



Prosiding A

Seminar Nasional Teknik Mesin PNJ 2017

**Peranan Teