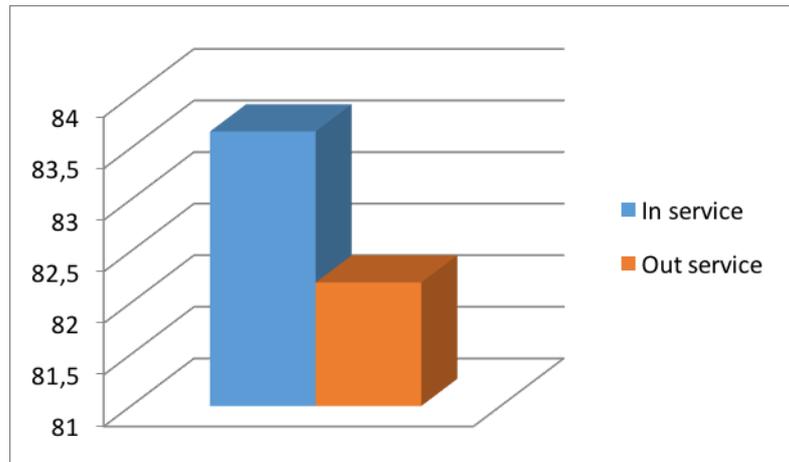
Gambar. 3 Grafik Efisiensi Isentropik Turbin *High Pressure Turbine*

Pada grafik di atas terlihat bahwa, saat kondisi *Out Service*, terjadi penurunan nilai efisiensi isentropik turbin pada *High Pressure Turbine*. Hal ini dikarenakan, saat *out service*, uap yang seharusnya diekstraksikan ke *High Pressure Heater 7* ditutup dan mengakibatkan temperatur keluar turbin lebih tinggi dibandingkan saat *High Pressure Heater In Service*.

Tabel. 7 Efisiensi Isentropik Turbin *High Pressure Turbine* saat *High Pressure Heater Out Service* dan *In Service*

	Out Service (%)	In Service (%)
$\eta_{HP Turbine}$	76,3932554	81,0688351

3.4.2 Efisiensi Isentropik Turbin *Intermediate Pressure Turbine*



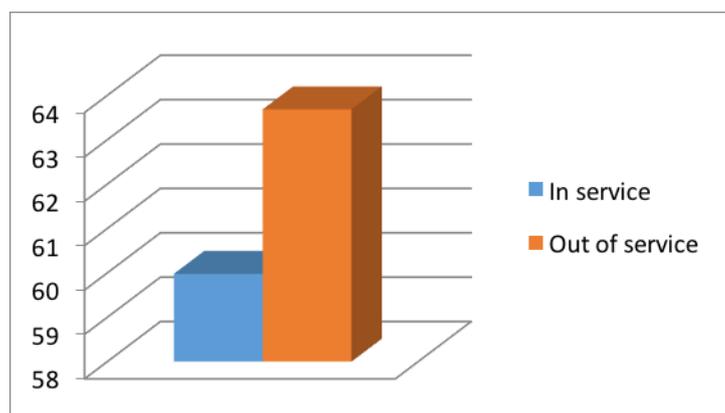
Gambar. 4 Grafik Efisiensi Isentropik Turbin *Intermediate Pressure Turbine*

Pada grafik di atas terlihat bahwa, saat kondisi *Out Service*, terjadi penurunan nilai efisiensi isentropik turbin pada *Intermediate Pressure Turbine*. Hal ini dikarenakan, uap yang seharusnya diekstraksikan ke *High Pressure Heater 6* ditutup dan mengakibatkan temperatur keluar turbin lebih tinggi dibandingkan saat *High Pressure Heater In Service*.

Tabel. 8 Efisiensi Isentropik Turbin *Intermediate Pressure Turbine* saat *High Pressure Heater Out Service* dan *In Service*

	Out Service (%)	In Service (%)
$\eta_{IP Turbine}$	82,19690529	83,66128191

3.4.3 Efisiensi Isentropik Turbin *Low Pressure Turbine*



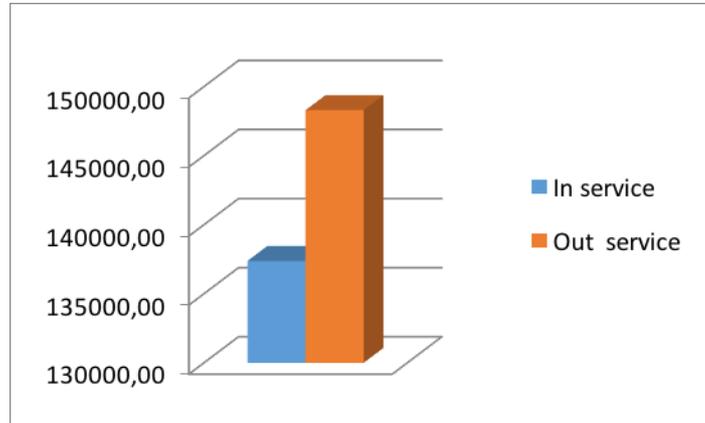
Gambar. 5 Grafik Efisiensi Isentropik Turbin *Low Pressure Turbine*

Pada grafik di atas terlihat bahwa, saat kondisi *Out Service*, terjadi kenaikan nilai efisiensi isentropik turbin pada *Low Pressure Turbine*. Hal ini dikarenakan, uap yang masuk ke *low pressure turbine* memiliki temperatur yang tinggi karena proses pengekstraksian uap pada turbin-turbin sebelumnya ditutup.

Tabel. 9 Efisiensi Isentropik Turbin *Low Pressure Turbine* saat *High Pressure Heater Out Service* dan *In Service*

	Out Service (%)	In Service (%)
$\eta_{LP Turbine}$	63,68461498	59,97958329

3.4.4 Laju Alir Batubara

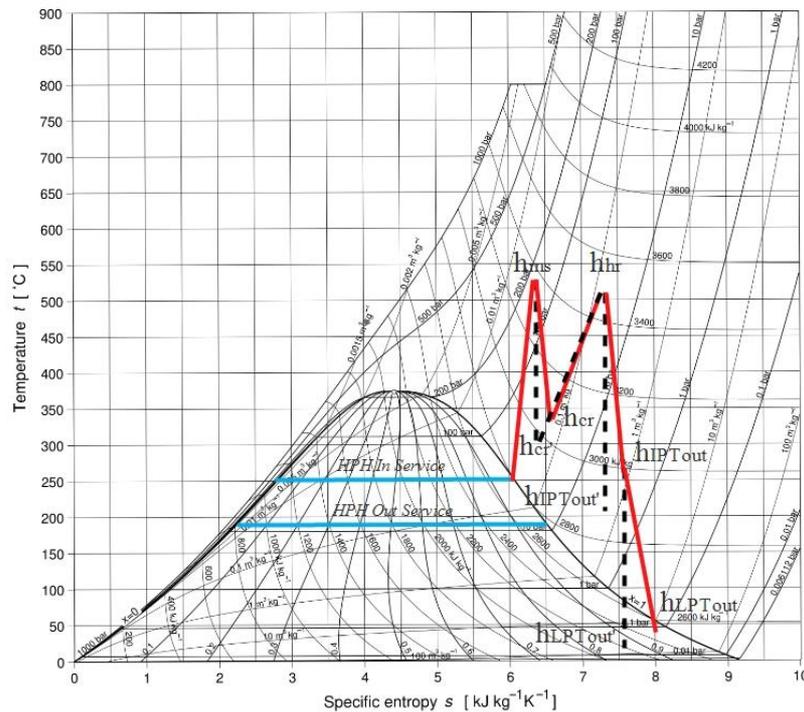


Gambar. 6 Grafik Laju Alir Batubara

Pada grafik di atas terlihat bahwa, saat kondisi *Out Service*, terjadi kenaikan laju alir batubara. Hal ini dikarenakan, saat *High Pressure Heater* mengalami *out service*, *Boiler* harus bekerja lebih keras untuk memanaskan *feedwater*, hingga mencapai temperatur sesuai standar operasi yang ditentukan, sebagai pengganti kerja dari *high pressure heater* sehingga menyebabkan laju alir batubara meningkat.

Tabel. 10 Laju Alir Batubara saat *High Pressure Heater Out Service* dan *In Service*

	Out Service (kg/h)	In Service (kg/h)
Laju Alir Batubara	148.300	137.380



Diagr. 2 Temperature-entropy diagram with lines of constant pressure, specific enthalpy, and specific volume.

Diagrams of the Properties of Water and Steam 349

Gambar. 7 Diagram $T-s^{(4)}$ Masing-Masing Turbin saat *High Pressure Heater Out Service* dan *In Service*

Pada diagram di atas terlihat bahwa, saat kondisi *Out Service*, terjadi penurunan temperatur *feedwater* sehingga menyebabkan terjadinya kenaikan laju alir batubara. Hal ini dikarenakan, saat *High Pressure Heater* mengalami *out service*, tidak ada ekstraksi uap yang menuju *High Pressure Heater 7* dan *High Pressure Heater 6 Steam Cooler*, sehingga *Boiler* harus bekerja lebih keras untuk memanaskan *feedwater* hingga mencapai temperatur yang sesuai dengan standar operasi yang ditentukan, sebagai pengganti kerja dari *high pressure heater* sehingga menyebabkan laju alir batubara meningkat.

Hasil analisis dan perhitungan yang didapat menunjukkan *high pressure heater out service* menyebabkan efisiensi isentropik pada *high pressure turbine* dan *intermediate pressure turbine* menurun dari 81,0688351% menjadi 76,3932554% dan dari 83,66128191% menjadi 82,19690529% namun efisiensi isentropik pada *low pressure turbine* meningkat dari 59,97958329% menjadi 63,68461498%. Laju alir batubara saat *high pressure heater out service* meningkat dari 137.380 kg/h menjadi 148.300 kg/h. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *high pressure heater out service* juga menyebabkan laju alir batubara meningkat.

IV. KESIMPULAN

1. *High Pressure Heater Out Service* menyebabkan efisiensi isentropik turbin pada *High Pressure Turbine* dan *Intermediate Pressure Turbine* menurun;
2. *High Pressure Heater Out* menyebabkan laju alir batubara meningkat guna memanaskan air pengisi pada *Boiler* sesuai kebutuhan operasi temperatur sebagai pengganti kerja *high pressure heater*.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] El-Wakil, M.M. 1985. *Powerplant Technology*, page 45. Singapore: McGraw-Hill Book Company;
- [2] Caraka, Eka Satya Adi dan Friyatna, Sukma Kiat. *Analisa Pengaruh High Pressure Heater No. 3 Out of Service terhadap Efisiensi Isentropik Turbin di Unit 2 PT. Indonesia Power UJP PLTU 2 Palabuhanratu*, Bab IV: 48-76. Depok: Politeknik Negeri Jakarta;
- [3] Energy KTH. *Heat and Power Technology*.
http://www.energy.kth.se/compedu/webcompedu/S1_Heat_and_Power_Technology/B2_Steam_Cycles/C2_Superheat_and_Reheat/ID40_files/h_s_diagram.htm. Diakses pada 24 Mei 2018;
- [4] Wagner, Wolf and Kretzschmar, 2008. Hans-Joachim. *International Steam Tables*, page 349. Germany: Springer

KAJIAN PENERAPAN TEKNOLOGI

PENGARUH STEAM TUBE DRYER PADA PENINGKATAN FUEL SAVING BAHAN BAKAR BATUBARA RENDAH

Michael Leonardo¹; Tatun Hayatun Nufus; Arifia Ekayuliana

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

¹michaeleonardo22@gmail.com

Abstrak

Saat ini banyak pembangkit listrik tidak mendapatkan batubara dengan kalori yang sesuai dengan desain awalnya. Hal ini terjadi karena batubara dengan kalori tinggi mahal dan lebih banyak diekspor ke luar negeri. Kondisi lain yang juga berpengaruh, menurut data ESDM tahun 2016 dari total cadangan batubara di Indonesia sebanyak 28.457,29 Juta Ton, hampir 50% adalah batubara dengan kalori rendah. Dua hal tersebut berdampak pada turunya kinerja pembangkit tenaga listrik (derating) dari sisi input (bahan bakar), karena daya maksimal dapat dihasilkan jika kualitas bahan bakar yang digunakan baik. Steam Tube Dryer merupakan salah satu teknologi pengering batubara yang dapat mengurangi kandungan moisture pada batubara kalori rendah. Selain Steam Tube Dryer, ada beberapa teknologi pengering batubara lain, seperti Fluidized Bed Coal Dryer, Pressurized Flash Dryer, dan Disc Dryer. Hal yang membedakan dari setiap teknologi pengering batubara tersebut adalah proses dan media pemanasnya. Steam Tube Dryer merupakan jenis alat pengering yang menggunakan indirect heating, dimana uap bertekanan rendah bisa digunakan sebagai sumber pemanasnya. Uap keluaran bisa didaur ulang sebagai air untuk umpan boiler. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya fuel saving batubara kalori rendah yang ditreatment menggunakan Steam Tube Dryer. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengambilan dan penghitungan data hasil uji di BPPT dan karakteristik batubara PLTU Pelabuhan Ratu dengan nilai total moisture 31% serta menggunakan standar uji yang sama, yakni ASTM. Hasil yang diperoleh dengan nilai heat rate dan netto daya yang dihasilkan sama, terjadi penurunan pemakaian batubara pada PLTU Pelabuhan Ratu jika batubara yang ada di-treatment menggunakan Steam Tube Dryer serta total fuel saving yang diperoleh dari hasil treatment adalah sebesar 24.87 t/h atau 14.83%.

Kata Kunci: Batubara Rendah, Fuel Saving, Kalori, Steam Tube Dryer, Total Moisture

Abstract

Currently many power plants do not get coal with calories that match with their original design. This happens because coal with high calorie is expensive and more is exported. The other conditions, according to Ministry of Energy And Mineral Resources's data in 2016 from total coal reserves in Indonesia of 28,457.29 million tons, almost 50% are low-calorie coal. These two things have an impact on the decreasing performance of power generation (derating) from the input side (fuel), because maximum power can be generated if the fuel quality is good. Steam Tube Dryer is one of the coal dryer technology that can reduce moisture content in low calorie coal. In addition to Steam Tube Dryer, there are several other coal dryer technologies, such as Fluidized Bed Coal Dryer, Pressurized Flash Dryer, and Disc Dryer. The different things of these coal dryer technologies is the process and the heating media. Steam Tube Dryer is a type of dryer that uses indirect heating, where low pressure steam can be used as a heating source. The output steam can be recycled as water for boiler feed. This study aims to determine the amount of fuel saving of low calorie coal that is treated using Steam Tube Dryer. The method used in this study is the collected and calculation of test results data in BPPT and coal characteristics of PLTU Pelabuhan Ratu with a total moisture value of 31% and using the same test standard, namely ASTM. The results showed with the same value of heat rate and net power produced, there is a decrease in the use of coal in Pelabuhan Ratu Steam Power Plant if the existing coal in the treatment using Steam Tube Dryer and total fuel saving obtained from the treatment is 24.87 t/h or 14.83 %.

Keywords: Low Rank Coal, Fuel Saving, Calori, Steam Tube Dryer, Total Moisture

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut data dari Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian ESDM tahun 2016, dari total cadangan batubara Indonesia sebanyak 28.457,29 Juta Ton, 50%-nya adalah batubara dengan kalori rendah sebanyak 14.229,74 Juta Ton, diikuti batubara kalori sedang 10.412,36 Juta Ton (36,5%), batubara kalori tinggi 3.310,80 Juta Ton (11,6%), dan batubara kalori sangat tinggi 504,39 Juta Ton (1,7%) [1].

Mengingat banyak pembangkit yang sudah dibangun dan akan dibangun menggunakan batubara kalori rendah, sementara batubara kalori sedang dan tinggi dapat dikatakan sedikit karena sudah diekspor dan memiliki kontrak jangka panjang antara tambang-tambang yang ada dengan

perusahaan tertentu, tentu hal ini akan berdampak terhadap kebutuhan batubara pembangkit yang sudah dibangun dan ketidakmampuan pembangkit listrik menghasilkan daya listrik yang optimal (*derating*) sesuai kapasitas desain boilernya apabila dioperasikan dengan batubara kalori rendah.

Beberapa upaya telah dilakukan untuk menangani permasalahan di atas, yakni dengan cara meningkatkan nilai kalori batubara melalui teknologi pengering batubara. In Seop Gwak *et al.* melakukan pengujian dengan menggunakan *Pressurized Flash Dryer*. Hasil yang diperoleh bahwa rasio pengeringan meningkat dengan meningkatnya suhu, selain itu rasio pengeringan meningkat seiring waktu tinggal pada suhu yang sama dengan total *moisture* yang hilang hampir 98% [2]. Seung-Hyun Moon *et al.* juga melakukan pengujian dengan menggunakan teknologi pengering *Disc Dryer*. Hasil pengujian menunjukkan kandungan *moisture* dari batubara kering diturunkan dengan meningkatkan suhu pelat pemanas. Kandungan *moisture* dari batubara yang dikeringkan menurun pada posisi pusat pelat, karena pada posisi tersebut pemanasan relatif meningkat [3].

Hal yang membedakan dari setiap teknologi pengering batubara tersebut adalah proses kerja dan media pemanasnya. *Steam Tube Dryer* merupakan teknologi pengering batubara yang menggunakan uap bertekanan rendah sebagai media pemanasnya. Hal yang membedakan dari setiap teknologi pengering batubara tersebut adalah proses kerja dan media pemanasnya. *Steam Tube Dryer* merupakan teknologi pengering batubara yang menggunakan uap bertekanan rendah sebagai media pemanasnya. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat mengetahui model kaitan antara peningkatan nilai kalori batubara rendah dengan *fuel saving* menggunakan teknologi pengering *Steam Tube Dryer*.

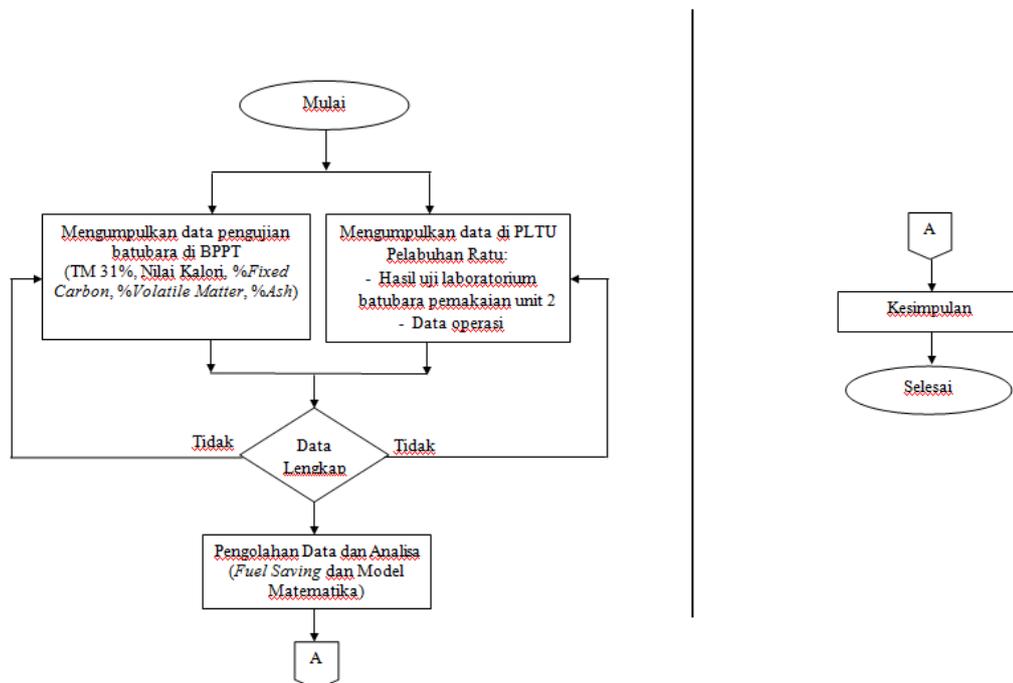
1.2 Rumusan Masalah

- a. Berapa *fuel saving* yang dihasilkan jika batubara kalori rendah ditreatment menggunakan *Steam Tube Dryer*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menentukan besarnya *fuel saving* batubara kalori rendah yang ditreatment menggunakan *Steam Tube Dryer*.

II. METODE PENELITIAN



Gambar.1 Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan data dengan dibantu analisis serta didukung teori mengenai batubara dan *coal dryer*. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data dari dua tempat, yakni BPPT dan PLTU Pelabuhan Ratu. Data yang dikumpulkan dari BPPT yakni batubara hasil pengujian yang telah dilakukan oleh pihak BPPT menggunakan *pilot plant Steam Tube Dryer* kapasitas 100 kg/h. Pengambilan data menggunakan batubara dengan nilai total moisture 31% dengan jenis batubara *Kideco Coal*. Pengambilan data pada PLTU Pelabuhan Ratu menggunakan hasil analisis laboratorium batubara pemakaian dan data operasi unit 2, seperti *heat rate* dan *day output*.

2.1 Perhitungan Total Moisture

Total *moisture* ialah seluruh jumlah air yang terdapat pada batubara dalam bentuk *inherent* dan *adherent* pada kondisi saat batubara tersebut diambil contohnya (*as sampled*) atau pada kondisi saat batubara tersebut diterima (*as received*) [4]. *Moisture* pada batubara bukanlah seluruh air yang terdapat di dalam batubara baik besar maupun kecil dan yang terbentuk dari penguraian batubara selama pemanasan [4]. Untuk menghitung persentase *total moisture* pada batubara, dapat menggunakan persamaan yang terdapat pada ASTM D3302M - 12. Nilai *total moisture* diperoleh dengan terlebih dahulu mengetahui nilai *residual moisture* dan *air dry loss* [5].

$$M = \left[\frac{R(100-ADL)}{100} \right] + ADL \quad [1]$$

Dimana:

M = Total moisture (%)

R = Residual moisture (%)

ADL = Air dry loss (%)

2.2 Perhitungan Residual Moisture

Residual moisture adalah *moisture* yang masih terperangkap di kapiler batubara dan akan menguap jika dipanaskan kembali pada suhu 105-110 °C. Nilai residual dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$R = \left[\frac{W-H}{W} \right] \times 100 \quad [2]$$

Dimana:

R = Residual moisture (%)

W = Berat sampel (gr)

H = Berat sampel setelah dipanaskan (gr)

2.3 Perhitungan Air Dry Loss

Air dry loss adalah jumlah air yang menguap apabila batubara yang diterima ataupun baru diambil, dikeringkan dalam ruangan terbuka, sampai diperoleh berat konstan [5]. Nilai *air dry loss* diperoleh menggunakan persamaan:

$$ADL = \left(\frac{L}{G} \right) \times 100 \quad [3]$$

Dimana:

ADL = Air dry loss (%)

L = Berat yang hilang saat pengeringan (gr)

G = Berat gross sampel (gr)

2.4 Perhitungan Heat Rate

Perhitungan *heat rate* digunakan untuk memberikan gambaran tentang seberapa besar efisiensi dari suatu pembangkit secara keseluruhan. Perhitungan *heat rate* menggunakan standar ASME PTC PM 1993, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Heat rate} = \frac{\text{Jumlah Bahan Bakar} \times \text{HHV}}{\text{Generator Output - Pemakaian Sendiri (PS)}} \quad [4]$$

2.5 Konversi Nilai Basis

Menurut ASTM D3180-15, terdapat beberapa basis yang digunakan dalam menghitung nilai *proximate analysis*, antara lain: *as-determined basis*, *as-received basis*, *dry-basis*, dan *dry, ash-free basis*. Cara perhitungan konversi dapat dilihat pada “Gambar.2” di bawah [5]:

Given	Wanted			
	As-Determined (ad)	As-Received (ar)	Dry (d)	Dry Ash-free (daf)
As-Determined (ad)		$\frac{100 - M_{ar}}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100}{100 - M_{ad} - A_{ad}}$
As-Received (ar)	$\frac{100 - M_{ad}}{100 - M_{ar}}$		$\frac{100}{100 - M_{ar}}$	$\frac{100}{100 - M_{ar} - A_{ar}}$
Dry (d)	$\frac{100 - M_{ad}}{100}$	$\frac{100 - M_{ar}}{100}$		$\frac{100}{100 - A_d}$
Dry Ash-free (daf)	$\frac{100 - M_{ad} - A_{ad}}{100}$	$\frac{100 - M_{ar} - A_{ar}}{100}$	$\frac{100 - A_d}{100}$	

Gambar.2 Konversi Nilai Basis

2.6 Metode Perhitungan Konversi

Contoh cara mengubah hasil analisis dari *as-determined basis* menjadi *as-received basis*, gunakan rumus:

$$Mar = \left[Mad \times \frac{100 - ADL}{100} \right] + ADL \quad [5]$$

$$ADL = 100 \times [1 - (100 - Mar)/(100 - Mad)] \quad [6]$$

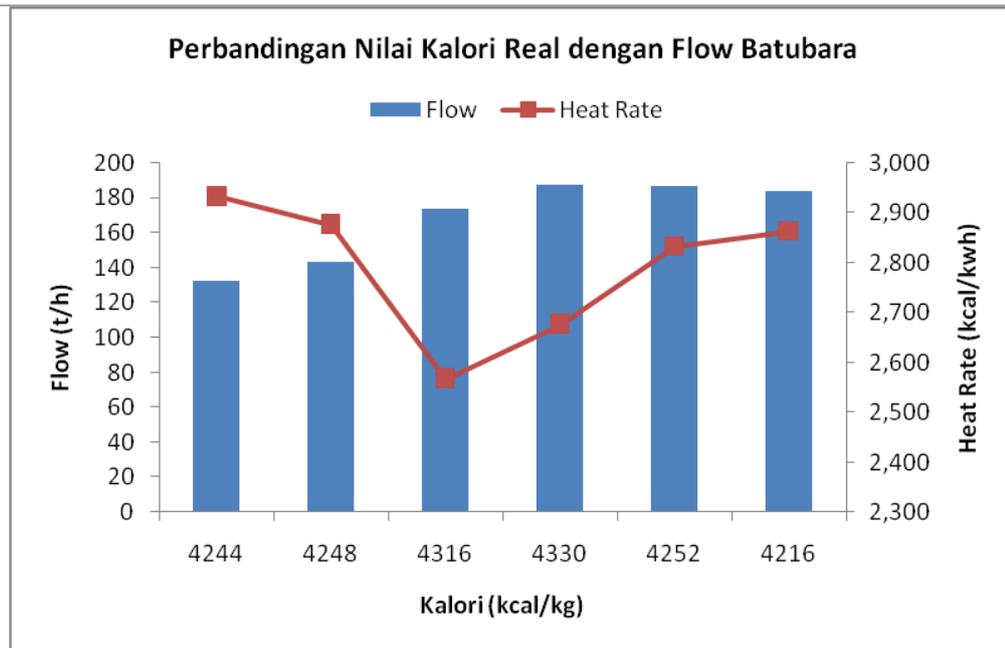
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Nilai Kalori *Real* dengan *Flow* Batubara

Tabel.1 Hasil Perhitungan Nilai Kalori *Real* dengan *Flow* Batubara

Netto (MWh)	Nilai Kalori (kcal/kg)	Heat Rate (kcal/kwh)	Flow (t/h)	Tanggal
4594	4244	2933	132.27	1 Januari 2108
5088	4248	2876	143.53	2 Januari 2018
7013	4316	2567	173.78	2 Februari 2018
7291	4330	2676	187.77	3 Februari 2018
6741	4252	2832	187.06	20 Februari 2018
6512	4216	2863	184.24	2 April 2018

Pada “Tabel.1”, nilai *netto* daya, kalori, dan *heat rate* diperoleh dari data operasi unit 2 PLTU Pelabuhan Ratu. Pemilihan nilai ketiga variabel tersebut didasarkan pada nilai kalori *real*/pemakaian yang dibandingkan dengan nilai *total moisture* dan kalori hasil pengujian *Steam Tube Dryer* di BPPT, Serpong, yakni TM 31% dengan nilai kalori 4248 kcal/kg. Dua nilai tersebut kemudian menjadi acuan untuk memilih nilai *moisture* dan kalori yang sama pada batubara pemakaian PLTU Pelabuhan Ratu, dengan nilai tolerir sebesar $\pm 3\%$. Setelah didapatkan nilai *total moisture* dan kalori yang mendekati nilai acuan, dihitung jumlah *flow* pemakaian batubara PLTU Pelabuhan Ratu dengan menggunakan rumus pada “Persamaan.4”, sehingga didapat nilai *flow* pemakaian batubara seperti tertera pada “Tabel.1”.



Gambar.3 Grafik Nilai Kalori *Real* dengan *Flow* Batubara

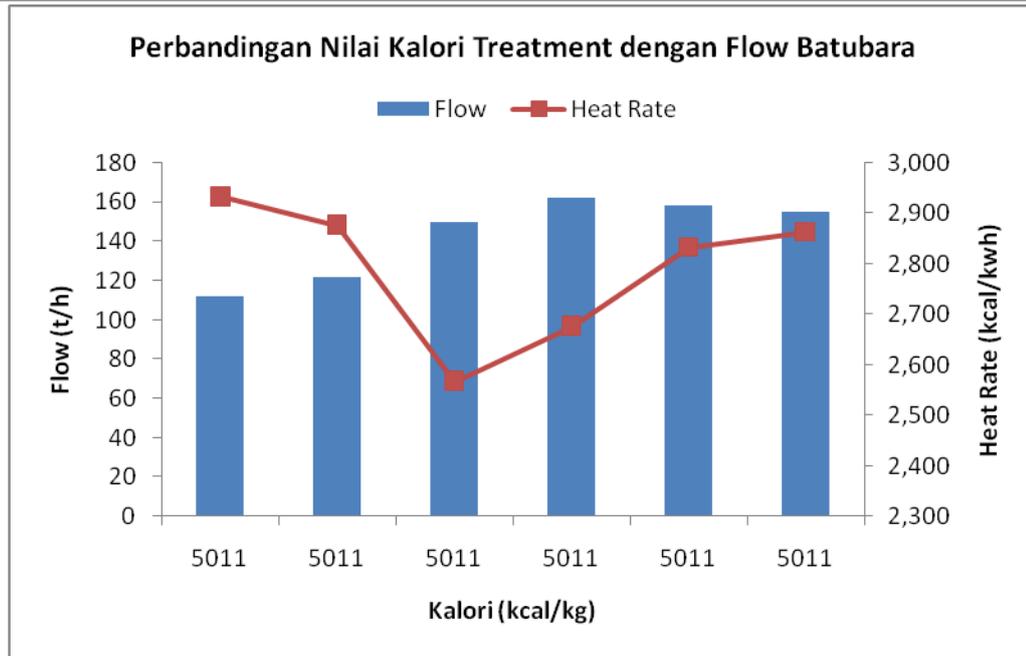
Berdasarkan “Gambar.3”, diperoleh nilai *flow* pemakaian batubara tertinggi berjumlah 187.77 t/h dengan nilai kalori batubara 4330 kcal/kg dengan *heat rate* sebesar 2676 kcal/kWh dan *netto* daya 7291 MWh. Jika dibandingkan dengan nilai kalori 4244 kcal/kg, nilai *flow* pemakaian batubara lebih kecil dibandingkan dengan nilai kalori 4330 kcal/kg, hal tersebut dapat terjadi karena nilai *flow* pemakaian dipengaruhi juga oleh nilai *heat rate* dan daya yang dibangkitkan.

3.2 Analisis Nilai Kalori *Treatment* dengan *Flow* Batubara

Tabel.4 Hasil Perhitungan Nilai Kalori *Treatment* dengan *Flow* Batubara

Netto (MWh)	Nilai Kalori (kcal/kg)	Heat Rate (kcal/kwh)	Flow (t/h)	Tanggal
4594	5011	2933	112.03	1 Januari 2108
5088	5011	2876	121.67	2 Januari 2018
7013	5011	2567	149.69	2 Februari 2018
7291	5011	2676	162.24	3 Februari 2018
6741	5011	2832	158.73	20 Februari 2018
6512	5011	2863	155.02	2 April 2018

Sama halnya dengan “Tabel.3”, pada “Tabel.4” ditampilkan nilai *netto* daya, kalori, dan *heat rate*. Hal yang membedakan adalah nilai kalori pada “Tabel.4” diperoleh dari hasil *treatment* batubara di BPPT, Serpong, sedangkan nilai *netto* daya dan *heat rate* tetap menggunakan data operasi unit 2 PLTU Pelabuhan Ratu. Nilai kalori 5011 kcal/kg didapat setelah dilakukan pengeringan menggunakan Steam Tube Dryer, dari nilai kalori awal sebesar 4248 kcal/kg. “Persamaan.4” kembali digunakan untuk mengetahui nilai *flow* pemakaian batubara unit 2 setelah batubara di-*treatment* menggunakan Steam Tube Dryer.



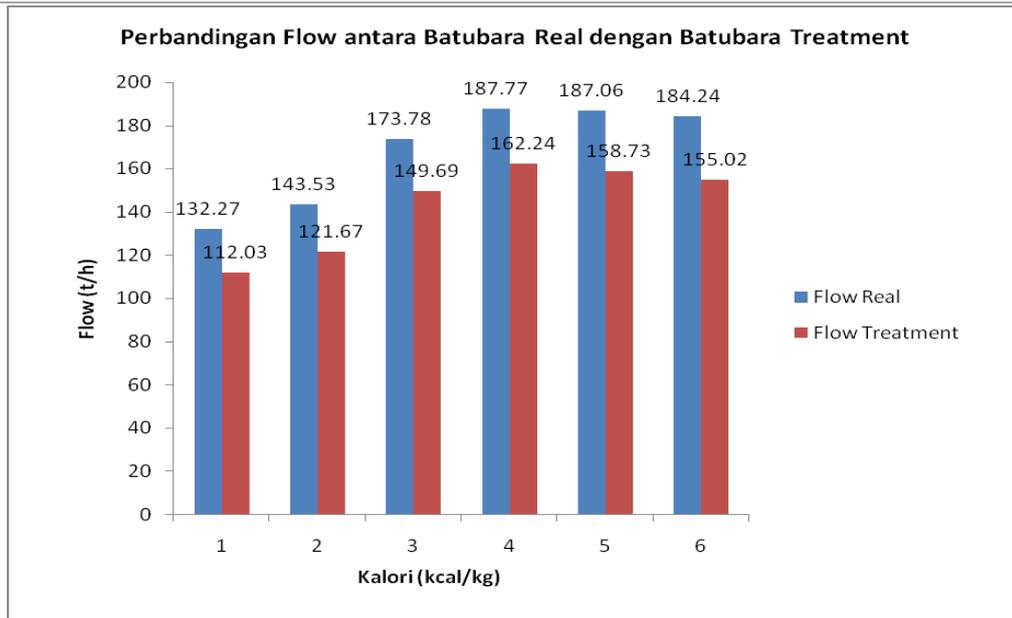
Gambar.4 Grafik Nilai Kalori Treatment dengan Flow Batubara

Berdasarkan “Gambar 4”, meskipun nilai kalori batubara telah naik menjadi 5011 kcal/kg, hal yang tetap membedakan jumlah *flow* pemakaian batubara adalah nilai *heat rate* dari masing-masing daya yang dibangkitkan. Nilai *flow* pemakaian batubara tertinggi sebesar 162.24 t/h dengan nilai *heat rate* sebesar 2676 kcal/kwh dan *netto* daya 7291 MWh.

3.3 Analisis Fuel Saving antara Kalori Real dengan Kalori Treatment

Tabel.5 Fuel Saving antara Kalori Real dengan Kalori Treatment

No.	Nilai Kalori (kcal/kg)	Flow (t/h)	Saving (t/h)	Presentase %
1.	4244	132.27	20.24	15.30
	5011	112.03		
2.	4248	143.53	21.86	15.24
	5011	121.67		
3.	4316	173.78	24.09	13.86
	5011	149.69		
4.	4330	187.77	25.53	13.60
	5011	162.24		
5.	4252	187.06	28.33	15.15
	5011	158.73		
6.	4216	184.24	29.22	15.86
	5011	155.02		
Rata-rata			24.87	14.83



Gambar.5 Perbandingan *Flow* Batubara *Real* dengan Batubara *Treatment*

Pada bagian ini menampilkan nilai *fuel saving* yang diperoleh jika menggunakan batubara pemakaian *real* dengan batubara hasil *treatment* menggunakan *Steam Tube Dryer*. Dengan nilai *heat rate* dan daya yang sama, diperoleh nilai *fuel saving* sebesar 24.87 t/h atau 14.83%.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan, dapat disimpulkan dengan nilai *heat rate* dan *netto* daya yang dihasilkan sama, terjadi penurunan pemakaian batubara pada PLTU Pelabuhan Ratu jika batubara yang ada di-*treatment* menggunakan *Steam Tube Dryer* serta total *fuel saving* yang diperoleh dari hasil *treatment* adalah sebesar 24.87 t/h atau 14.83%.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. E. d. S. D. M. R. Indonesia, "Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara" K. E. d. S. D. M. R. Indonesia, Ed., ed. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2016.
- [2] Gwak In Seop, You Ra Gwak, Ye Bin Kim, See Hon Lee, "Drying characteristics of low rank coals in a pressurized flash drying system", pp. 10, Department of Mineral Resources and Energy Engineering, Chonbuk National University, Jeonju, Korea: 2017.
- [3] Moon, S.H, In-Soo Ryu, Seung-Jaa Lee, Tae-In Ohm, "Optimization of drying of low-grade coal with high moisture content using a disc dryer", Elsevier: Fuel Processing Technology, 2014.
- [4] Komariah, W.E, "Peningkatan Kualitas Batubara Indonesia Peringkat Rendah Melalui Penghilangan Moisture Dengan Pemanasan Gelombang Mikro", pp. 10, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia: 2012.
- [5] American Society for Testing and Materials, "Standard Practice for Calculating Coal and Coke Analyses from As-Determined to Different Bases¹", D3180-12, pp. 2, 2012.

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN SOOTBLOWER TERHADAP EFFISIENSI BOILER

Pintor Pardede¹, Agus Sukandi, Paulus Sukusno

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, 16425,
Tel: 021-7863350, Fax: 021-7863530,
pintorpardede@yahoo.co.id

Abstrak

Dalam pemenuhan kebutuhan akan energi listrik, pemerintah gencar melakukan pembangunan pembangkit listrik. Pemakaian batubara sebagai bahan bakar utama lebih dipilih daripada High Speed Diesel atau Gas. Hal ini disebabkan murahnya harga batubara dan ketersediaannya cukup banyak. Namun dalam pembakaran batubara selain menghasilkan panas juga menghasilkan abu. Abu yang terbawa bersama gas panas dan menempel pada permukaan pipa akan menciptakan lapisan kerak. Lapisan kerak yang terbentuk pada daerah pembakaran batubara disebut slagging, sedangkan lapisan yang terbentuk pada daerah aliran gas disebut fouling. Jika lapisan itu dibiarkan lama kelamaan dapat menurunkan penyerapan panas pada pipa di boiler. Hal ini bisa menyebabkan tidak tercapainya temperatur standard yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap. Untuk mencegah terjadinya hal itu diperlukan peralatan sootblower. Sootblower adalah peralatan yang dibutuhkan untuk membersihkan pipa boiler dari kerak-kerak yang menempel. Ada terdapat 4 jenis sootblower yang digunakan pada pembangkit yaitu furnace sootblower, retracalbe sootblower, semi-retracable sootblower, dan air pre-heater sootblower. Dalam pengoperasiannya sootblower akan memanfaatkan uap untuk membersihkan kerak-kerak yang menempel. Uap itu akan ditembakkan melalui nozzle pada ujung lance tube. Pemanfaatan uap sebagai pembersih kerak dapat mempengaruhi uap yang disuplai ke turbin. Oleh karena itu penting dilakukan analisa efektifitas penggunaan sootblower dalam peningkatan temperature pada pipa di boiler. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode langsung efisiensi boiler. Berdasarkan hasil penelitian saat sootblower beroperasi terjadi peningkatan efisiensi dari 77,23% menjadi 78,01%. Hal itu disebabkan meningkatnya penyerapan panas, pada pipa wall tube penyerapan panas mengalami peningkatan dari 350,16°C menjadi 351,01°C. Meningkatkannya penyerapan panas pada pipa boiler mempengaruhi temperature gas yang dibuang kelingkuhan dari 173,78°C sebelum sootblower beroperasi menjadi 170,23°C. Namun dampak dari pengoperasian sootblower tidak bertahan lama setelah beberapa jam efisiensi boiler kembali turun menjadi 75,68%, temperature pada wall tube menjadi 349,89°C, dan temperatur gas buang meningkat menjadi 173,48°C.

Kata Kunci: Sootblower, Pipa, Boiler, Kerak, Effisiesni

Abstract

In the fulfillment of the need for electrical energy, the government intensively conducts the construction of power plants. The use of coal as the main fuel is preferred over High Speed Diesel or Gas. This is due to the muradiness of coal prices and its availability quite a lot. But in coal combustion besides generating heat also produce ash. Ash carried along with hot gas and attached to the surface of the pipe will create a layer of crust. The layer of crust formed in the coal combustion zone is called slagging, while the layer formed in the gas flow region is called fouling. If the layer is left over time can decrease the heat absorption in the pipe in the boiler. This may result in the non-achievement of the standard temperature required to produce steam. To prevent the occurrence of it required sootblower equipment. Sootblower is the equipment needed to clean the boiler pipe from the sticky crust. There are 4 types of sootblowers used in yaiut furnace sootblower, retracalbe sootblower, semi-retracable sootblower, and water pre-heater sootblower. In its operation sootblower will utilize steam to clean up the crust. The steam will be fired through a nozzle at the end of the lance tube. The use of steam as a crust cleanser may affect the vapor supplied to the turbine. Therefore it is important to analyze the effectiveness of the use of sootblower in increasing the temperature of the pipe in the boiler. The method used in this research is direct boiler efficiency method. Based on the results of the research when sootblower operated, there was an increase of efficiency from 77.23% to 78.01%. This is due to the increase of heat absorption, in the tube of heat absorption wall tube has increased from 350.16 ° C to 351,01 ° C. Increasing the heat absorption in the boiler pipe affects the environmental discharge temperature of 173,78 ° C before the sootblower operates to 170.23 ° C. However, the impact of sootblower operation did not last long after several hours of boiler efficiency decreased to 75.68%, the temperature on the wall tube became 349.89 ° C, and the exhaust gas temperature increased to 173.48 ° C.

Keywords: Sootblower, Pipe, Boiler, Crust, Efficiency

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data konsumsi energi dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), konsumsi listrik Indonesia mengalami peningkatan. Pada tahun 2016 sebesar 956 kWh perkapita naik menjadi 1.012 kWh per kapita tahun 2017. Untuk mengimbangi kebutuhan listrik yang semakin meningkat, pemerintah gencar melakukan pembangunan pembangkit listrik. Hingga akhir Desember 2017 kapasitas pembangkit terpasang di Indonesia sudah mencapai 60 GW dan batubara masih mendominasi bauran energi sektor pembangkit sebesar 57,22% [1].

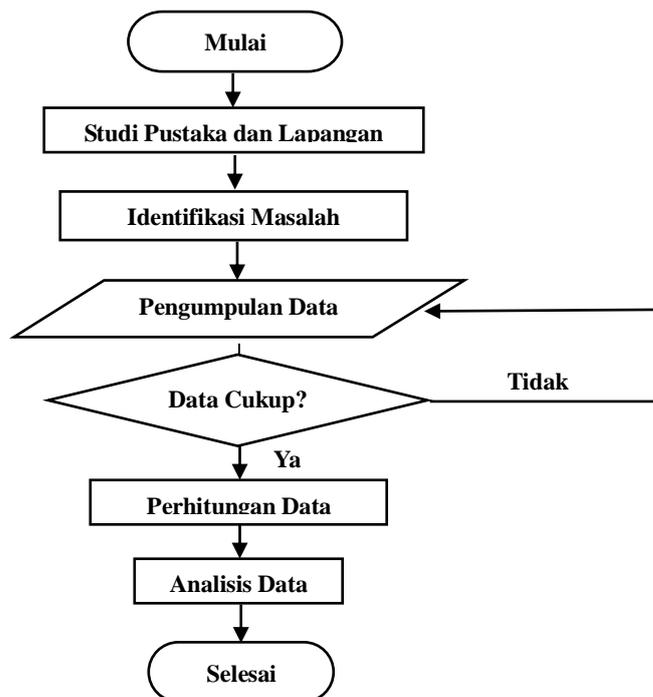
Tingginya pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar utama dalam pembangkit ini disebabkan ketersediaannya di Indonesia masih banyak, juga memiliki harga beli yang lebih murah dibanding bahan bakar lainnya. Pembakaran batubara pada PLTU menghasilkan energi panas yang digunakan untuk memanaskan air, selain itu juga menghasilkan abu. Terbentuknya abu pembakaran ini disebabkan tingginya kandungan mineral yang dimiliki batubara. Abu batubara sisa pembakaran akan terbawa bersama dengan gas panas melewati pipa di *boiler* menuju saluran buang. Jika menempel pada permukaan peralatan abu yang menumpuk dapat membentuk lapisan kerak. Lapisan kerak yang terbentuk pada daerah pembakaran *boiler* (dinding, *wall tube*, *superheater*) disebut *slagging*. Sedangkan lapisan yang terbentuk pada saluran keluar gas panas (*superheater*, *re-heater*, *economizer*, *air pre-heater*) disebut *fouling* [2]. Lapisan *slagging* dan *fouling* jika dibiarkan dapat mempengaruhi perpindahan panas pada pipa *boiler* yang mengakibatkan penurunan temperature uap.

Untuk meningkatkan kembali penyerapan panas di boiler, maka dibutuhkan *sootblower*. *Sootblower* adalah peralatan yang berfungsi untuk membersihkan permukaan pipa, dinding boiler, maupun *air pre-heater* dari kerak. Pengoperasian *sootblower* memanfaatkan uap panas dari *platen superheater*, ekstraksi uap akan dialirkan menuju *lance tube* di *sootblower*. Setelah mencapai *lance tube* uap akan ditembakkan ke arah pipa, dinding dan *air pre-heater* melalui *nozzle* yang ada di ujung *lance tube*. Hal ini bisa disebut sebagai pemborosan uap, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian apakah penggunaan *sootblower* ini memberikan pengaruh terhadap boiler.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penggunaan *sootblower* terhadap temperatur operasi.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *sootblower* terhadap nilai efisiensi boiler.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

❖ **Studi Literatur dan Lapangan**

Pada proses ini penelitian dilakukan dengan melakukan pengumpulan informasi mengenai masalah yang akan diambil melalui pembacaan buku, jurnal, juga *manual book* dan juga melalui wawancara dengan orang yang sudah ahli di pembangkit.

❖ **Identifikasi Masalah**

Pada proses ini penulis melakukan identifikasi masalah berdasarkan hasil diskusi dengan teknisi ahli yang berada di pembangkit.

❖ **Pengumpulan Data**

Data yang digunakan dalam perhitungan adalah data operasi, data analisa *flue gas* dan data analisa bahan bakar, data-data tersebut berasal dari PLTU X. Data yang diperlukan dalam penghitungan efisiensi boiler:

- | | |
|---|------------------------------|
| -Laju alir <i>main steam</i> | -Tekanan <i>steam drum</i> |
| -Tekanan dan Temperatur <i>main steam</i> | -Laju alir <i>feed water</i> |
| -Tekanan dan Temperatur <i>feed water</i> | -HHV batubara |
| -Laju alir <i>reheat</i> | -Laju alir batubara |
| -Tekanan dan Temperatur <i>reheat steam (out)</i> | |
| -Tekanan dan Temperatur <i>reheat steam (in)</i> | |

❖ **Perhitungan Data**

Pada Proses ini perhitungan seberapa besar pengaruh penggunaan *sootblower* dilakukan dengan menggunakan perhitungan efisiensi boiler dengan metode *direct*. Perhitungan dengan metode ini dilakukan dengan menghitung perbandingan antara *output* dengan *inputnya*

METODE DIRECT[3]

$$\eta_g = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.1)$$

Output adalah energi yang diserap oleh air untuk menciptakan uap. Seperti energi yang diserap oleh *superheat*, *reheat*, dan *spray*. Untuk menghitung energi yang diserap menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Output} = Q_{sh} + Q_{rh} + Q_{bdn} \quad (2.2)$$

- Menghitung kalor yang diserap pada sistem Superheater (Q_{sh}):

$$Q_{SH} = (\dot{m}_{ms} - \dot{m}_{ssh})(h_{ms} - h_{fw}) + \dot{m}_{ssh}(h_{ms} - h_{ssh}) \quad (2.3)$$

- Menghitung kalor yang diserap pada sistem Reheater (Q_{rh}):

$$Q_{RH} = \dot{m}_{crh}(h_{hrh} - h_{crh}) + \dot{m}_{srh}(h_{hrh} - h_{srh}) \quad (2.4)$$

Input adalah energi panas yang diberikan oleh bahan bakar untuk memanaskan air. Untuk menghitung energi yang dihasilkan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Input} = \dot{m}_{fl} \times HHV_{fl} \quad (2.5)$$

❖ **Analisis Data**

Pada proses ini penulis akan menganalisis data yang sudah sebelumnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus.

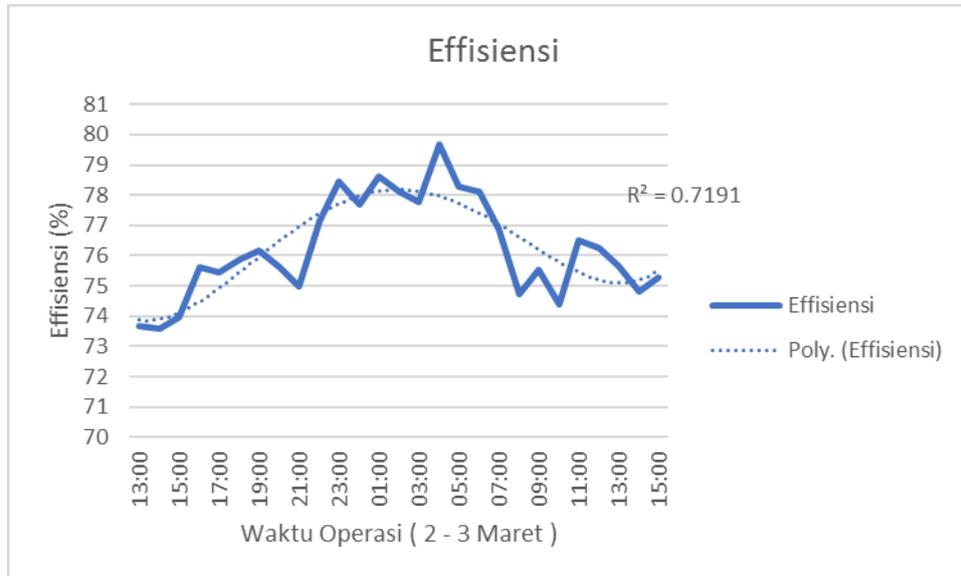
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

WAKTU	KALORI SUPERHEATER (kJ/jam)	KALORI SPRAY SUPERHEATER (kJ/jam)	KALORI REHEATER (kJ/jam)	KALORI SPRAY REHEATER (kJ/jam)	KALORI BAHAN BAKAR (kJ/jam)	EFFISIENSI BOILER (%)
13:00	1768082898	216797398.8	337913508.4	202076541.7	3427759331	73.6595
14:00	1777569040	229157389.1	343266941.6	200287910	3466404860	73.57136
15:00	1753170029	228055988.2	336356215.2	204301799.7	3410319298	73.94862
16:00	1775291747	228129625.9	341389349	200426834.7	3366521031	75.60439
17:00	1764442957	236751698.1	340146426.6	203439948	3371871951	75.47087
18:00	1761372142	234896055.8	343046268.4	204522800.5	3351855549	75.8934
19:00	1760982203	238343804.3	341776699.4	203448776.7	3340360981	76.17594
20:00	1744432995	259429858.8	343509837.7	204963258.7	3375042866	75.62381
21:00	1719597664	274259213.4	339219942.1	205278126	3385150158	74.985
22:00	1953785765	101836098.9	330125639	186828028.2	3334019151	77.16139
23:00	1872745440	140970972.1	359172394.3	181692098.5	3256133546	78.45443
00:00	1845769226	140887067.2	347310360.6	189535231.6	3247413529	77.70805
01:00	1804497927	186393122.2	348565805.6	187861984.1	3213722555	78.64148
02:00	1781383055	210116437	344057260	187917709.2	3230171678	78.12199
03:00	1779656877	205335807.5	343856966.6	187450632.4	3234531686	77.79489
04:00	1801721009	204753185	347310266	184588186.3	3185977047	79.67329
05:00	1790152124	221017307.7	346188626.2	183885959.4	3246422618	78.27829
06:00	1814459722	195775320.3	339235747	183497726.3	3242062610	78.1283
07:00	1721019033	233893262.5	329314908.1	187861656.7	3214515284	76.90394
08:00	1741460133	243467637.1	337199242.5	190705038.9	3361764659	74.74741
09:00	1733481526	241125374.9	335032221	185604172.7	3303102727	75.54241
10:00	1738406317	242768083.3	335032219.4	186096207.5	3362755570	74.41227
11:00	1770594181	228159877.7	340564090	186164441.9	3300526359	76.51757
12:00	1763795616	191850424.7	326539295.3	155641778.4	3197273433	76.24706
13:00	1766509083	236903111.2	341407792.4	176901019.8	3333028240	75.65856
14:00	1749078005	235087307.6	338768721.6	178794402.5	3344720989	74.79633
15:00	1726911498	228366001.1	335607150.7	176263457.6	3276348130	75.30177

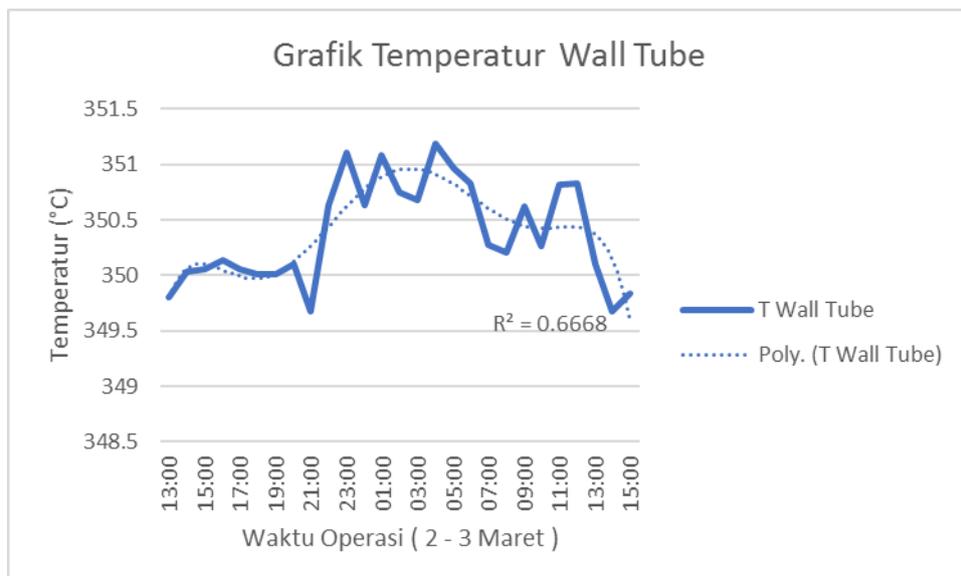
3.2 Analisis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data operasional PLTU X pada 2 Maret 2018 hingga 3 Maret 2018



Gambar 3.1 Grafik Effisiensi terhadap Waktu Operasi

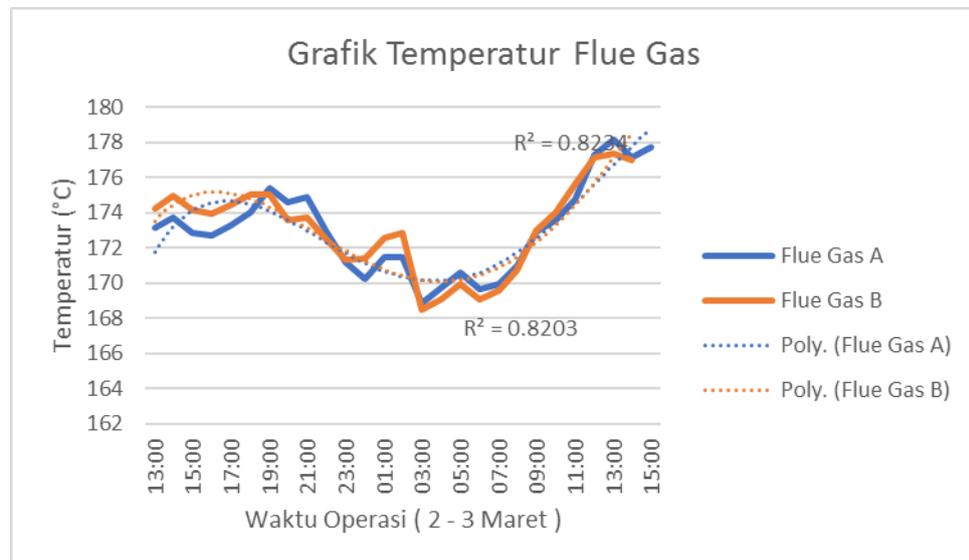
Besarnya nilai efisiensi boiler dengan menggunakan metode input-output dipengaruhi oleh besarnya kalor yang mampu diserap pada boiler, juga dipengaruhi kalor yang dibakar pada boiler. Di atas adalah grafik efisiensi hasil perhitungan dengan menggunakan metode input-output. Dari *trendline* grafik itu kita bisa melihat terjadinya peningkatan efisiensi pada boiler terjadi ketika *sootblower* mulai dioperasikan yaitu pada pukul 23:00, dari 77,23% pada pukul 22:00 menjadi 78,01% pada pukul 24:00. Namun peningkatan efisiensi itu hanya bertahan selama *sootblower* dioperasikan, setelah *sootblower* selesai dioperasikan pada pukul 03:00 terjadi penurunan kembali efisiensi pada pukul 11:00 menjadi 75,68%.



Gambar 3.2 Grafik Temperatur Wall Tube

Pada PLTU X pengoperasian *sootblower* digunakan untuk membersihkan pipa-pipa yang ada didalam boiler juga pada saluran gas buang, yaitu *wall tube*, *superheater*, *reheater* juga *air pre-heater*. Diharapkan setelah dilakukan pembersihan, pipa dapat menyerap panas dengan maksimal. Hal itu dapat kita buktikan dengan melihat *trendline* grafik temperatur *wall tube*, dari grafik di atas terlihat terjadinya peningkatan temperatur. Sebelum dilakukan pengoperasian *sootblower* yaitu pukul

22:00 temperatur *wall tube* adalah 350.16°C setelah dilakukan pengoperasian *sootblower* temperatur naik menjadi 351,01°C. Namun setelah pengoperasian *sootblower* selesai temperaturnya kembali mengalami penurunan pada pukul 14:00 menjadi 349.89°C.



Gambar 3.2 Grafik Temperatur Wall Tube

Berdasarkan 2 grafik sebelumnya kita bisa mengetahui penggunaan *sootblower* pada PLTU X ini masih berfungsi dengan baik dalam melakukan pembersihan. Hal itu terbukti saat *sootblower* dioperasikan efisiensi dari boiler juga temperature pada *wall tube* mengalami kenaikan walaupun dampaknya hanya terjadi beberapa jam saja. Pada grafik temperature *flue gas* kita juga bisa melihat temperatur gas yang dibuang sebelum *sootblower* dioperasikan sebesar 173,78°C mengalami penurunan menjadi 170,23°C pada pukul 01:00. Namun kembali naik setelah pengoperasian *sootblower* selesai menjadi 173,48°C pada pukul 11:00.

IV. KESIMPULAN

1. Pengoperasian *sootblower* pada PLTU X akan sangat mempengaruhi kinerja dari boiler. Hal itu terlihat saat *sootblower* dioperasikan terjadi peningkatan efisiensi dari 77.23% menjadi 78,01%. Meningkatnya efisiensi dari boiler itu disebabkan adanya peningkatan penyerapan panas pada pipa di boiler seperti pada *wall tube*, temperatur *wall tube* naik dari 350.16°C menjadi 351,01°C. Peningkatan penyerapan panas pada pipa di boiler akan mengakibatkan turunnya temperatur gas yang dibuang ke lingkungan. Semakin banyak panas yang diserap semakin sedikit panas yang dibuang, panas yang dibuang boiler PLTU X mengalami penurunan dari 173,78°C sebelum *sootblower* beroperasi menjadi 170,23°C.
2. Pada PLTU X pengoperasian *sootblower* hanya mempengaruhi boiler dalam jangka waktu yang cukup singkat, hal itu terlihat dari grafik yang ditampilkan di atas. Dan juga pengoperasiannya belum mampu untuk meningkatkan performa boiler.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM. (2018, Mei 30). *Capaian 2017 dan Outlook 2018 Subsektor Ketenagalistrikan dan EBTKE*. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/capaian-2017-dan-outlook-2018-subsektor-ketenagalistrikan-dan-ebtke->
- [2] P. P. Plaza, "The Development of a Slagging and Fouling Predictive Methodology for Large Scale Pulverised Boiler Fired with Coal/Biomass Blends," Cardiff University, Cardiff, UK, 2013.
- [3] ASME, "Fired Steam Generators," ed: American Society of Mechanical Engineers, 2013.

Analisis Kerugian Panas Boiler Terhadap Net Plant Heat Rate dengan Metode Indirect

Ilham Dwiatmaja¹, Belyamin¹, Paulus Sukusno¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Telp: (+62-21)7863530, Fax: (+62-21)786330

atmajailham@gmail.com

Abstrak

Net Plant Heat Rate (NPHR) adalah banyaknya energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1[kWh]. Penurunan nilai NPHR akan menunjukkan semakin efisien suatu pembangkit. Perubahan beban operasi akan mempengaruhi nilai dari efisiensi boiler, karena rugi-rugi panas yang terjadi pada boiler juga akan berubah. Rugi-rugi panas yang mempengaruhi efisiensi boiler ini akan mempengaruhi nilai NPHR. Efisiensi boiler biasa terletak antara 75-90% dan untuk mengevaluasi efisiensi boiler dapat dilihat dari jumlah kerugian panas dari boiler, hal ini juga dapat menentukan energi yang dapat dihemat untuk produksi listrik. Penggunaan jenis bahan bakar juga mempengaruhi tingkat efisiensi boiler yang disebabkan karena kerugian panas yang terjadi. Boiler yang menjadi objek penelitian ini menggunakan bahan bakar gas, dimana kerugian panas akibat abu atau karbon yang tidak terbakar dapat diabaikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan faktor rugi-rugi panas tertinggi pada efisiensi boiler yang berakibat perubahan nilai NPHR. Penentuan kerugian panas boiler terhadap NPHR menggunakan metode indirect atau metode heat loss. Metode ini mempertimbangkan panas yang hilang akibat kualitas bahan bakar, udara bakar, dan gas buang. Berdasarkan hasil penelitian, nilai NPHR pada beban 100 [MW] sebesar 2749.662 [Kj/kwh], sedangkan pada beban 150 [MW] adalah 2910.108 [Kj/KWh]. Hal ini menunjukkan beban operasi berpengaruh pada nilai NPHR dan peningkatan pemakaian bahan bakar. Pada perubahan beban operasi 100 [MW] menjadi 150 [MW], kerugian panas boiler yang memiliki pengaruh tinggi adalah kerugian panas yang disebabkan oleh gas buang kering dari 1.9% menjadi 2.31% dan kerugian panas yang disebabkan radiasi 0.35% menjadi 0.21%. Sedangkan faktor lainnya tidak terlalu mengalami perubahan yang signifikan.

Kata kunci: NPHR, efisiensi boiler, kerugian panas, metode indirect.

Abstract

Net Plant Heat Rate (NPHR) is amount energy used for generate 1[KWh]. Value reduction of NPHR are increast power plant efficiency. Decrease or increase operation load have effect for boiler efficiency, because heat loss at boiler are change follow the operation load. Heat loss that effect boiler efficiency can influence the NPHR value. Boiler efficiency have a range 75 to 90 percent and for evaluation boiler efficiency can be observed from heat loss amount of boiler. This metter can be know the thermal energy save for electrical production. The kind of fuel have boiler efficiency effect, at this case, the fuel use for boiler is natural gas, where the heat loss of ash or unburn carbon can be ignored. The purpose from this research to find and determine the highest heat loss factor from boiler efficiency that have effect for change NPHR value. The methode for determine boiler heat loss to NPHR is indirect methode or heat loss methode. This methode consider heat loss because fuel quality, air combustion, and flue gas. Based on result from NPHR value at 100 [MW] load is 2749,662 [Kj/KWh] and at 150 [MW] load is 2910,108 [Kj/KWh]. This metters show operation load effect on NPHR value and fuel rate as fired. At 100 [MW] load to 150 [MW] load the highest heat loss is the heat loss because dry flue gas 1,9% to 2,31% and heat loss because radiation 0.35% to 0.21% and then the others factors not change significantly.

Keywords: NPHR, boiler efficiency, heat loss, indirect methode

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Pembangkit listrik tenaga uap adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas berupa uap *superheat* untuk memutar turbin. PLTU sendiri dapat menggunakan beberapa jenis bahan bakar fosil sebagai bahan bakar ketel (*boiler*) untuk mengubah air menjadi uap yaitu, *high speed diesel*, batu bara, dan gas. Pada PLTU yang dijadikan sebagai objek penelitian menggunakan boiler yang berbahan bakar gas dan mampu beroperasi *dual firing* menggunakan gas dan *HSD*. Penggunaan *dual firing* dilakukan hanya pada saat *startup*, hal ini dikarenakan penggunaan *high speed diesel* memiliki biaya operasi yang jauh lebih mahal dibandingkan gas[1]. Penggunaan bahan bakar gas akan mempengaruhi tingkat efisiensi *boiler* karena pembakaran dari gas tidak banyak menghasilkan kerugian panas dibandingkan dengan batu bara, maupun *high speed diesel*. Hal ini dapat dilihat pada kesetimbangan panas yang dimiliki boiler. Penggunaan gas tidak akan menghasilkan kerugian panas akibat abu yang dihasilkan dari pembakaran dan kerugian panas akibat kandungan air pada bahan bakar karena gas memiliki *moisture content* sebesar 0 wt %[2]. Perubahan

efisiensi boiler akibat karena kerugian panas karena perubahan beban operasi akan mempengaruhi nilai dari *net plant heat rate (NPHR)*. *NPHR* merupakan energi *input* (bahan bakar) yang dibutuhkan oleh boiler untuk membangkitkan 1 [KWh] [3]. Perubahan nilai *NPHR* ini akan mempengaruhi biaya produksi listrik dan penggunaan bahan bakar. Efisiensi boiler terletak antara 75-90% dan untuk mengevaluasi efisiensi boiler dapat dilihat dari jumlah kerugian panas dari boiler, hal ini juga dapat menentukan energi yang dapat dihemat untuk produksi listrik[4]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh dan menentukan faktor kerugian panas boiler tertinggi terhadap *net plant heat rate* suatu PLTU berbahan bakar gas dengan menggunakan metode tidak langsung. Metode ini akan menentukan kerugian panas yang dimiliki boiler dengan mempertimbangkan bahan bakar, udara bakar, dan gas buang yang dihasilkan dari pembakaran, sehingga dapat diketahui kerugian panas yang mempengaruhi efisiensi boiler dan nilai *NPHR*, serta dapat menentukan tindakan yang harus dilakukan untuk mengatasi kerugian panas yang terjadi.

II. METODE PENELITIAN

Untuk mengetahui besaran kenaikan nilai *NPHR* dan biaya produksi yang dikeluarkan, dilakukan perbandingan ketika terjadi perubahan beban operasi. Penelitian ini menggunakan pengolahan data operasi dengan langkah-langkah sebagai berikut,

1. Studi literatur

Metode ini dilakukan dengan cara mempelajari buku-buku referensi terkait efisiensi boiler, kerugian panas, turbin heat rate, dan *net plant heat rate* seperti : *ABB manual books*, standard ASME 4.1, jurnal penelitian tentang metode tidak langsung efisiensi boiler, dan buku *power plant engineering*.

2. Observasi lapangan

Metode ini dilakukan dengan cara pengumpulan data dilapangan yang diambil pada bagian rendal operasi pada saat melakukan praktek kerja lapangan di pembangkit listrik tenaga uap.

3. Wawancara

Mengajukan pertanyaan pada bagian rendal operasi, operator, dan supervisor operator untuk mendapatkan informasi yang akurat dan untuk memenuhi kelengkapan data yang tidak tercantum atau terdapat modifikasi pada peralatan.

4. Pengolahan data

Mengolah data dari data yang sudah terkumpul untuk melakukan analisis serta mendapatkan pemecahan masalah dari pengaruh kerugian panas boiler terhadap *net plant heat rate*. Langkah – langkah yang digunakan dalam pengolahan data adalah sebagai berikut :

- Menghitung kerugian panas
- Menghitung efisiensi boiler
- Menghitung *gross plant heat rate*
- Menghitung *Net Plant Heat Rate*
- Menentukan kerugian panas tertinggi ketika perubahan nilai *NPHR*
- Menentukan penyebab kerugian panas tertinggi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perhitungan Turbin Heat Rate[5]

Perhitungan nilai turbin *heat rate* ketika terjadi perubahan kondisi beban dari 100 MW menuju 150 MW dengan menggunakan perhitungan turbin *heat rate* pada persamaan 1.

$$THR = \frac{Q_f (H1 - h1) + Q_s (H1 - h_s) + Q_2 (H3 - H2) + Q_r (H3 - H_r)}{Gross Load} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel. 1 Hasil perhitungan turbin *heat rate*

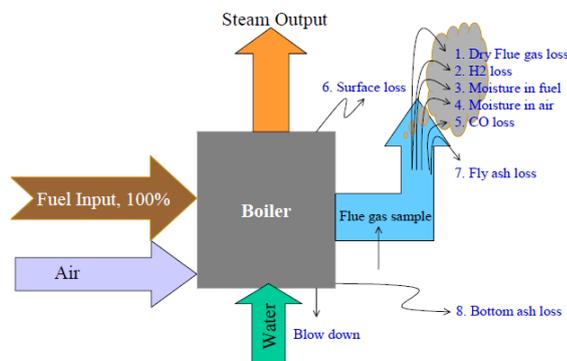
Jam	Beban [MW]	Turbin Heat Rate [KJ/KWh]
1	100	2280.47
2	100	2281.76
3	100	2283.43

4	100	2286.10
5	100	2288.50
6	100	2288.57
7	100	2293.70
8	100	2303.62
9	150	2255.14
10	150	2270.55
11	150	2303.08

Tabel 1 menunjukkan panas yang dibutuhkan turbin untuk memutar generator dan menghasilkan 1 [KWh], ketika terjadi perubahan beban 100 [MW] menjadi 150 [MW]. Semakin kecil nilai turbin *heat rate* maka semakin bagus kerja turbin tersebut. Hasil turbin *heat rate* pada tabel 1 akan digunakan untuk menghitung nilai *net plant heat rate*.

2. Hasil Perhitungan Efisiensi Boiler

Hasil perhitungan efisiensi boiler menggunakan standar *ASME PTC 4.1 Indirect Methode*[6], dimana perhitungan efisiensi boiler menggunakan kerugian panas yang terjadi pada boiler (*heat loss*).



Gambar 1. Kestimbangan panas dan kerugian panas boiler

Untuk mengubah air menjadi uap, dibutuhkan pembakaran yang akan memanaskan air menjadi uap didalam boiler. Tidak semua panas yang dihasilkan dari pembakaran dapat dimanfaatkan untuk mengubah air menjadi uap. Gambar 1 menunjukkan kerugian panas yang tidak dimanfaatkan atau *heat loss* yang terjadi pada boiler.

1. Menghitung kerugian panas gas buang (L1) :

$$L_1 = \frac{M_{DG} \times C_p \times (T_{fg} - T_{air})}{HV} \times 100 \quad \text{[Persamaan.2]}$$

2. Menghitung kerugian panas kandungan air pada bahan bakar (L2) :

$$L_2 = \frac{M_{moisture} \times (h_{fout} - h_{fair})}{HV} \times 100 \quad \text{[Persamaan.3]}$$

3. Menghitung kerugian panas terbentuknya H₂O saat pembakaran (L3) :

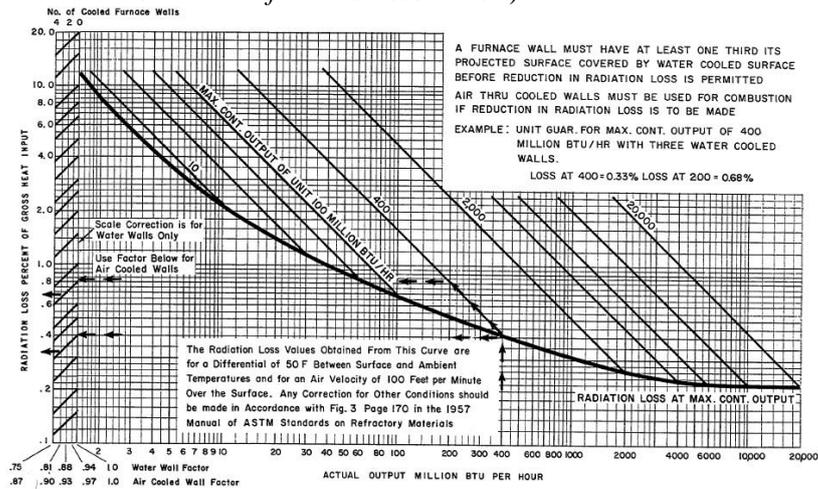
$$L_3 = \frac{9 H_2 \times (h_{fout} - h_{fair})}{GCV \text{ of Fuel}} \times 100 \quad \text{[Persamaan.4]}$$

4. Menghitung kerugian panas kandungan air pada udara bakar (L4) :

$$L_4 = \frac{AAS \times \text{humidity factor} \times C_p \times (T_f - T_a)}{GCV \text{ of Fuel}} \times 100 \quad \text{[Persamaan.5]}$$

5. Menghitung kerugian panas radiasi (L5) :

Untuk menemukan kerugian panas karena radiasi boiler digunakan grafik ABMA pada gambar 2. Grafik ABMA (*American Boiler Manufacturers Association*).

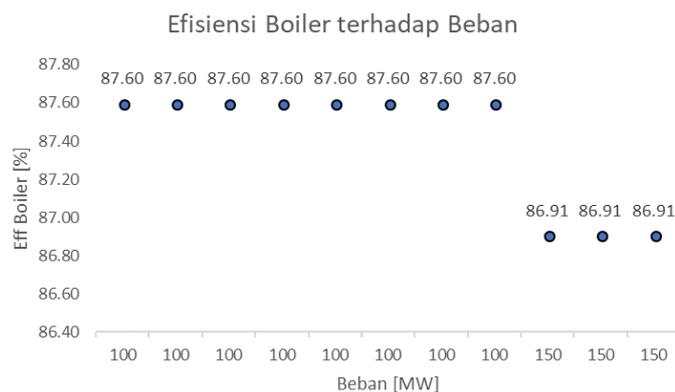


Gambar 2. Grafik ABMA

Gambar 2. Grafik ABMA ini menunjukkan nilai kerugian radiasi boiler yang terjadi dengan mempertimbangkan jumlah *cooled furnace walls*. Umumnya boiler memiliki *cooled furnace walls* minimal tiga untuk mengurangi radiasi. Dua jenis *cooled furnace walls* yaitu, *water wall*, dan *air cooled wall* memiliki nilai faktor koreksi yang berbeda.

Tabel. 2 Hasil perhitungan kerugian panas dan efisiensi boiler

No	Rugi-Rugi Panas	100 MW	150 MW
1	Kerugian panas gas buang	1.92	2.32
2	Kandungan air pada bahan bakar	0	0
3	Terbentuknya H ₂ O pada pembakaran	10.14	10.53
4	Kandungan air pada udara	0.02	0.02
5	Rugi-rugi radiasi	0.35	0.21
Efisiensi boiler		87.6 %	86.91%



Gambar 3. Grafik efisiensi boiler terhadap beban

Tabel 2 menunjukkan kerugian panas pada boiler yang terjadi saat perubahan beban operasi meningkat. Perubahan beban operasi ini mempengaruhi nilai kerugian panas dan akan mempengaruhi efisiensi boiler. Dapat dilihat pada gambar 3. Grafik efisiensi boiler terhadap beban, terjadi penurunan nilai efisiensi karena peningkatan beban operasi.

3. Perhitungan Gross Plant Heat Rate[7]

Perhitungan *gross plant heat rate* dibutuhkan untuk mengetahui panas yang dibutuhkan dalam menghasilkan 1 [KWh], dimana perhitungannya daya yang dibutuhkan oleh *auxiliary equipment* diabaikan. Perhitungan yang digunakan untuk mencari *GPHR* menggunakan persamaan 6.

$$GPHR = \frac{THR}{Efisiensi\ boiler} \quad \text{[Persamaan.6]}$$

yang hasilnya sebagai berikut,

Tabel. 3 Hasil perhitungan *gross plant heat rate*

Jam	Beban [MW]	Gross Plant Heat Rate [KJ/KWh]
1	100	2603.28
2	100	2604.75
3	100	2606.65
4	100	2609.70
5	100	2612.44
6	100	2612.52
7	100	2618.38
8	100	2629.70
9	150	2594.80
10	150	2612.53
11	150	2649.96

Nilai *gross plant heat rate* adalah panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 [KWh] tetapi, tidak mempertimbangkan daya yang digunakan untuk menggerakkan peralatan bantu. Tabel 3 menunjukkan nilai *GPHR* ketika terjadi perubahan beban operasi.

4. Perhitungan Net Plant Heat Rate[7]

Pada perhitungan *net plant heat rate* akan diketahui panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 [KWh] dimana daya yang digunakan untuk peralatan bantu sudah dipertimbangkan. Peralatan bantu yang dipertimbangkan antara lain : *boiler feed pump, condensate pump, dan circulating water pump*. Untuk menghitung *NPHR* digunakan persamaan 7.

$$NPHR = \frac{GPHR}{1 - Aux\ Power} \quad \text{[Persamaan.7]}$$

yang hasilnya adalah sebagai berikut

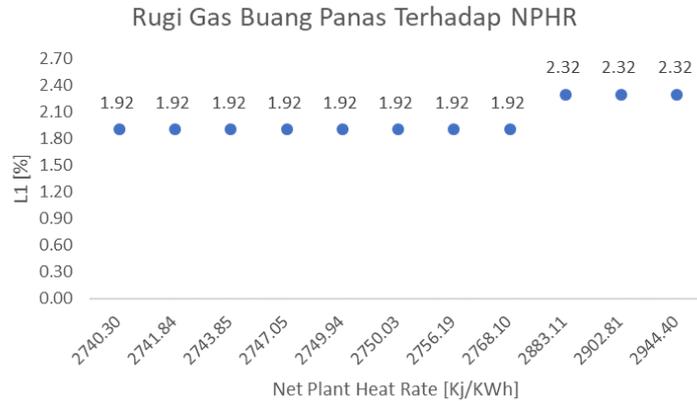
Tabel. 3 Hasil perhitungan net plant heat rate

Jam	Beban [MW]	Net Plant Heat Rate [KJ/KWh]
1	100	2740.30
2	100	2741.85
3	100	2743.85
4	100	2747.05
5	100	2749.94
6	100	2750.03
7	100	2756.19
8	100	2768.10
9	150	2883.12
10	150	2902.80
11	150	2944.40

5. Hasil Perbandingan Nilai NPHR dengan Kerugian Panas Boiler

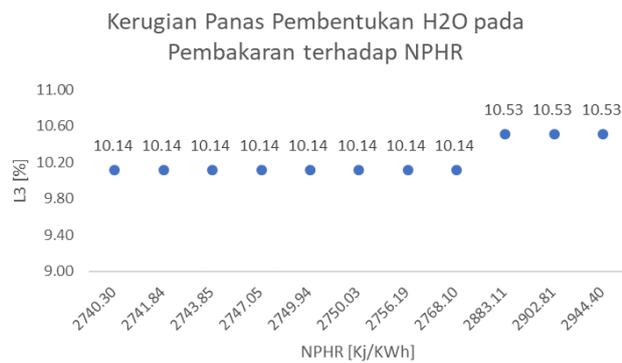
Pada gambar 2 menunjukkan peningkatan kerugian panas gas buang yang dihasilkan oleh *boiler* seiring peningkatan nilai *NPHR*. Hal ini, dapat dilihat ketika beban 100 [MW], *NPHR* 3081.12

[KJ/KWh] dengan kerugian panas sebesar 1.92% mengalami peningkatan menjadi 2.32% saat beban 150 [MW], NPHR [KJ/KWh] yang dimana terjadi peningkatan sebesar 0.4%.



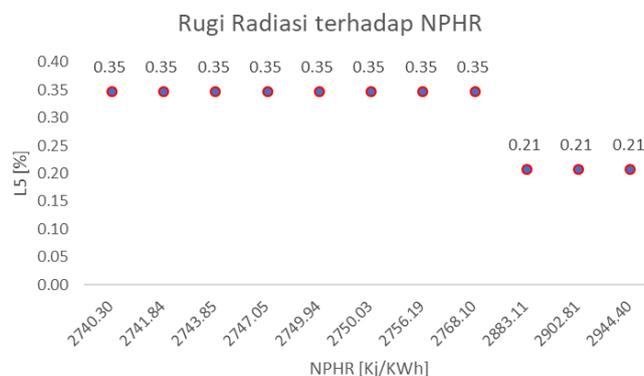
Gambar 4. Grafik kerugian panas gas buang boiler terhadap nphr

Pada gambar 3 menunjukkan peningkatan pembentukan H₂O pada saat pembakaran. Pembentukan H₂O yang terjadi karena reaksi kimia pembakaran gas akan menghasilkan CO₂, H₂O, dan N₂[9].



Gambar 5. Grafik kerugian panas pembentukan H₂O pembakaran boiler terhadap nphr

Pada gambar 4 menunjukkan grafik kerugian panas radiasi boiler ketika terjadi perubahan NPHR atau peningkatan beban. Kerugian panas ini dihitung dengan menggunakan standar ABMA dimana untuk menentukan kerugian panas akibat radiasi, perlu mengetahui beberapa faktor koreksi seperti : boiler menggunakan jenis water wall atau air cooled wall serta jumlahnya yang digunakan.



Gambar 6. Grafik kerugian panas radiasi boiler terhadap NPHR

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang sudah dijabarkan tentang analisis kerugian panas *boiler* terhadap *net plant heat rate* dengan menggunakan metode *indirect*, maka :

- a. Kerugian panas boiler yang disebabkan oleh panas gas buang mengalami peningkatan sekitar 0.4% saat perubahan beban dari 100 menjadi 150 [MW] dengan peningkatan NPHR rata-rata adalah 2749.662 [KJ/KWh] menjadi 2910,108 [KJ/KWh].
- b. Kerugian panas karena pembentukan H₂O pada saat pembakaran karena produk atau hasil dari pembakaran gas berupa :
$$0.95\text{CH}_4 + 0.02\text{C}_2\text{H}_6 + 0.01\text{C}_3\text{H}_8 + 0.02\text{N}_2 + 2.02 (\text{O}_2 + 3.76\text{N}_2) \rightarrow 1.02 \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 7.62 \text{N}_2$$
- c. Peningkatan nilai NPHR dari 2749,662 [KJ/KWh] menjadi 2910,108 [KJ/KWh] menunjukkan peningkatan biaya produksi listrik pada penggunaan bahan bakar sebesar 160.447 [KJ/KWh].

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.bphmigas.go.id/>, 31 Mei 2018.
- [2] Widodo, H. S., "Laporan Hasil Uji Bahan Bakar Gas", PT. Petrokimia Gresik, Gresik, 2014.
- [3] Thomas, H. B., "Energy Production System Engineering", Wiley and Sons, New Jersey, 2017, hal. 70.
- [4] M.C. Barma, R. Saidur, S.M.A. Rahman, A. Allouhi, B.A. Akash, Sadiq M. Sait, "A review on boilers energy use, energy savings, and emissions reductions", 97: 970 – 983; Renewable and Sustainable Energy: 2017.
- [5] Amiya Ranjan Mallick, "Practical Boiler Operation Engineering and Power Plant", Delhi, PHI: 2015, hal. 404.
- [6] American Society of Mechanical Engineers, "Steam Generating Units PTC 4.1", ASME.PTC, New York, 1964.
- [7] Lawrence F. Drbal, Patricia G. Boston, "Power Plant Engineering", London, Kluwer Academic Publishers: 2003, hal. 169.

**MEMBUAT PENGISI BATERAI HANDPHONE MENGGUNAKAN
THERMOELECTRIK GENERATOR DENGAN MEMBANDINGKAN BAHAN BAKAR
SPIRITUS DAN MINYAK TANAH**

Fahmi ¹⁾, Prof. Dr. Ir. Chalilullah Rangkuti, MSc²⁾

1). Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

2) Lembaga Penelitian Universitas Trisakti

E-mail: Fahmikeleibok@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan energi panas secara umum digunakan untuk energi termal dan energi listrik. Salah satu aplikasi dari sistem pemanfaatan untuk energi listrik adalah penggunaan Thermoelektrik generator. Penelitian ini menggunakan komponen thermoelektrik generator atau peltier untuk penghasil listrik. Komponen peltier dirangkai dengan heat sink sirip dingin yang diletakkan di bagian luar. Diharapkan penelitian ini dapat memecahkan permasalahan manusia yang sering berpergian ke hutan, gunung atau daerah yang tidak ada sumber energi listrik untuk mengisi baterai handphone, oleh karena itu dengan diciptakannya alat ini yang berbasis thermoelectric yang bahan utamanya api dengan bantuan spiritus dapat mengatasi masalah tersebut. Kelebihan dari sistem ini adalah lebih hemat dan fleksibel.

Kata kunci: *Thermoelektri Generator, Heatsinnk, Spiritus*

Pendahuluan

Kebutuhan handphone dalam urusan konsumsi energi atau mencharger energi sekarang ini dari masa ke masa dirasa semakin menjadi urusan yang sangat penting, terutama kebutuhan energi listrik yang sudah umum bagi siapa saja dalam menjalankan aktifitas sehari-hari, selain karena energi listrik tersebut yang memang menjadi sumber tenaga bagi alat-alat yang dapat dipakai disekitar, juga karena memang energi listrik merupakan salah satu energi yang ramah lingkungan, pemanfaatan komponen-komponen thermoelektrik generator yang tentunya dapat dimodifikasi atau direkayasa dengan kombinasi dari ilmu pengetahuan yang telah ada untuk bisa menghasilkan energi terbarukan yaitu energi listrik yang telah menjadi energi utama masyarakat.

Pada penelitian ini dibuatlah rangkaian kombinasi berbentuk kotak dari 8 keping modul thermoelektrik dengan memanfaatkan prinsip dari efek seebeck sebagai generator dan efek peltier sebagai penghasil energy panas. Ditambah dengan plat dari seng sebagai media penghantar panas dan heatsing + fan sebagai penunjang dalam proses pendinginan. Proses pengambilan data menggunakan beberapa sensor untuk keperluan pengambilan data, beberapa sensor yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah sensor arus, sensor tegangan, dilengkapi dengan temperatur suhu dalam pengamatan suhu modul peltier terkait dengan suplay daya.

Mengacu pada perkembangan ilmu dan teknologi kelistrikan maka kebutuhan modifikasi sistem thermoelektrik generator perlu dilakukan agar memenuhi kebutuhan listrik yang semakin baik. Karena sistem thermoelektrik generator ini dirancang untuk orang yang suka berpergian atau yang tinggal di daerah bantaran sungai, gunung atau hutan yang memiliki angin kencang atau suhu dingin maka dalam mencari data diperlukan kipas yang

berguna untuk sirkulasi sistem. Listrik yang dihasilkan bisa dijadikan solusi sebagai pemanfaatan energi terbarukan.

Studi Pustaka

Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Junaidi, Hafidz Abdurohman Alfikro dalam jurnal yang berjudul " efektivitas modul pelier TEC-12706 sebagai generator dengan memanfaatkan energi panas dari modul peltier 12706 " yang menyimpulkan bahwa modul peltier 12706 cukup efektif digunakan sebagai generator.

Penelitian yang dilakukan oleh G. Min, D.M. Roe dalam jurnal yang berjudul " Handbook of thermoelectrics, Peltier devices as generator" menjelaskan bahwa thermoelektrik bisa dijadikan sebagai generator bilamana sistem kerjanya dibalik.

Berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu yang dilakukan tentang sistem thermoelektrik generator dapat digunakan sebagai penghasil listrik. Pada penelitian ini, akan dilakukan penelitian pengaruh perbedaan daya masuk yang diberikan dari baterai ke pompa terhadap head dan efisiensi yang dihasilkan pompa.

Persamaan Matematika

- Thermoelektrik Generator

- Koefisien seebeck

$$V = \alpha \Delta T \dots\dots\dots [1]$$

- Kalor yang diserap di aluminium

$$q = \alpha I T \dots\dots\dots [2]$$

- Tegangan listrik

$$q = \frac{\Delta T}{\theta} \dots\dots\dots [3]$$

- Kalor yang diserap

$$Q_{joule} = I^2 R \dots\dots\dots [4]$$

- Daya Listrik

$$\rho = V . I \dots\dots\dots [5]$$

Keterangan : V = Tegangan Listrik (V)

α = koefisien Seebeck (V/m)

θ = Hambatan termal

ΔT = perbedaan suhu antara dua sambungan (K)

q = Besarnya kalor yang diserap atau dibuang tergantung sambungan (Watt)

ρ = Daya listrik(watt)

- Effisiensi
 - Effisiensi Thermoelektrik Generator

$$\eta = \frac{\rho_{out}}{\rho_{in}} \dots\dots\dots [6]$$

Metodologi Penelitian

Pengujian yang dilakukan pada panel surya terkait besaran arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya terhadap intensitas cahaya matahari. Pengujian dilakukan selama 2 hari yang dilakukan pada jam 9 malam.

Pengujian yang dilakukan pada thermoelektri generator yaitu membandingkan bahan bakar spirus dan minyak tanah, sehingga dapat menentukan bahan bakar yang lebih efisien.

Pengambilan Data Pengujian

- Thermoelektirk Generator
 - Spirtus

Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama listrik yang dihasilkan berapa kalor yang diserap, arus listrik dan tegangan .

Tabel 1. Data Menggunakan Spirtus

Waktu (t) /menit	Volt (V)	Arus (I)	Suhu (T1)	Suhu (T2)	Kalor (q)	Daya (watt)
3	2,74	1	55 °C	47 °C		
5	3,11	1	87 °C	58 °C		
10	5,23	2	117 °C	60 °C		
15	6,23	2	137 °C	69 °C		
20	6,41	3	177 °C	79 °C		
25	7,18	2	194 °C	89 °C		
30	7,85	3	207 °C	102 °C		

Dari data pada Tabel di atas yang didapatkan pada malam hari dengan suhu ruangan yaitu 26 °C.

o Minyak tanah

Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama listrik yang dihasilkan berapa kalor yang diserap, arus listrik dan tegangan .

Tabel 2. Data Menggunakan Minyak Tanah

Waktu (t) /menit	Volt (V)	Arus (I)	Suhu (T1)	Suhu (T2)	Kalor (q)	Daya (watt)
3	1,48	1	51 °C	49 °C	1,48	2,74
5	2,87	1	55 °C	48 °C	2,87	3,11
10	3,03	1	59 °C	53 °C	3,03	10,46
15	3,34	1	64 °C	59 °C	3,34	11,63
20	4,12	2	68 °C	56 °C	8,24	12,82
25	5,08	2	72 °C	62 °C	10,16	14,36
30	5,95	3	79 °C	57 °C	17,85	16,10

Dari data pada Tabel di atas yang didapatkan pada malam hari dengan suhu ruangan yaitu 26 °C.

Perbandingan hasil pengujian

Perbandingan spirtus dan minyak tanah berdasarkan data-data dapat diketahui bahwa tegangan dan arus sangat dipengaruhi oleh faktor udara dan suhu sekitar. Hal ini dikarenakan semakin besarnya perbedaan suhu di kedua sisi thermoelektrik generator sangat mempengaruhi listrik yang diperoleh, dengan demikian bahwa spirtus memiliki suhu yang relatif lebih panas dibandingkan dengan minyak tanah sehingga listrik yang diperoleh dari pembakaran spirtus lebih besar di bandingkan dengan minyak tanah.



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil pengujian

Kesimpulan

Dari hasil pengujian panel Thermoelektrik generator dengan sepirtus, didapat beberapa kesimpulan:

1. Suhu api dari pembakaran sepirtus sangat tinggi sehingga daya hantar panas relatif lebih cepat dan hasil pembakaran sepirtus tidak mengeluarkan kotoran yang menghambat konduktivitas .
2. Keuntungan menggunakan bahan bakar spirtus yaitu daya listrik yang dihasilkan cukup besar .dengan arus listrik yang stabil dan sepirtus merupakan bahan bakar yang relatif murah

Dari hasil pengujian didapat Thermoelektrik generator dengan minyak tanah didapat beberapa kesimpulan:

1. Suhu api dari pembakaran minyak tanah cukup tinggi namun pembakaran minyak tanah tidak mengeluarkan kotoran yang menghambat konduktivitas panas pada aluminium.
2. kerugian menggunakan minyak tanah yaitu alat pengujian menjadi kotor dan daya hantar yang kurang bagus mengakibatkan hasil listrik yang kurang maksimum menggunakan minyak tanah relatif lebih mahal dibandingkan dengan menggunakan spirtus.

Daftar pustaka

- [1] G. Min, D.M. Roe, Handbook of thermoelectrics, Peltier devices as generator, CRC Press LLC, Florida, 1994, p.479.
- [2] Hafidz Abdurohman Alfikro efektifitas modul pelier TEC-12706 sebagai generator dengan memanfaatkan energi panas dari modul peltier 12706
<http://eprints.ums.ac.id/46601/6/Hafidh%20TA.pdf>
- [3] *Hidayat Wiradinata*, Jurnal Standardisasi, Pengaruh Suhu Lingkungan dan Sensor Termometer Infrared pada Kalibrasi Thermometer Infrared Suhu Rendah
- [4] Melcor, Thermoelectric Handbook, A unit of laird technologies, Trenton NJ, 2010.
- [5] H. Goldsmid, Introduction to Thermoelectricity, Springer, Heidelberg, 2010.

SMART FISHING BOAT INTEGRASI REFRIGERATOR DAN PROPULSI SYSTEM KAPAL NELAYAN DI KOTA BONTANG

Agasa Hadida R.P¹, Andi Adam A.D²., Mushab Ishlahul U³

Mahasiswa Konsentrasi Teknik Pengolahan Gas¹, Mahasiswa Konsentrasi Teknik Perawatan Mekanikal dan Rotating³,

Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, LNG Academy – Politeknik Negeri Jakarta, Badak LNG Learning Centre – Komplek PT Badak NGL, Bontang, 75324, Kalimantan Timur. Telp. (0548) 552162

Abstrak

Dalam pemenuhan kebutuhan ikan nasional, nelayan di Kota Bontang masih terhambat dengan penanganan ikan agar tetap segar. Hal tersebut terjadi karena nelayan masih menggunakan cara tradisional seperti menggunakan es batu, yang nantinya akan membuat nelayan bergantung pada ketersediaan es batu. Teknologi refrigerasi yang lebih efisien diperlukan untuk memperoleh hasil tangkapan ikan yang maksimal. Kapal didesain memiliki lemari pendingin yang terintegrasi dengan system propulsi kapal. Dengan system ini nantinya energy system propulsi kapal akan dimaksimalkan untuk menjalankan compressor pada siklus refrigrasi pada lemari pendingin.

Perancangan dan pembuatan sistem Integrated Refrigerator and Propulsion system (IRPS) memiliki beberapa peralatan utama mulai dari kompresor, kondensor, turbin expander dan evaporator. Sistem ini membutuhkan tenaga untuk memutar kompresor sebesar 4.084×10^5 dan tenaga yang dihasilkan dari turbin expander sebesar 2.808×10^5 yang akan dimanfaatkan dengan system propulsi kapal sehingga dapat menambah kecepatan pada kapal. IRPS melakukan proses perpindahan panas pada peralatan evaporator dan kondenser. Pada peralatan evaporator akan memindahkan panas sebesar 8.276×10^5 antara lemari pendingin ikan dengan refrigerant. Pada kondenser akan memindahkan panas sebesar 6.999×10^5 antara air laut dengan refrigerant.

Kata kunci: Siklus Refrigerasi, Sistem Propulsi dan Kualitas Ikan.

Abstract

In fulfillment of the needs of the national fish, fishermen in Bontang is still hampered by handling the fish in order to keep it fresh. This occurs because the fisherman still use traditional ways such as using ice cubes, that would later make the fishermen depend on the availability of the ice cubes. More efficient refrigeration technology required to obtain maximum fish catches. The ship was designed to have a integrated refrigerator with the ship's propulsion system. With the system's future energy system of propulsion of the vessel will be maximized to run the compressor refrigeration cycle in the refrigerator.

Double driver system makes burden lighter at a particular round. Using the turbo expander compressors attached, then the compressor can run in high round without using power from the engine shaft.

Keywords: Refrigeration cycle, Propulsion system and fish quality

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Dalam perdagangan ikan, penurunan kualitas hasil tangkapan dari mulai ikan terjaring di laut lepas mencapai 50%. Kondisi ini mengakibatkan harga ikan yang diterima nelayan menurun dengan perbandingan ikan segar 40%, ikan buruk 50%, dan antara segar dan buruk 10%. Harga ikan yang menurun akan memberikan dampak ganda (multiplier effect), yaitu mempengaruhi tingkat pendapatan para nelayan, sedangkan pendapatan nelayan pada umumnya merupakan satu-satunya sumber untuk menghidupi seluruh anggota keluarga. Kemiskinan nelayan yang menjadi citra masyarakat pesisir agaknya merupakan dampak lanjutan dari gejala di atas. Penjualan ikan segar berbeda dengan ikan buruk, masyarakat lebih dominan memilih ikan yang masih segar dan juga harga ikan segar lebih mahal tentunya. Perbedaan penghargaan (apresiasi) ini karena ikan segar: rasa dan bau alami, nilai gizi utuh, tampilan menarik, dan dapat disimpan lebih lama. Perbedaan harga ini memotivasi nelayan untuk mengupayakan agar kesegaran ikan dapat dipertahankan. Penanganan hasil tangkap secara konvensional yaitu dengan menggunakan es balok (es batu) tidak menunjukkan upaya yang optimal, sehingga harus ada upaya perbaikan melalui teknologi seperti sistem pendingin menggunakan air laut.

Integrated Refrigerator and propulsion system (IRPS) adalah sebuah teknologi penanganan hasil tangkap yang dirancang khusus, dipasang sebagai tempat menampung ikan/palka kapal sehingga ikan hasil tangkapan khususnya jenis ikan tertentu yang mempunyai nilai ekonomis dan dapat dipertahankan kualitasnya, tetapi

seberapa besar efektifitas dan efisiensinya merupakan pertanyaan besar yang perlu dijawab dengan pengujian terhadap produk yang ada. Dengan demikian diperlukan penelitian yang mengkaji, baik secara teknis maupun secara ekonomis, penggunaan sistem refrigerated sea water sebagai sistem pendingin pada kapal perikanan untuk kalangan nelayan kecil yang mana pada akhirnya dapat meningkatkan produktifitas dan tingkat kesejahteraan nelayan itu sendiri.

Tujuan Penelitian Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini merancang dan menganalisa teknis sistem smart fishing boat pada kapal nelayan kecil.

II. METODA

1. Pembahasan

Integrated Refrigerator and propulsion system (IRPS) adalah sebuah teknologi penanganan hasil tangkap yang dirancang khusus, dipasang sebagai tempat menampung ikan /palka kapal sehingga ikan hasil tangkapan khususnya jenis ikan tertentu yang mempunyai nilai ekonomis antara lain tengiri, tongkol, remang, kakap dan lain-lain dapat dipertahankan kualitasnya. Sistem IRP juga dapat diartikan sebagai suatu system pendingin dengan menggunakan air laut untuk menyediakan air laut dingin dengan menggunakan sebuah mesin mechanical refrigeration. Sistem IRP ini mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah:

1. Dapat memperpanjang tingkat kesegaran ikan / waktu penyimpanan lebih lama
2. Menghindari adanya kerusakan fisik karena ikan tidak mendapat tekanan dari ikan yang ada di atasnya atau dari es sebagaimana menggunakan es
3. Penurunan suhu akan berlangsung cepat karena seluruh ikan kontak dengan pendingin / proses pendinginan cepat
4. Prosedur penanganan ikan lebih mudah dan cepat, baik dalam pengisian/ pembongkaran sehingga akan menghemat waktu dan tenaga kerja
5. Mutu ikan yang dihasilkan lebih bagus fisiknya

Kualitas Ikan Tingkat kesegaran ikan akan sangat mempengaruhi kualitas dari ikan tersebut. Ada banyak hal yang menyebabkan tingkat kesegaran ikan berkurang atau dalam istilah lain dapat dikatakan ikan mengalami pembusukan. Proses kemunduran mutu ikan juga dipengaruhi oleh temperatur. Berikut ini adalah hubungan temperatur dengan kegiatan bakteri serta mutu ikan

Komponen Sistem IRP

Dalam sistem IRP selain terdapat komponen-komponen pokok juga terdapat beberapa komponen-komponen pendukung lainnya. Komponen tersebut berfungsi untuk menyempurnakan kerja dari sistem IRP.

- a. Evaporator Evaporator pada sistem ini berfungsi untuk menguapkan cairan refrigerant. Bentuk dari evaporator ini bermacam – macam tergantung pada penggunaannya. Bentuknya berupa pelat yang biasanya digunakan untuk mendinginkan daging atau ikan, ada juga yang berbentuk pipa bersirip yang biasanya digunakan untuk mendinginkan udara, serta yang berbentuk pipa yang umumnya digunakan untuk mendinginkan cairan atau udara.
- b. Kompresor Kompresor pada sistem IRP ini berfungsi untuk meningkatkan atau menaikkan tingkat energi uap refrigerant yang datang dari evaporator sehingga uap dapat dikondensasikan oleh kondensor dengan menggunakan media pendingin udara.
- c. Kondensor Kondensor ini digunakan untuk mengembunkan uap yang berasal dari kompresor dengan cara memberikan fluida dingin (air atau udara). Atau dengan kata lain membuang panas yang telah diambil oleh refrigerant, yang terdiri dari : 1. Panas yang diserap refrigerant selama menguap di evaporator 2. Panas yang diberikan kompresor pada waktu pemampatan.
- d. Tangki Penampung Tangki receiver berfungsi untuk menampung refrigerant. Refrigerant yang nantinya digunakan untuk mendinginkan air laut yang akan masuk ke tangki ruang muat.
- e. Penyaring Filter berfungsi untuk menyaring kotorankotoran dari sistem yang terbawa pada saat refrigerant bersirkulasi.
- f. Kaca Pelihat (Sight Glass) Kaca penglihat (sight glass) ini berfungsi untuk melihat kondisi refrigerant. Kondisi ideal pada sight glass terlihat bening mengalir tanpa buih dengan indikator menunjukkan kering. g. Katub Ekspansi Katub ekspansi merupakan suatu penahan tekanan sehingga tekanan cair yang telah melalui katub ekspansi ini menjadi rendah.

Cara Kerja Sistem IRP Dalam sistem IRP ini dipakai refrigerant. Refrigeran ini ditampung dalam suatu receiver yang kemudian dialirkan ke evaporator melalui katup ekspansi yang berfungsi untuk mengubah refrigrant cair tekanan tinggi menjadi refrigrant cair bertekanan rendah dengan menginjeksikan melalui lubang kecil. Lalu setelah itu refrigrant cair tersebut masuk ke dalam evaporator dan mengambil panas dari air asin, air atau udara sehingga refrigrant cair berubah menjadi bentuk gas. Setelah itu refrigrant yang telah berubah dalam bentuk gas bertemperatur dan bertekanan rendah

dan mengkompresikannya sehingga menjadi refrigerant gas bertemperatur dan bertekanan tinggi yang kemudian masuk ke kondensor untuk kemudian refrigerant gas diubah menjadi refrigerant cair, dengan air atau udara. Refrigeran gas yang telah diubah menjadi refrigerant cair tersebut lalu dialirkan ke receiver kemudian disirkulasikan kembali ke evaporator melalui katup ekspansi. Air laut yang didinginkan di dalam sistem IRP ini dimasukkan ke dalam ruang palkah apabila suhu yang dikehendaki telah terpenuhi. Air laut yang digunakan harus bersih yang tidak tercemar oleh bahan-bahan beracun yang dapat menyebabkan toksisitas pada manusia. Air laut didinginkan terlebih dahulu pada suatu palkah sebelum ikan dimasukkan ke dalam palkah. Ikan yang sudah ditangkap kemudian dimasukkan ke dalam palkah dengan perbandingan air laut dengan ikan adalah 4 : 1. Dalam proses ini, apabila air laut yang bercampur dengan ikan menjadi kotor, maka air laut dalam palkah tersebut bisa dibuang dan diganti secara bertahap dengan air laut yang baru. Begitu seterusnya agar dapat mempertahankan kualitas air yang berdampak pada kesegaran ikan itu sendiri. Temperatur air laut untuk mendinginkan ikan memiliki kriteria tersendiri, mulai dari 5°C yang hanya cukup untuk mengawetkan ikan selama 4 hari, dan jika sampai -1 0C maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari.

2. DESAIN SISTEM

Data kapal nelayan tradisional yang didapatkan dari hasil pengukuran :

- a. Ukuran p x l x h (m) : 11,14 x 2,58 x 1,07
- b. Bahan utama : Kayu Jati
- c. Alat tangkap : Gill Net
- d. Motor penggerak : Diesel 36 hp

Sistem IRPS yang akan digunakan pada kapal nelayan tradisional sebagai palkah ikan dengan kapasitas ruangan 0,908 m³ (908 liter) untuk 200 kg hasil ikan tangkapan. Jumlah beban ikan tangkapan 200 kg dengan setiap pengoperasian selama 4 jam (meliputi waktu berangkat dari fishing base ke fishing ground 3 jam dan untuk memasang gill net di fishing ground selama 1 jam), sedangkan temperatur pendinginan didesain dapat mencapai -1,5 0C untuk mendinginkan air laut sebanyak 277 liter. Untuk menghitung beban panas di ruang pendinginan ini dilakukan pada setiap beban panas yang berpengaruh terhadap palkah tempat muatan ikan, yaitu beban pendinginan di dalam palkah, panas dari perubahan udara, dan aliran panas yang masuk dari dinding,

1. Beban pendinginan di dalam palkah Beban panas muatan di dalam palkah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$Q_f = \frac{M_f}{H_f} \times C_1[(t_1 - t_f) + e + C_2 \times (t_f - t_3)]$$

$$= \frac{200}{4} \times 0,85[(30 - (-1,87)) + 61 + 0,47 \times (-1,25 - (-1,5))]$$

$$= 3951,968 \text{ kcal}$$

Dimana :

Mf= Kapasitas pendinginan (kg)

Hf= Waktu pendinginan (h)

C1=Panas jenis produk sebelum pendinginan (kcal/kg°C)

C2=Panas jenis produk setelah pendinginan (kcal/kg°C)

tf = Titik beku dari produk (°C)

t1 = Temperatur awal dari produk (°C)

t3 = Temperatur akhir ikan (°C)

e = Panas laten pendinginan produk (kcal/kg°C)

2. Perbedaan temperatur udara di dalam dan di luar box 1,0893 kcal

Panas dari perubahan udara terjadi karena suhu dalam palkah ikan meningkat ketika pintu dibuka yang menyebabkan perubahan temperatur udara luar masuk ke dalam palkah ikan.

$$Q_a = \frac{N_r \times V_r (I_o - I_r)}{V_o} \text{ kcal/h}$$

$$Q_a = \frac{2 \times 0,908 (20,6 - (-7,1))}{0,89} \text{ kcal/h}$$

$$Q_a = 2,095 \text{ kcal/h}$$

Dimana :

Nr = Banyaknya membuka pintu (time/h)

Vr = Volume ruang pendinginan (m³)

Io = Entalpi udara luar (kcal/kg)

Ir =Entalpi udara dalam ruang pendinginan (kcal/kg)

Vo = Volume spesifik udara luar (m³ /kg)

3. Aliran panas yang masuk dari dinding 47,88 kcal

$$A = 2[(pxl) + (pxt) + (lxt)]$$

$$A = 2[(2,5 \times 0,55) + (2,5 \times 0,65) + (0,55 \times 0,65)]$$

$$A = 6,765 \text{ m}^2$$

$$Q_w = A \times C \times \Delta T$$

$$Q_w = 6,765 \times 0,7 \times 35,5$$

Dimana :

A = Luas permukaan dinding (m^2)

C = Aliran panas yang masuk ke dinding ($\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$)

ΔT = Perbedaan temperatur dari temperatur awal sampai akhir ($^\circ\text{C}$)

4. Panas total untuk pendinginan

$$Q_T = Q_f + Q_a + Q_w$$

$$Q_T = 3951,967 + 2,095 + 168,11$$

$$Q_T = 4122,172 \text{ kcal}$$

Jadi beban panas total ruang pembekuan adalah 4122,172 kcal

Memilih dan Menentukan Komponen Sistem IRP

1. Kompresor

Kompresor ini komponen utama dalam sistem ini, karena semua komponen sistem IRP dapat berfungsi dengan adanya kerja kompresor. Kompresor digunakan untuk mengalirkan dan menghisap refrigerant terhadap seluruh komponen sistem pendingin. Maka dari itu kebutuhan daya kompresor disesuaikan dengan besarnya beban pendinginan secara keseluruhan. Dalam perancangan sistem IRP ini, menggunakan auto mobile compressor yang digerakkan dengan main engine atau diesel. Kriteria kompresor yang digunakan : - Tipe Nippondenso 10pa20c - Refrigeration oil 200 ml - Kecepatan standart kompresor 3000 RPM

2. Evaporator

Dalam menentukan evaporator perlu diketahui luas permukaannya, adapun untuk perhitungan luas permukaan evaporator adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{Q_t}{k \times \Delta T}$$

$$A = \frac{4122,172}{200 \times 15}$$

$$A = 1,3740 \text{ m}^2$$

Dimana :

A = Luasan Evaporator

Q_T = Beban panas yang diambil oleh evaporator (kcal/h)

K = Koefisien perpindahan panas 200 $\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

ΔT = Kisaran perbedaan temperatur

3. pada ruang pendinginan $\cong \pm 15 \text{ } ^\circ\text{C}$ Menggunakan pipa stainless steel ukuran 3/8" = 0,9375cm Keliling = πD

$$= 3,14 \times 0,9375$$

$$= 2,94 \text{ cm} = 294 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pipa} = 13740/2,94$$

$$= 4673,469 \text{ cm} = 46734,69 \text{ mm}$$

$$Q_2 = Q \times R$$

$$= 4122,172 \times 1,5$$

$$= 6183,258 \text{ kcal}$$

$$F = \frac{Q_2}{k \times \Delta T}$$

$$F = \frac{6183,258}{450 \times 15}$$

$$F = 0,9160 \text{ m}^2$$

Dimana :

F = Luas permukaan pendinginan kondensor (m^2)

Q_2 = Beban panas penguapan (kcal/h)

K = Koefisien perpindahan panas keseluruhan 450 $\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

ΔT = Kisaran perbedaan temperatur pada kondensor $\cong \pm 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

Jadi luas pipa yang dibutuhkan untuk proses kondensasi yaitu 0,9160 m^2 . Jika menggunakan pipa ukuran 3/8" maka dibutuhkan pipa dengan panjang 3115,646 cm.

5. Tangki Penampung Receiver

merupakan suatu tabung yang digunakan untuk menampung cairan refrigeran yang telah terkondensasi dikondensor. Untuk itu volume tabung disesuaikan dengan banyaknya refrigeran yang digunakan. Pada perancangan sistem IRP ini menggunakan receiver drier yang berfungsi untuk menampung refrigeran cair.

6. Penyaring Filter

digunakan untuk menyaring dan membersihkan kotoran refrigeran yang mengalir dari alat penampung receiver. Filter tersebut sangat penting karena jika refrigeran kotor dapat menyebabkan karat bahkan kerusakan pada komponen-komponen sistem IRP ini. Filter ini dipasang setelah receiver drier.

7. Katup Ekspansi

Katup ekspansi mengatur pemasukan refrigeran sesuai dengan beban pendinginan yang harus dilayani oleh evaporator. Jadi katup ekspansi mengatur supaya evaporator dapat selalu bekerja sehingga dapat diperoleh efisiensi siklus refrigerasi yang maksimal.

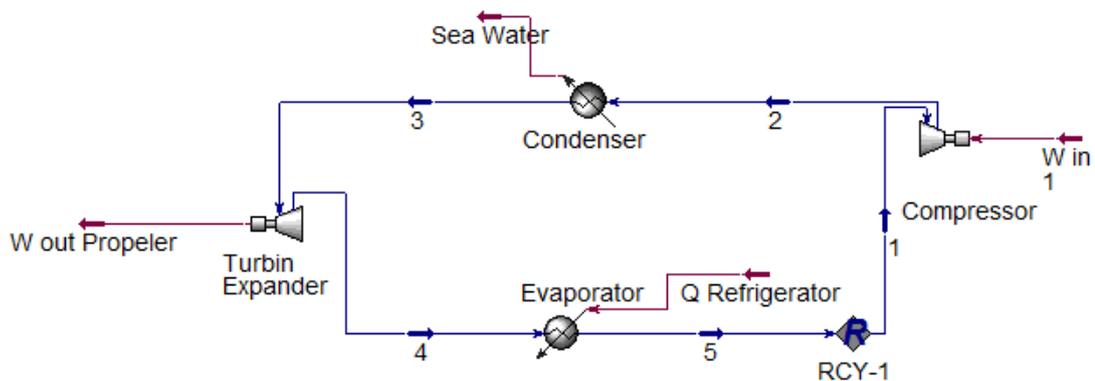
8. Sight Glass Alat ini mempunyai fungsi untuk melihat keadaan refrigeran di dalam sistem. Pada alat ini terdapat dua indikator yaitu kuning dan hijau. Kuning mengindikasikan bahwa sistem tersebut terdapat uap air dan jika hijau mengindikasikan bahwa sistem tersebut tidak ada uap air. Jika di dalam sight glass terdapat buih-buih refrigeran maka sistem tersebut kurang refrigeran.

9. Kebutuhan Refrigerant Penentuan jenis refrigeran ini menggunakan refrigeran tipe R134a.

10. Komponen Pelengkap

- Double Neple Joint
- Selang freon
- Mur dan baut
- Sealtape

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar.1 Sistem Simulasi IRP

Sistem ini menggunakan refrigeran R134a dan memulai dari aliran pertama yaitu aliran 1. Aliran 1 refrigeran berada pada keadaan vapor dan akan masuk kedalam kompresor dimana tekanan pada refrigeran akan ditingkatkan dari tekanan awal 1 kg/cm^2 menjadi 2 kg/cm^2 . Dari tabel dibawah ini dapat dilihat beberapa parameter pada kompresor.

Compressor		
Feed Pressure	1	kg/cm ²
Product pressure	2	kg/cm ²
Molar Flow	229.7	kgmole/h
Energy	4.084 e+5	kJ/h

Tabel.1 Hasil Simulasi Compressor

Kompresor akan memampatkan refrigerant hingga tekanan meningkat dari tekanan awal 1kg/cm^2 menjadi 2kg/cm^2 . Dengan jumlah aliran molar sebesar 229.7 kgmole/h kompresor ini membutuhkan energy sebesar $4.084\text{e}+5\text{ kJ/h}$. Pada aliran kedua refrigerant telah memiliki tekanan yang lebih tinggi dari aliran 1. Proses pada kompresor tidak hanya membuat tekanan meningkat tetapi temperature refrigerant juga akan meningkat. Pada aliran 2 temperature refrigerant sebesar 40°C akan didinginkan di condenser dengan media air laut. Beberapa parameter di condenser dapat dilihat pada tabel 2.

Kondenser		
Duty	$6.999\text{ e}+5$	kJ/h
Feed Temperature	40	C
Product Temperature	29	C

Tabel.2 Hasil

Simulasi Condenser

kondenser memiliki fungsi untuk mendinginkan refrigerant dari temperature 40°C menjadi temperature 29°C . proses pada kondenser hanya akan menurunkan temperature refrigerant tanpa ada perubahan fasa dari vapour menjadi cair pada refrigerant. Perubahan fasa pada kondenser akan mengakibatkan kerusakan pada peralatan selanjutnya yaitu turbin expander.

Turbin expander memiliki fungsi untuk menurunkan tekanan refrigerant dengan memutar sudu-sudu pada turbin expander tersebut. Pada aliran 3 setelah suhu diturunkan, diharapkan refrigerant tidak berubah fasa dari vapour menjadi cair. Adanya zat cair yang akan melewati turbin expander akan membuat kerusakan pada sudu-sudunya sehingga turbin expander mengalami kerusakan. Mengetahui kondisi ini, pengaturan pada jumlah pendingin air laut pada kondenser dapat tetap terjaga. Pada turbin expander tekanan refrigerant akan diturunkan dari 2kg/cm^2 menjadi 1kg/cm^2 . Dengan turunnya tekanan refrigerant akan didapatkan energy sebesar $2.808\text{ e}+5\text{ kJ/h}$. untuk melihat beberapa parameter dari turbin expander dapat dilihat pada table 3.

Turbin Expander		
Feed Pressure	2	kg/cm ²
Product pressure	1	kg/cm ²
Molar Flow	229.7	kgmole/h
Energy	$2.808\text{ e}+5$	kJ/h

Tabel.3 Hasil Simulasi Turbin Expander

Pada aliran 4 refrigerant memiliki tekanan yang sama dengan aliran 1 dengan perbedaan hanya pada temperature. Pada aliran 1 temperature 15.19°C . sebelum menuju aliran 1 aliran 4 akan dilewatkan kepada peralatan evaporator. Peralatan ini akan berfungsi mengambil panas dari pendingin ikan. panas akan bertukar dari ikan pada lemari pendingin dengan panas refrigerant sehingga lemari pendingin ikan menjadi dingin dan refrigerant menjadi panas. Beberapa parameter pada evaporator dapat dilihat pada table 4. Setelah aliran refrigerant keluar dari evaporator, refrigerant akan kembali ke tahap awal yaitu kompresi.

Evaporator		
Duty	$8.276\text{ e}+5$	kJ/h
Feed Temperature	-10.85	C
Product Temperature	15.19	C

Tabel.4 Hasil Simulasi Evaporator

III. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan sistem Integrated Refrigerator and Propulsion system (IRPS) memiliki beberapa peralatan utama mulai dari kompresor, kondensor, turbin expander dan evaporator.
2. Sistem ini membutuhkan tenaga untuk memutar kompresor sebesar 4.084×10^5 dan tenaga yang dihasilkan dari turbin expander sebesar 2.808×10^5 yang akan dimanfaatkan dengan system propulsi kapal sehingga dapat menambah kecepatan pada kapal.
3. IRPS melakukan proses perpindahan panas pada peralatan evaporator dan kondenser. Pada peralatan evaporator akan memindahkan panas sebesar 8.276×10^5 antara lemari pendingin ikan dengan refrigerant. Pada kondenser akan memindahkan panas sebesar 6.999×10^5 antara air laut dengan refrigerant.

IV. DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, Zaenal. 2005. Kaji Teknis RSW (Refrigerated Sea Water) untuk Mempertahankan Mutu Ikan di Atas Kapal. Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan : Semarang
- Budiarto, Untung. 2011. Teknik Pendingin dan Tata Udara. Badan Penerbit Universitas Diponegoro : Semarang
- Budihardjo. 2010. Rancang Bangun RSW Armada Tuna Skala Kecil di Perairan Barat Sumatera. Balai Besar Pengembangan dan Penangkapan Ikan : Semarang
- Dossat, Roy J. 1997. Principles of Refrigeration. London
- Derrett. 2001. " Ship Stability for Masters and Mates". Melbourne New Delhi.
- Ilyas, Sofyan. 1988. Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan, Jilid I – Teknik Pendinginan Ikan. Jakarta
- Junianto. 2003. Teknik Pendinginan Ikan. Penebar Swadaya. Jakarta
- Noname. 2005. Refrigeration Fundamental Principles Theory of Refrigeration. Training Departemen Southeast Asian Fisheries Development Center. Thailand
- S Widodo & S Hasan, Sistem Refrigerasi Dan Tata Udara, Jilid 1, Departemen Pendidikan Nasional, 2008
- Saputra, Anggara Hafid. 2008. Optimalisasi Refrigerated Sea Water (RSW) untuk Sistem Pendingin Ikan Pada Kapal Ikan KM. Napoleon. Tugas Akhir ITS Surabaya
- Thanasarnsakorn, Suthipong. 2002. Refrigeration For Lokal Fishing Boats. Training Department/Southeast Asian Fisheries
- Riyadi, Mamat; Budiarto, Untung & Wibawa, Ari 2016, Analisa Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Sistem Pendingin Refrigerated Sea Water (Rsw) Pada Kapal Ikan Tradisional. Tugas Akhir Universitas Diponegoro, Semarang

ANALISIS PEMANFAATAN OUTFALL CANAL BADAK LNG PADA SIKLUS OCEAN THERMAL ENERGY (OTE) DENGAN MENGGUNAKAN BEBERAPA MACAM REFRIGERANT

Abstrak

Air pendingin yang digunakan Badak LNG yaitu air laut yang diambil langsung dengan pengkondisian agar tidak merusak peralatan. Air tersebut digunakan sebagai pendingin di berbagai macam proses seperti pendingin refrigerant, pendingin feed gas, pendingin pada overhead fractionation column condenser, pendingin dalam amine sistem, pendingin pada lube oil sistem dan yang lain. Air laut hasil pendinginan akan dibuang melalui water canal dengan suhu keluaran sekitar 60oC dan didinginkan hingga menjadi suhu air laut biasanya yaitu sekitar 35oC-40oC. Mengingat bahwa suhu pada air buangan air laut pendingin sebesar 35oC-40oC air ini masih memiliki energi yang dapat dimanfaatkan kembali, Pemanfaatan energi dari air buangan tersebut dapat dilakukan dengan membuat pembangkit listrik dengan prinsip perbedaan suhu menggunakan fluida penggerak.

Sistem mesin konversi energi termal lautan (OTE) dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu siklus terbuka, siklus tertutup, dan siklus hibrid. OTEC siklus tertutup terdiri dari beberapa komponen, seperti evaporator, condenser, turbin, pompa, dan generator listrik. Pada sistem ini, air laut dimanfaatkan untuk memanaskan fluida refrigerant hingga menguap dan berubah fase menjadi gas, penguapan refrigerant tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh perpindahan panas, namun terdapat perubahan tekanan yang mempengaruhinya. Refrigerant yang berfase gas akan dimanfaatkan untuk memutar turbin. Setelah dimanfaatkan untuk memutar turbin, refrigerant tersebut di kondensasikan menggunakan air laut dingin yang diperoleh dari laut dengan kedalaman lebih dari 1000 meter dibawah permukaan laut. Setelah itu, tekanan dari refrigerant tersebut di naikan menggunakan pompa, kemudian digunakan kembali untuk memutar turbin. Turbin yang digerakkan oleh refrigerant tersebut dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan energi listrik.

Kata Kunci : Outfall Canal , Siklus OTEC, Refrigerant

Abstract

The cooling water used Badak LNG i.e. sea water taken directly with conditioning so it is not to damage the equipment. The water used as a coolant in a variety of processes such as the refrigerant coolant, cooling in the cooling system, the amine in the lube oil system and the others. Sea water cooling results will be disposed of via water canal with temperature output approximately 60°C and cooled to a temperature of sea water usually amounting about 40°C-35°C. With this temperature, the water still have energy that can be used again, the utilization of energy from wastewater can be done by making the power plant with the principle of distinction temperature. The engine system is ocean thermal energy conversion (OTE) can be classified into three types, namely the open cycle, a closed cycle, and hybrid cycle. Closed-cycle OTEC consists of several components, such as condenser, evaporator, turbine, pump, and power generator. On these systems, sea water is used for heating the fluid refrigerant to evaporate and turn into a gas phase, the evaporation of the refrigerant is not only influenced by heat transfer, but there is a change of pressure that affects it. Steam from the refrigerant that will be used to spin the turbine. Once utilized to rotate the turbine, the refrigerant in cold sea water get condensed obtained from the seawater with a depth of more than 1000 meters below sea level. After that, the pump compressed the refrigerant's pressure, then used again to spin the turbine. A turbine connected with generator to produce an electrical energy.

Key Words: Outfall Canal, Cycles OTEC, Refrigerant

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi panas yang tersimpan dalam air laut dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Seorang peneliti dari Prancis bernama D'Arsonval mengusulkan penggunaan air dari permukaan laut ($24-30^{\circ}\text{C}$) untuk meng-evaporasi ammonia melalui evaporator yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin generator. Temperatur air laut dingin ($8-4^{\circ}\text{C}$) dengan kedalaman 800 – 1000 m digunakan untuk mengkondensasi uap ammonia melalui kondenser. Konsep yang dikembangkan berdasar atas sistem pembangkit siklus termodinamika *rankine cycle*. Sistem inilah yang kemudian dikembangkan dan disebut konversi energi termal lautan (*Ocean Thermal Energy Conversion*). OTEC pertama kali di demonstrasikan pada tahun 1979 di Hawaii dengan energi listrik yang dibangkitkan sebesar 210 kW. Kemudian dikembangkan juga OTEC dengan kapasitas produksi 100 kW di pulau Nauru oleh perusahaan di Jepang. Seperti yang kita tahu, Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah laut yang sangat luas. Hampir 70% wilayah di Indonesia adalah lautan. Selain itu, negara ini juga terletak pada daerah tropis yang umumnya memiliki perbedaan suhu air laut permukaan dan laut dalam yang sangat tinggi, serta memiliki intensitas gelombang laut yang kecil. Potensi energi panas laut yang baik terletak pada daerah antara $6-9^{\circ}$ lintang selatan dan $104-109^{\circ}$ bujur timur. Di kota Bontang sendiri berdekatan dengan daerah santan ulu yang dilalui oleh garis khatulistiwa dengan iklim tropis yang cukup panas. Sehingga memunculkan konsep ide mengenai OTEC ini.

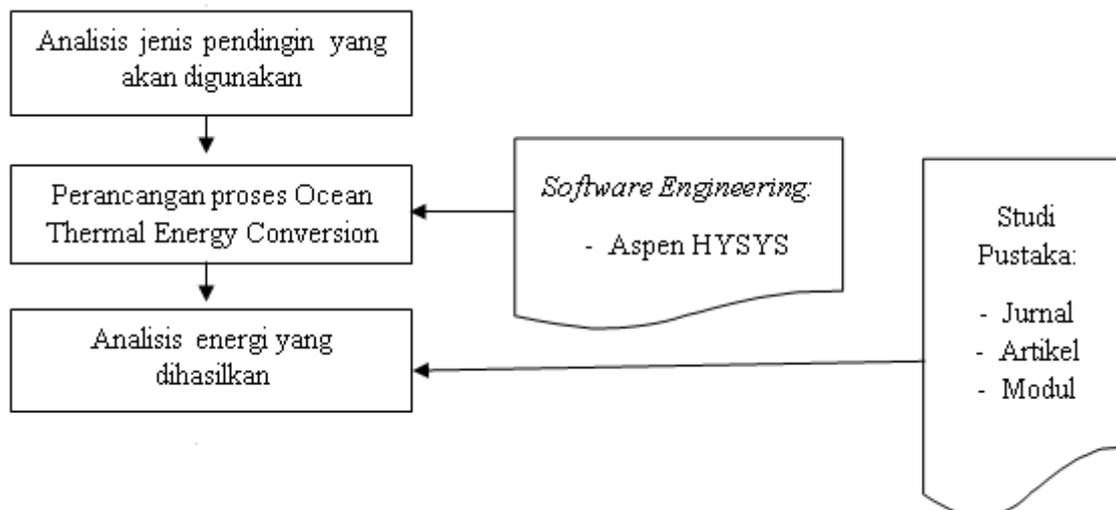
1.2 Tujuan

Tujuan dari analisis ini adalah mendapatkan fluida kerja yang paling baik dan optimal untuk sistem pembangkit OTEC siklus tertutup.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah pengumpulan data berupa *physical properties* dari refrigerant dan simulasi proses OTEC (closed cycle) dengan beberapa fluida kerja sebagai refrigerant menggunakan *software engineering* HYSYS.

2.1 Diagram Alir



2.2 Analisis jenis refrigerant

Pada analisis ini, kami mencoba untuk membandingkan 3 jenis refrigerant, yaitu ammonia (NH₃), R-12, dan R-32. Kami mengetahui kelebihan dan kelemahan setiap jenis refrigerant tersebut dari beberapa hasil penelitian yang telah ada sebelumnya. Diantara ketiga jenis refrigerant tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, antara lain:

1. Ammonia (NH₃)

No	Properties	Nilai	Satuan
1	Rumus kimia	NH ₃	-
2	Massa molekul	17,031	g/mol
3	Titik didih	-33,18 (1atm)	°C
4	Temperatur kritisal	132,4	°C
5	Tekanan kritisal	11333	kPa
6	Densitas kritisal	225	kg/m ³

Tabel. 2.1 Karakteristik NH₃

Ammonia tersusun atas gas nitrogen dan hidrogen. Ammonia merupakan senyawa yang stabil, tidak berbau tajam, dan larut didalam air. Metode utama untuk memproduksi amonia adalah menggunakan proses Haber Bosch yang mereaksikan hidrogen langsung dengan unsur nitrogen, $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$, sehingga mudah untuk didapatkan. Ammonia merupakan fluida kerja utama yang biasa digunakan pada sistem pembangkit OTEC siklus tertutup.

2. R-12 (dichlorodifluoromethane)

No	Properties	Nilai	Satuan
1	Rumus kimia	CCl ₂ F ₂	-
2	Massa molekul	120,91	g/mol
3	Titik didih	-29,75 (1atm)	°C
4	Temperatur kritisal	111,97	°C
5	Tekanan kritisal	4136	kPa
6	Densitas kritisal	565	kg/m ³

Tabel. 2.2 Karakteristik R-12

Refrigerant jenis R12 merupakan senyawa kimia yang stabil untuk membawa panas dan tidak mudah terbakar. Selain itu senyawa ini juga tidak berbau, tidak korosif, dan tidak beracun. R12 biasa digunakan pada sistem air conditioning (AC) mobil. Refrigerant jenis ini mudah didapatkan di pasaran dan harganya lebih murah dibanding dengan refrigerant lainnya.

3. R-32

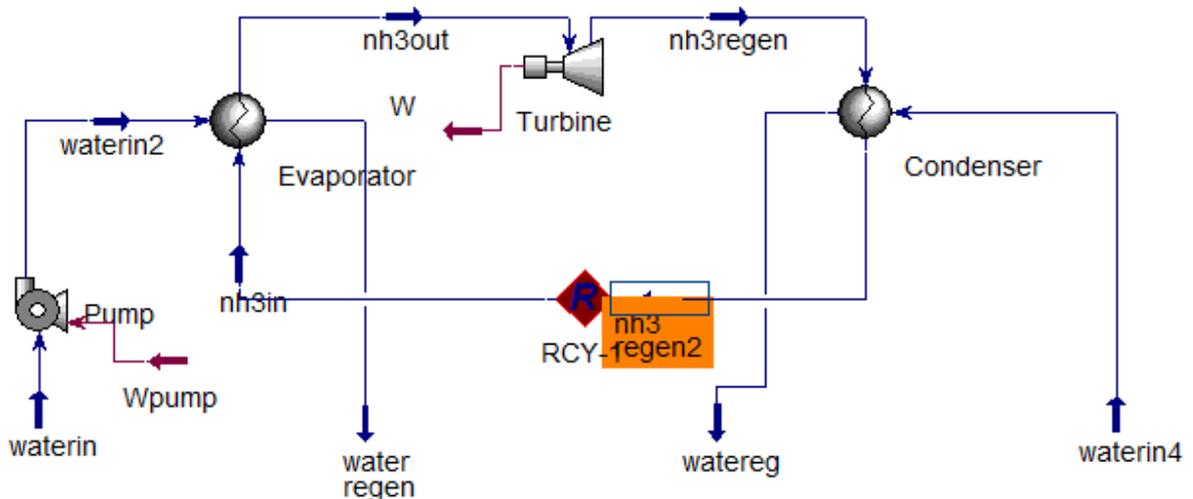
No	Properties	Nilai	Satuan
1	Rumus kimia	CH ₂ F ₂	-
2	Massa molekul	52,024	g/mol
3	Titik didih	-51,5	°C
4	Temperatur kritisal	78,26	°C
5	Tekanan kritisal	5782	kPa
6	Densitas kritisal	424	kg/m ³

Tabel. 2.3 Karakteristik R-32

Freon R-32 pertama kali ditemukan oleh Daikin Jepang pada tahun 2012 yang kemudian dimanfaatkan sebagai pendingin AC. Freon jenis ini tergolong ramah lingkungan karena tidak menyebabkan perusakan lapisan ozon dan tidak mudah terbakar.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis OTEC (Closed Cycle) dengan HYSYS



1. Daya turbin, daya pompa, dan daya netto

Fluida Kerja	Daya turbine (kW)
Ammonia	18306,45
R-12	10377,95
R-32	11428,19

Tabel. 3.1 Daya turbin yang dihasilkan

Fluida Kerja	Daya pompa (kW)
Ammonia	490,02
R-12	568,29
R-32	652,02

Tabel. 3.2 Daya Pompa

Fluida Kerja	Daya netto (kW)
Ammonia	17816,38
R-12	9809,66
R-32	10776,17

Tabel. 3.2 Daya netto

Dari Tabel diatas, dapat dilihat bahwa daya turbin terbesar dihasilkan oleh ammonia, yaitu sebesar 18306 KW yang kemudian diikuti R-32 sebesar 11428 KW, dan R-12 sebesar 10377 KW. Namun berdasarkan kebutuhan daya untuk pompa, ammonia adalah yang paling kecil diikuti R-12, dan R-32. Dilihat dari daya netto yang dihasilkan, ketiga fluida kerja bernilai positif dan dapat digunakan sebagai fluida kerja untuk sistem pembangkit OTEC. Fluida kerja terbaik adalah ammonia dengan daya turbin yang tinggi dan daya parasitic rendah sehingga menghasilkan daya netto sebesar 17816 kW.

2. Kondisi fluida kerja yang kami gunakan pada simulasi siklus OTEC:

a. Siklus OTEC dengan refrigerant ammonia (NH₃)

No	cpsw (kj/kg)	Pinch Point	mcw (kg/s)	Tcin (C)	delta Tcold	Tcout (C)	Cp NH3	mwf (kg/s)	Tfout (C)	Tfin (C)	P cond (bar)
1	4,23	1,4375	500	5	1,25	6,25	4,76	185,28	12,00	15	7,2
2	4,23	1,4375	500	5	2,5	7,50	4,76	370,55	12,00	15	7,2
3	4,23	1,4375	500	5	3,75	8,75	4,76	555,83	12,00	15	7,2
4	4,23	1,4375	500	5	5	10,00	4,76	741,11	12,00	15	7,2
5	4,23	1,4375	500	5	5,75	10,75	4,76	852,27	12,00	15	7,2

Tabel. 3.3 Properties fluida kerja ammonia (NH₃)

b. Siklus OTEC dengan refrigerant R-12

No	Cpsw (kj/kg)	Pinch Point	mww (kg/s)	Twin (C)	twout (C)	Cp R12 (kj/kg)	mwf (kg/s)	Tfout (C)	Tfin (C)	P evap (bar)
1	4,22	1,4375	1250	28	26,91	0,967	911,32	26,50	20	5,6
2	4,22	1,4375	1250	28	25,83	0,967	1822,65	26,50	20	5,6
3	4,22	1,4375	1250	28	24,74	0,967	2733,97	26,50	20	5,6
4	4,22	1,4375	1250	28	23,66	0,967	3645,29	26,50	20	5,6
5	4,22	1,4375	1250	28	23,00	0,967	4192,09	26,50	20	5,6

Tabel. 3.4 Properties fluida kerja R-12

c. Siklus OTEC dengan refrigerant R-32

No	Cpsw (kj/kg)	Pinch Point	mcw (kg/s)	Tcin (C)	delta Tcold	Tcout (C)	Cp R32	mwf (kg/s)	Tfout (C)	Tfin (C)	P cond (bar)
1	4,2	1,4375	500	5	1,25	6,25	1,84	475,54	12,00	15	12,8
2	4,2	1,4375	500	5	2,5	7,50	1,84	951,09	12,00	15	12,8
3	4,2	1,4375	500	5	3,75	8,75	1,84	1426,63	12,00	15	12,8
4	4,2	1,4375	500	5	5	10,00	1,84	1902,17	12,00	15	12,8
5	4,2	1,4375	500	5	5,75	10,75	1,84	2187,50	12,00	15	12,8

Tabel. 3.5 Properties fluida kerja R-32

IV. KESIMPULAN

Pada desain optimum sistem pembangkit OTEC siklus tertutup dengan temperatur air laut keluar kondenser dan temperatur fluida kerja keluar evaporator yang telah ditentukan, berikut urutan fluida kerja dengan daya netto terbaik yang dihasilkan:

No	Fluida Kerja	Mwf (kg/s)	W Turbin (MW)	W Pump (MW)	W Netto (MW)
1	Ammonia	412	18,3	0,49	17,8
2	R-32	1038	11,4	0,69	10,7
3	R-12	1401	10,3	0,56	9,8

Tabel. 4.1 Hasil analisis

Pada simulasi OTEC ini, kami menggunakan data dari beberapa referensi yang kemudian kami coba untuk simulasikan pada *software engineering HYSYS*, data yang kami gunakan terbilang cukup besar jika dibandingkan pada siklus OTEC yang ada di Hawaii sehingga memerlukan instalasi yang cukup besar dan mahal. Namun, dari data tersebut kami berhasil mendapatkan angka sesuai pada tabel tersebut yang terbilang cukup baik untuk simulasi siklus OTEC ini.

Simulasi sistem pembangkit OTEC dengan menggunakan fluida kerja ammonia menghasilkan daya terbaik dengan daya turbine sebesar 18,3 MW dan daya pompa 0,49 MW, sehingga daya netto yang dihasilkan sebesar 17,8 MW. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain dengan penggunaan air laut dingin pada kedalaman sekitar 600 m dengan suhu yang didapatkan sekitar 6,4°C dan air laut panas dengan suhu sekitar 35°C sehingga menyebabkan kenaikan daya turbine yang dihasilkan dan daya kebutuhan pompa seiring dengan bertambahnya kedalaman air laut. Selanjutnya dipengaruhi oleh laju aliran massa air laut panas sebesar 1250 kg/s dan laju aliran massa air laut dingin sebesar 500 kg/s yang menyebabkan perpindahan panas pada kondenser dan evaporator lebih efektif dan tidak membuang waktu banyak untuk mencapai suhu fluida kerja awal.

Hasil daya yang didapat tidak lepas dari asumsi yang kami buat pada simulasi siklus OTEC pada HYSYS, seperti tabel berikut:

Komponen	Efficiency
Turbine (%)	100
Generator (%)	100
Working fluid pump (%)	87,65
Warm seawater pump (%)	86,11
Cold seawater pump (%)	92

Tabel. 4.2 Asumsi data

V. Daftar Pustaka

- [1] Avery, W. H. Wu, Chih. 1994. *Renewable energy from the ocean : a guide to OTEC*. Oxford University Press, Inc. New York.
- [2] Kadir, Abdul. 2005. *Teknologi Konversi Energi Panas Laut : Prinsip, Perkembangandan Prospek*, Jakarta: Erlangga.
- [3] Rahman, Y. 2008. *OTEC : Ocean Thermal Energy Conversion*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press. Sims, Calvin. *Steam System May Improve Power Plant*. Cambridge : Cambridge University Press. Sitompul, Darwin 1991. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga.
- [4] Surinati, Dewi. 2009. *Kondisi Oseanografi Fisika Perairan Barat Sumatra (Pulau Simeulue dan Sekitarnya) Pada Bulan Agustus 2007 Pasca Tsunami 2004*. Jakarta Utara.: Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI.
- [5] Uehara, H et al. 1988. *Conceptual Design of Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Power Plants in the Philipines*. Pergamon Press. U.S.A
- [6] William H. Avery, Chih Wu. 1994. *Renewable Energy From The Ocean: A guide to OTEC*, Oxford, .64 ELEKTROMATIKA, VOL. 1, NO. 1, Maret 2011.
- [7] Wu, C. 1987. "A performance bound for real OTEC heat engines". *Ocean engineering*, 24, 349.

Aplikasi Panel Kontrol Siklus Rankine dengan *Reheater* dan *Regenerator* Berbasis LabVIEW

Rezal Arby Handoko¹; Efriza Diningrat²; Belyamin²; Andi Ulfiana²
Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Rezalhandoko49@gmail.com

Abstrak

Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah energi panas menjadi kerja. Panas disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang pada umumnya menggunakan air sebagai fluida yang bergerak. Parameter kerja dari PLTU yang berupa tekanan dan temperatur dari setiap komponen serta daya yang dibangkitkan generator ditampilkan pada panel kontrol. Namun, panel kontrol PLTU di Indonesia belum bisa menampilkan nilai efisiensi siklus PLTU. Oleh karena itu dibutuhkan program yang dapat menghitung efisiensi dari siklus PLTU. Aplikasi panel kontrol siklus Rankine merupakan program yang digunakan untuk menghitung nilai entalpi dan menampilkan flow diagram PLTU pada front panel LabVIEW. Nilai entalpi ini nantinya akan digunakan untuk menghitung panas masuk boiler dan keluar kondensor serta kerja pompa dan turbin. Dengan didapatkan nilai panas dan kerja tersebut maka didapatkan nilai efisiensi siklus PLTU. Nilai inputan, entalpi dan efisiensi siklus yang telah didapatkan akan ditampilkan di setiap komponen yang telah ditentukan beserta flow diagram PLTU pada front panel LabVIEW. Nilai entalpi didapatkan dari program yang sudah dibuat dengan memasukkan nilai tekanan dan temperatur sebagai parameter yang telah ditentukan. Program ini dibuat dengan memasukkan data steam properties dari ASME dan memasukkannya ke dalam excel, lalu data tersebut dihitung dengan program yang sudah dibuat pada aplikasi LabVIEW dan ditampilkan beserta flow diagram PLTU.

Kata Kunci : Entalpi, PLTU, LabVIEW

Abstract

The Rankine cycle is a thermodynamic cycle that converts heat energy into work. Heat is supplied externally to a closed stream, which generally uses water as a moving fluid. Working parameters of the power plant in the form of pressure and temperature of each component and generator generated power is displayed on the control panel. However, the PLTU control panel in Indonesia has not been able to show the efficiency value of the power plant cycle. Therefore a program that can calculate the efficiency of the power plant cycle is needed. Rankine cycle control panel applications are the programs used to calculate the enthalpy value and display the PLTU flow diagram on the LabVIEW front panel. This enthalpy value will be used to calculate the inlet of the boiler and out of the condenser as well as the work of the pump and turbine. Given the value of heat and work is then obtained the efficiency value of the cycle power plant. The input, enthalpy and efficiency values of the cycles obtained will be displayed in each defined component along with the PLTU flow diagram on the LabVIEW front panel. The enthalpy value is derived from the program already created by entering the value of pressure and temperature as a predetermined parameter. This program is created by entering the steam properties data from ASME and putting it into excel, then the data is calculated with the program already created in the LabVIEW application and displayed along with the flow diagram of the PLTU.

Keywords: Enthalpy, PLTU, LabVIEW

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan Dunia industri khususnya PLTU semakin berkembang di Indonesia seiring dengan teknologi yang bisa membantu memfasilitasi baik sarana maupun prasarana, agar pengoperasian PLTU menjadi aman dan lebih efisien. Tetapi banyak permasalahan pada PLTU yang belum menemukan solusinya khususnya dalam hal menghitung dan menampilkan nilai efisiensi siklus pada PLTU. Hal ini merupakan hal penting dalam menjamin kelancaran operasi kerja peralatan pada PLTU agar lebih optimal dalam membangkitkan listrik. Aplikasi panel kontrol siklus rankine, penyusun membuat simulasi perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan nilai entalpi dan menghitung nilai efisiensi siklus dan menampilkan *flow diagram* PLTU pada *front panel* LabVIEW. Nilai entalpi ini nantinya digunakan untuk menghitung panas masuk boiler dan keluar kondensor serta kerja turbin dan pompa. Dengan didapatkan nilai panas dan kerjamaka dapat menentukan nilai efisiensi siklus pada PLTU. Efisiensi siklus ini nantinya akan dijadikan data acuan untuk PLTU. Karena dengan didapatkan nilai efisiensi siklus dapat mengetahui kualitas kerja dari komponen yang telah ditentukan pada makalah ini. Mengatur nilai tekanan dan temperatur yang diinginkan sebagai parameter maka didapatkan nilai entalpi dari program yang telah dibuat di aplikasi LabVIEW.

Data nilai temperatur, tekanan, entalpi, dan efisiensi akan ditampilkan pada setiap komponen yang telah ditentukan beserta *flow diagram* PLTU pada *front panel* LabVIEW. Dengan mengetahui nilai entalpi pada setiap komponen PLTU yang telah ditentukan, maka dapat mengetahui banyaknya massa bahan bakar batu

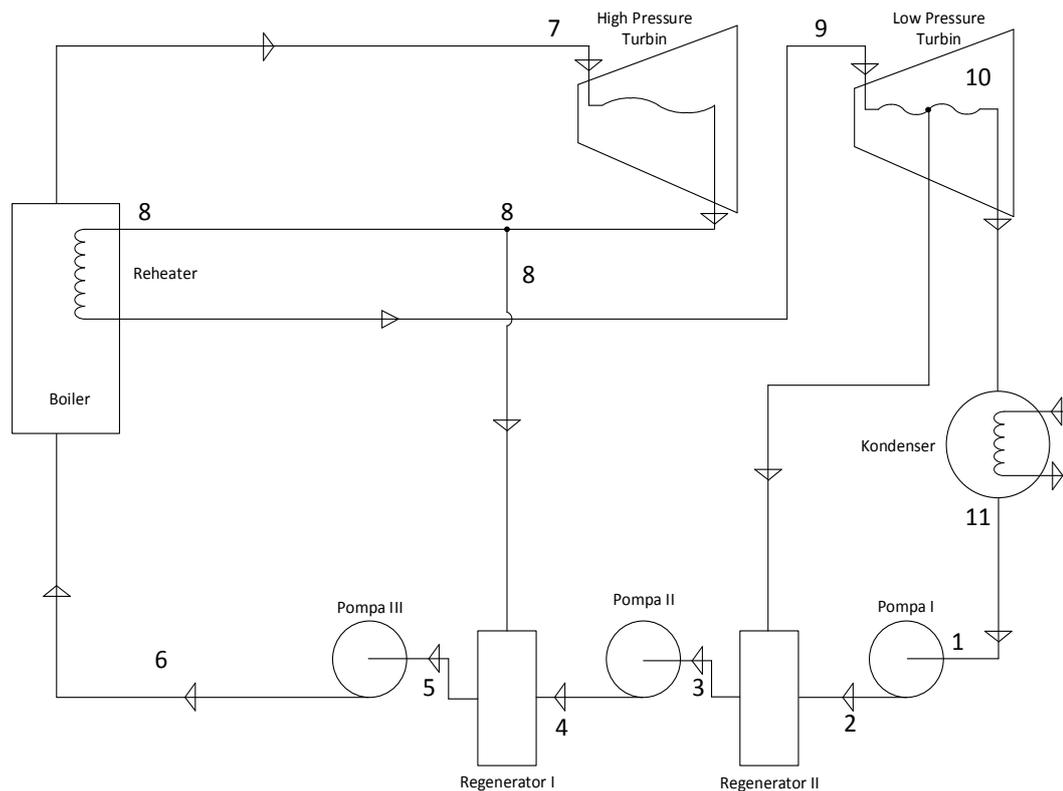
bara yang digunakan. Program ini dibuat dengan memasukkan data *steam properties* dari American Society of Mechanical Engineers dan memasukkannya ke dalam *excel*, lalu data tersebut dihitung dengan program yang sudah dibuat pada aplikasi LabVIEW dan ditampilkan beserta *flow diagram* PLTU. Selain untuk mempermudah menghitung nilai efisiensi siklus pada PLTU, aplikasi ini juga mempermudah proses pembelajaran di kampus khususnya mata kuliah termodinamika, mesin termal dan elektronika daya.

Tujuan

Adapun tujuan penulisan makalah ini adalah mendapatkan nilai efisiensi siklus. Menginput nilai temperatur dan tekanan sebagai parameter, maka didapatkan nilai entalpi yang telah dihitung secara otomatis melalui program yang telah dibuat di dalam aplikasi LabVIEW. Nilai entalpi ini nantinya digunakan untuk menghitung kerja pompa dan turbin serta panas masuk *boiler* dan kondensor. Sehingga didapatkan nilai efisiensi siklus. Selain itu nilai entalpi akan ditampilkan pada setiap titik komponen yang telah ditentukan beserta parameter tekanan dan temperatur.

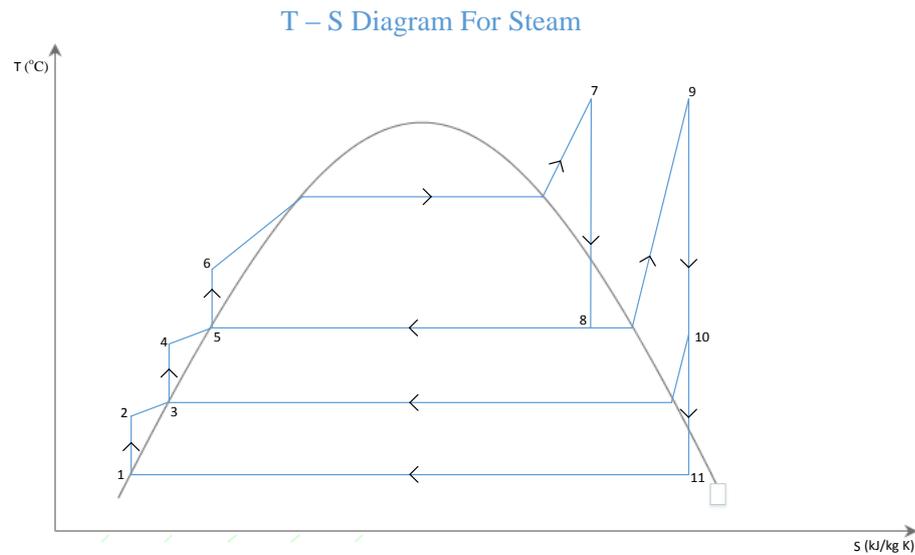
Tinjauan Pusaka Siklus Rankine

Pada penggunaannya, siklus Rankine mengalami beberapa modifikasi proses sehingga didapatkan efisiensi termal total yang lebih tinggi. Seperti penggunaan *preheater* atau pemanasan awal sebelum masuk boiler, dan juga penggunaan pemanasan ulang uap air yang keluar dari turbin pertama (*high pressure turbine*) sehingga dapat digunakan lagi untuk masuk ke turbin kedua (*low pressure turbine*). Untuk lebih mudah memahaminya dapat kita lihat skema prosesnya pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Flow Diagram Siklus Rankine Dengan *Regenerator* dan *Reheater*

Gambar 1 menjelaskan tentang skema PLTU, air yang telah dikondensasikan dipompa menuju regenerator I dan II, di dalam regenerator air dipanaskan menggunakan panas yang dibocorkan melalui HP turbin dan LP turbin. Hal ini dilakukan agar meringankan kerja boiler untuk memanaskan air sehingga air lebih cepat berubah menjadi uap. Lalu air dipompa lagi untuk menuju boiler untuk dipanaskan agar mendapatkan tekanan dan temperatur yang tinggi. Uap kering yang keluar dari boiler digunakan untuk memutar *high pressure turbine* dan *low pressure turbine*.



Gambar 2. Diagram Temperatur-Entropi Untuk Modifikasi Siklus Rankine

Selain itu perbedaan yang lain dengan siklus Rankine dasar adalah adanya pemanasan kembali uap air yang keluar dari turbin pertama (*High Pressure Turbine*) oleh *boiler reheater* untuk kembali mendapatkan *fase superheater* dan hasilnya kembali dimasukkan ke turbin kedua (*Low Pressure Turbine*). Selain itu juga ada sistem *bypass* uap air untuk tidak dilewatkan ke turbin uap. Uap *superheater* yang keluar dari boiler tidak masuk ke turbin dan di-*bypass* masuk kembali ke boiler sisi reheater. Dan uap yang keluar dari boiler reheater di-*bypass* untuk masuk langsung ke kondensator. Fungsi dari sistem *bypass* ini adalah sebagai sistem proteksi apabila terjadi suatu masalah di siklus Rankine tersebut sehingga dapat terhindar dari kerusakan yang parah, dan digunakan pada saat proses penyalaan awal sistem siklus juga proses mematkannya.

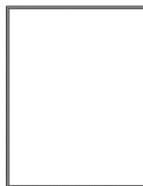
Sebagai aplikasi pendukung PLTU, program ini dibuat menggunakan aplikasi LabVIEW dan didukung Ms. Excel. Studi ini dilakukan secara terstruktur dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Data base *steam table* oleh ASME siklus Rankine diinput kedalam aplikasi Ms.Excel
2. Membuat panel kontrol PLTU dengan 1 *reheater* dan 2 *regenerator* pada *front panel* LabVIEW
3. Membuat perhitungan siklus Rankine menggunakan fasilitas pada aplikasi LabVIEW, parameter inputan tekanan dan temperatur. *Data base* perhitungan berasal dari *steam table* ASME yang sudah diinput pada Ms. Excel.
4. Menggabungkan panel kontrol PLTU dengan program perhitungan dan ditampilkan pada front panel LabVIEW

Tinjauan Pustaka *LabVIEW*

Formula node

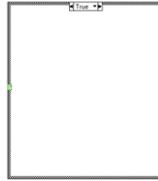
Formula node berfungsi untuk mengevaluasi rumus matematika dan ekspresi yang mirip dengan C pada diagram blok. Fungsi-fungsi bawaan berikut diizinkan dalam rumus: abs, acos, acosh, asin, asinh, atan, atan2, atanh, ceil, cos, cosh, cot, csc, exp, expm1, floor, getexp, getman, int, intrz, ln, lnpl, log, log2, max, min, mod, pow, rand, rem, sec, tanda, sin, sinc, sinh, sizeofDim, sqrt, tan, tanh. ula Node.



Gambar 3. Fungsi *Formula Node*

Case Structure

Case Structure merupakan program yang berisi satu atau lebih sub diagram atau kasus, tepatnya salah satunya dijalankan ketika struktur dijalankan. Nilai yang ditransfer ke pemilih kasus menentukan kasus mana yang akan dieksekusi.



Gambar 4. Fungsi *Case Structure*

While Loop

While Loop berfungsi untuk mengulangi kode di dalam subdiagramnya sampai kondisi tertentu terjadi. While Loop selalu mengeksekusi setidaknya satu kali, maksud nya program tetap bisa berjalan dengan inputan yang diubah – ubah.



Gambar 5. Fungsi *White Loop*

Wait Until Next Ms Multiple

Wait Until Next Ms Multiple berfungsi untuk menunggu hingga nilai pengatur waktu milidetik menjadi kelipatan dari beberapa milidetik yang ditentukan. Fungsi ini untuk menyinkronkan aktivitas. Anda dapat memanggil fungsi ini dalam satu lingkaran untuk mengontrol laju eksekusi loop. Namun, ada kemungkinan bahwa periode loop pertama mungkin pendek. Pengkabelan nilai 0 hingga milidetik beberapa input memaksa utas saat ini untuk menghasilkan kontrol CPU. Fungsi ini membuat panggilan sistem synchronous, tetapi node itu sendiri berfungsi secara bersamaan. Oleh karena itu, tidak menyelesaikan eksekusi sampai waktu yang ditentukan telah berlalu.



Gambar 6. *Wait Until Next Ms Multiple*

Control

Kontrol berfungsi sebagai inputan untuk menginput nilai tekanan dan temperature yang diinginkan.



Gambar 7. *control*

Indicator

Indikator berfungsi sebagai outputan untuk menunjukkan hasil dari entalpi, kerja pompa, kerja turbin, panas serap boiler, panas lepas kondensor dan efisiensi siklus.



Gambar 8. Fungsi *Indicator*

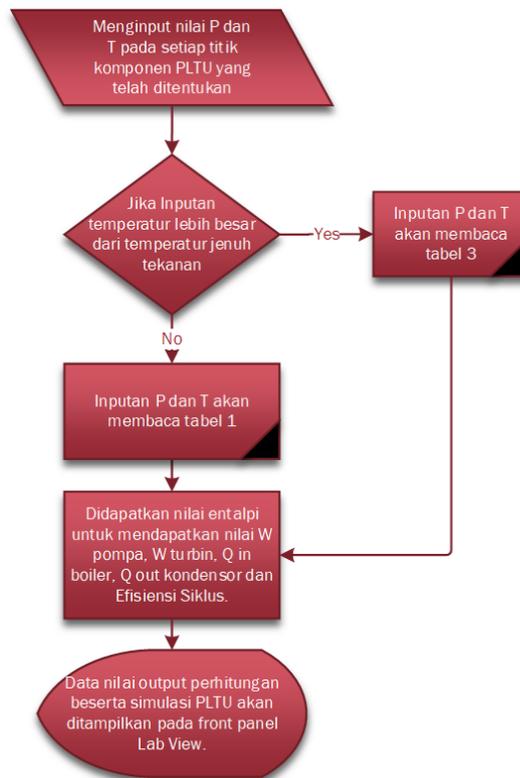
Function Or

Menghitung OR yang logis dari input. Kedua input harus berupa nilai Boolean, nilai numerik, atau gugus kesalahan. Jika kedua input itu *FALSE*, fungsi mengembalikan *FALSE*. Jika tidak, ia mengembalikan *TRUE*.



Gambar 9. Fungsi Or

Flow chart program LabVIEW



Gambar 10. Flow chart program LabVIEW

Rumus Yang Digunakan

$$\eta_{\text{siklus}} = \frac{W_{\text{turbin}} - W_{\text{pompa}}}{Q_{\text{boiler}}} \times 100 \% \quad \dots(\text{persamaan 1})$$

$$\frac{W_{\text{turbin}}}{\text{kg}} = (h_7 - h_8) + (h_9 - h_{11}) \quad \dots(\text{persamaan 2})$$

$$\frac{W_{\text{pompa}}}{\text{kg}} = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3) + (h_6 - h_5) \quad \dots(\text{persamaan 3})$$

$$\frac{Q_{\text{boiler}}}{\text{kg}} = (h_7 - h_6) + (h_9 - h_8) \quad \dots(\text{persamaan 4})$$

Keterangan :

- η_{siklus} : Efisiensi Siklus (%)
- W_{turbin} : Kerja Turbin (kJ)
- W_{pompa} : Kerja Pompa (kJ)
- Q_{boiler} : Panas Serap Boiler (kJ)
- h_1 : Entalpi Masuk Pompa 1 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_2 : Entalpi Keluar Pompa 1 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_3 : Entalpi Masuk Pompa 2 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_4 : Entalpi Keluar Pompa 2 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_5 : Entalpi Masuk Pompa 3 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_6 : Entalpi Keluar Pompa 3 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_7 : Entalpi Masuk Turbin 1 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_8 : Entalpi Keluar Turbin 1 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
- h_9 : Entalpi Masuk Turbin 2 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$

h_{10} : Entalpi Keluar Turbin 2 $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
 h_{11} : Entalpi Masuk Kondensor $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$

II. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

1. Melakukan studi lapangan di pembangkit
2. Studi literatur mengenai siklus Rankine
3. Studi literatur mengenai Ms.Excel
4. Pengujian Ms.Excel dengan menggunakan data heat balance
5. Studi literature mengenai program LabVIEW
6. Pembuatan program LabVIEW
7. Mencari data heat balance dari PLTU Gresik
8. Pengujian program LabVIEW
9. Analisa Data

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Uji Perhitungan LabVIEW

Dengan menginput tekanan dan temperatur pada setiap komponen, maka didapat :

Tabel 1. Data entalpi menggunakan perhitungan LabVIEW

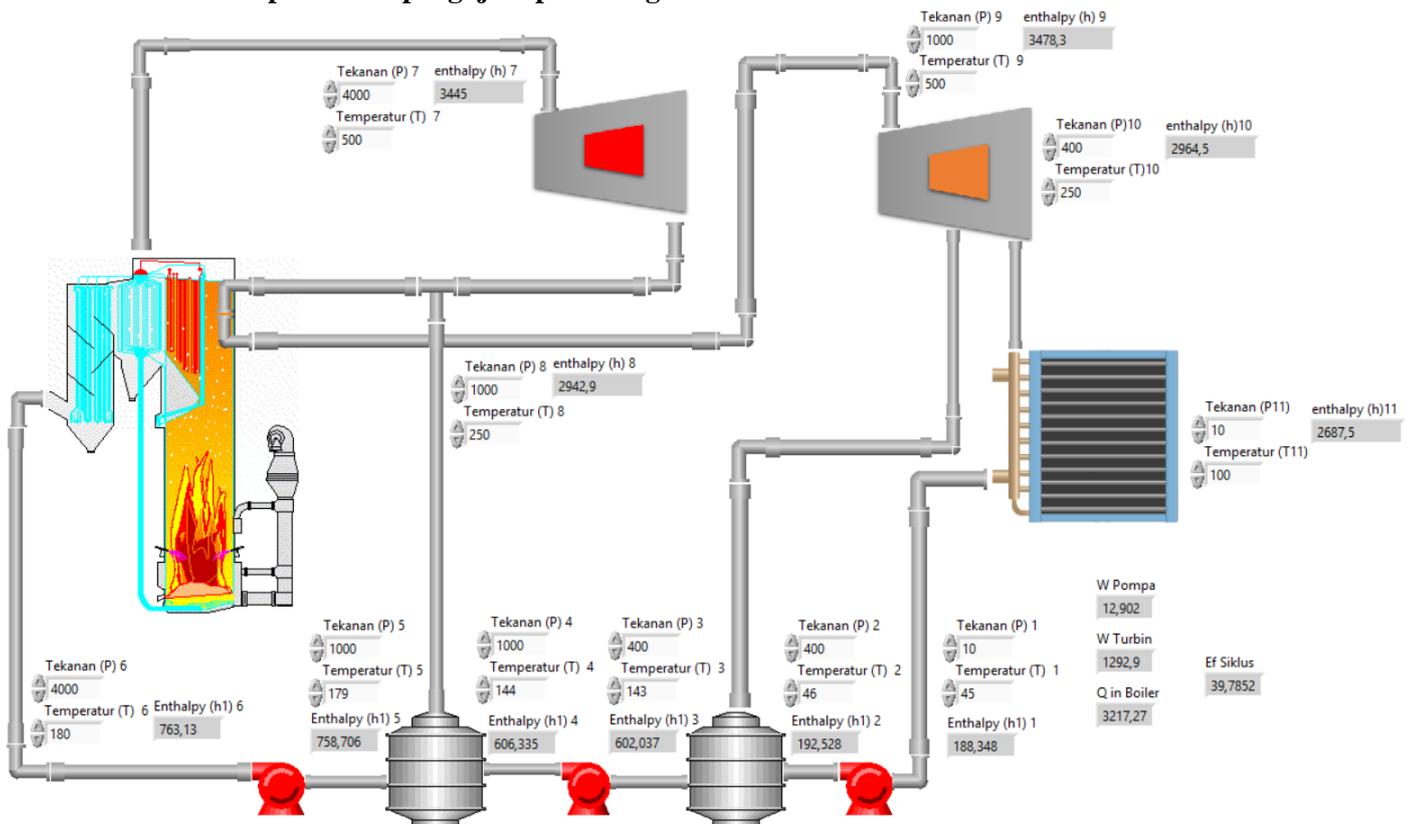
Titik	P (kPa)	T (°C)	h $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$
1	10	45	188,34
2	400	46	192,528
3	400	143	602,037
4	1000	144	606,335
5	1000	179	758,706
6	4000	180	763,13
7	4000	500	3445
8	1000	250	2942,9
9	1000	500	3478,3
10	400	250	2964,5
11	10	100	2687

Dengan menggunakan data diatas, maka dapat dihitung :

Tabel 2. Data kerja dan efisiensi menggunakan perhitungan LabVIEW

W pompa $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$	W turbin $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$	Q boiler h $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$	Efisiensi siklus (%)
12,902	1292,9	3217,27	39,7852

Front panel saat pengujian perhitungan LabVIEW



Gambar 11. Front Panel LabVIEW

2. Hasil Uji Perhitungan ConvertPad

Dengan menginput tekanan dan temperatur pada setiap komponen, maka didapat :

Tabel 3. Data entalpi menggunakan perhitungan ConvertPad

Titik	P (kPa)	T (°C)	h ($\frac{kJ}{kg}$)
1	10	45	188,351
2	400	46	192,87
3	400	143	601,995
4	1000	144	606,671
5	1000	179	758,709
6	4000	180	764,644
7	4000	500	3444,986
8	1000	250	2943,045
9	1000	500	3478,285
10	400	250	2964,498
11	10	100	2687,524

Dengan menggunakan data diatas, maka dapat dihitung :

Tabel 4. Data kerja dan efisiensi menggunakan perhitungan ConvertPad

W pompa ($\frac{kJ}{kg}$)	W turbin ($\frac{kJ}{kg}$)	Q boiler h ($\frac{kJ}{kg}$)	Efisiensi siklus (%)
15,13	1292,702	3215,582	39,7306

- $W_{pompa} = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3) + (h_6 - h_5)$
 $W_{pompa} = (192,87 - 188,351) \frac{kJ}{kg} + (606,671 - 601,995) \frac{kJ}{kg} + (764,644 - 758,709) \frac{kJ}{kg}$
 $W_{pompa} = 4,519 \frac{kJ}{kg} + 4,676 \frac{kJ}{kg} + 5,935 \frac{kJ}{kg}$
 $W_{pompa} = 15,13 \frac{kJ}{kg}$
- $W_{turbin} = (h_7 - h_8) + (h_9 - h_{11})$
 $W_{turbin} = (3444,986 - 2943,045) \frac{kJ}{kg} + (3478,285 - 2687,524) \frac{kJ}{kg}$
 $W_{turbin} = 501,941 \frac{kJ}{kg} + 790,761 \frac{kJ}{kg}$
 $W_{turbin} = 1292,702 \frac{kJ}{kg}$
- $W_{boiler} = (h_7 - h_6) + (h_9 - h_8)$
 $W_{boiler} = (3444,986 - 764,644) \frac{kJ}{kg} + (3478,285 - 2943,045) \frac{kJ}{kg}$
 $W_{boiler} = 2680,342 \frac{kJ}{kg} + 535,24 \frac{kJ}{kg}$
 $W_{boiler} = 3215,582 \frac{kJ}{kg}$
- $\eta_{siklus} = \frac{W_{turbin} - W_{pompa}}{Q_{boiler}} \times 100 \%$
 $\eta_{siklus} = \frac{1292,702 \frac{kJ}{kg} - 15,13 \frac{kJ}{kg}}{3215,582 \frac{kJ}{kg}} \times 100 \%$
 $\eta_{siklus} = 39,7306 \%$

3. Hasil Uji Perhitungan Manual

Dengan menginput tekanan dan temperatur pada setiap komponen, maka didapat :

Tabel 5. Data entalpi menggunakan perhitungan manual

Titik	P (kPa)	T (°C)	h ($\frac{kJ}{kg}$)
1	10	45	188,34
2	400	46	192,528
3	400	143	602,037
4	1000	144	606,335
5	1000	179	758,706
6	4000	180	763,13
7	4000	500	3445
8	1000	250	2942,9
9	1000	500	3478,3
10	400	250	2964,5
11	10	100	2687

Contoh perhitungan manual dengan titik 1 sebagai contoh :

Dengan menginput nilai tekanan 10 kPa dan temperatur 45° C maka didapat nilai entalpi sebesar 188,34822

$\frac{kJ}{kg}$

$$\frac{40,316 - 45}{4684} = \frac{168,77 - h}{168,77 - 191,83}$$

$$\frac{5517}{-19,57822} = \frac{168,77 - h}{-23,06}$$

$$-19,57822 = 168,77 - h$$

$$h = 188,34822 \frac{kJ}{kg}$$

Dengan menggunakan data diatas, maka dapat dihitung :

Tabel 6. Data kerja dan efisiensi menggunakan perhitungan manual

W pompa ($\frac{kJ}{kg}$)	W turbin ($\frac{kJ}{kg}$)	Q boiler h ($\frac{kJ}{kg}$)	Efisiensi siklus (%)
12,901	1292,9	3217,27	39,7852

- $W_{pompa} = (h_2 - h_1) + (h_4 - h_3) + (h_6 - h_5)$
 $W_{pompa} = (192,52835 - 188,34822) \frac{kJ}{kg} + (606,3348837 - 602,0372632) \frac{kJ}{kg} + (763,1298329 - 758,7061947) \frac{kJ}{kg}$
 $W_{pompa} = 4,18013 \frac{kJ}{kg} + 4,2976205 \frac{kJ}{kg} + 4,4236382 \frac{kJ}{kg}$
 $W_{pompa} = 12,9013887 \frac{kJ}{kg}$
- $W_{turbin} = (h_7 - h_8) + (h_9 - h_{11})$
 $W_{turbin} = (3445 - 2942,9) \frac{kJ}{kg} + (3478,3 - 2687,5) \frac{kJ}{kg}$
 $W_{turbin} = 502,1 \frac{kJ}{kg} + 790,8 \frac{kJ}{kg}$
 $W_{turbin} = 1292,9 \frac{kJ}{kg}$
- $Q_{boiler} = (h_7 - h_6) + (h_9 - h_8)$
 $Q_{boiler} = (3445 - 763,1298329) \frac{kJ}{kg} + (3478,3 - 2942,9) \frac{kJ}{kg}$
 $Q_{boiler} = 2681,870167 \frac{kJ}{kg} + 535,4 \frac{kJ}{kg}$
 $Q_{boiler} = 3217,270167 \frac{kJ}{kg}$
- $\eta_{siklus} = \frac{W_{turbin} - W_{pompa}}{Q_{boiler}} \times 100 \%$
 $\eta_{siklus} = \frac{1292,9 \frac{kJ}{kg} - 12,9013887 \frac{kJ}{kg}}{3217,270167 \frac{kJ}{kg}} \times 100 \%$
 $\eta_{siklus} = 39,78523857 \%$

4. Pembahasan

Perhitungan dan pembahasan dari proses pengambilan data dan pengumpulan data yang dikumpulkan meliputi data perhitungan manual, data perhitungan dari program LabVIEW yang telah dibuat, serta data perhitungan menggunakan aplikasi ConvertPAD. Data entalpi tersebut didapatkan dengan menginput nilai tekanan dan temperatur. Untuk mendapatkan variabel lain yang diinginkan seperti kerja turbin, kerja pompa, panas serap boiler, serta efisiensi siklus. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus yang telah tersedia. Nilai entalpi yang dihitung memiliki nilai yang sama untuk metode perhitungan manual dan program LabVIEW sedangkan ada perbedaan nilai entalpi dengan metode perhitungan convertPAD yang berkisar antara 0,002-1,514 kJ/kg. Pada metode pertama yaitu menggunakan program perhitungan yang telah dibuat pada LabVIEW, didapatkan efisiensi siklus PLTU dengan 1 reheater dan 2 regenerator sebesar 39,78 %. Pada metode kedua yaitu menggunakan aplikasi ConvertPad untuk mencari nilai entalpi, didapatkan efisiensi sebesar 39,73%. Untuk mendapatkan efisiensi pada metode ini, efisiensi harus tetap dihitung secara manual menggunakan rumus yang tersedia. Hal ini dikarenakan aplikasi ConvertPad tidak menyediakan fungsi untuk mengetahui efisiensi siklus tetapi menyediakan fungsi untuk mengetahui entalpi. Pada metode perhitungan ketiga, yaitu metode perhitungan manual didapatkan efisiensi sebesar 39,78 %.

Untuk mendapatkan nilai entalpi dan nilai efisiensi pada metode ini, sepenuhnya dilakukan oleh pemakalah dengan cara membaca *steam table properties* untuk mencari entalpi. Kemudian data entalpi tersebut diolah menggunakan rumus yang tersedia untuk mendapatkan nilai efisiensi. Dari data yang telah didapatkan diatas, nilai efisiensi yang didapatkan dengan metode perhitungan manual maupun metode perhitungan menggunakan program LabVIEW yang telah dibuat memiliki hasil yang tidak jauh berbeda. Dikarenakan perhitungan manual maupun perhitungan melalui program yang telah dibuat, kedua metode perhitungan ini menggunakan *steam table properties* dengan sumber yang sama, yaitu ASME untuk mencari nilai entalpi. Sementara itu, dengan adanya perbedaan efisiensi antara metode perhitungan menggunakan aplikasi ConvertPad dengan kedua metode lainnya sebesar 0,05 %. Hal ini bisa saja disebabkan karena perbedaan *steam table properties* yang digunakan sebagai acuan mencari nilai entalpi antara metode manual dan metode LabVIEW dengan metode perhitungan menggunakan aplikasi ConvertPAD.

Keunggulan aplikasi panel kontrol ini adalah lebih cepat dalam mendapatkan nilai entalpi dibandingkan dengan metode manual dikarenakan dengan menginput nilai tekanan dan temperatur disetiap titik maka secara bersamaan nilai efisiensi siklus dapat ditampilkan, serta aplikasi ini dapat menghitung kerja pompa, kerja turbin, panas serap boiler, panas lepas kondenser. Sedangkan di PLTU yang ada di Indonesia masih harus melakukan perhitungan secara manual untuk mendapatkan nilai efisiensi siklus.

III. KESIMPULAN

- a. Efisiensi siklus dapat dihitung jika kerja pompa dan turbin serta panas masuk *boiler* diketahui.
- b. Nilai entalpi yang didapatkan dari perhitungan manual dengan program LabVIEW serta program convertPAD memiliki yang hasil yang sama.
- c. Adanya perbedaan *steam table properties* yang digunakan sebagai acuan mencari nilai entalpi antara metode manual dan metode LabVIEW dengan metode perhitungan menggunakan aplikasi ConvertPad.

IV. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino Dan LabVIEW*. Jakarta: P.T. Elex Media Komputindo.
- [2] El-Wakil, M.M. . 1984. *Powerplant Technology*. Singapore: McGraw-Hill Book Company
- [3] J.Moran, Michael dan Howard N. Shapiro. 2004. *Temodinamika Teknik*. Jakarta: P.T. Gelora Aksara Pratama
- [4] Khurmi, R.S. dan J.K. Gupta. 1978. *Thermal Engineering*. New Delhi: S. Chand.
- [5] Kinksy, Roger. 1989. *Heat Engineering*. Roseville : McGraw-Hill Book Company.
- [6] Kinksy, Roger. 1989. *Heat Engineering*. Roseville : McGraw-Hill Book Company.
- [7] L.K. Well and J. Travis. 1997. *LabVIEW for Everyone : Graphical Programming Made Even Easier*, 2nd Edition. New Jersey : Prentice Hall.
- [8] L.K. Well and J. Travis. 1997. *LabVIEW for Everyone : Graphical Programming Made Even Easier*, 2nd Edition. New Jersey : Prentice Hall.
- [9] Pudjanarsa, Astu – Djati Nursuhud. 2013. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [10] Travis, Jeffrey dan Jim Kring. 2009. *LabVIEW for Everyone : Graphical Programming Made Easy and Fun*, 3rd Edition. Indiana : Prentice Hall.
- [11] How to read an Ms.Excel file by LabView?. <https://forums.ni.com/t5/LabVIEW/How-to-read-an-Microsoft-Excel-file-by-LabVIEW/td-p/1068090>. (akses 28 Februari 2018.)
- [12] Cara menghitung efisiensi termal Siklus Rankine sederhana. <http://artikel-teknologi.com/cara-menghitung-efisiensi-termal-siklus-rankine-sederhana/>. (akses 25 Februari 2018.)
- [13] Analysis of Rankine cycle and its utility in thermal power plant. http://www.iraj.in/journal/journal_file/journal_pdf/2-197-144801829853-59.pdf . (akses 6 Juni 2018)
(ini jurnal, coba download kalau mau baca jga)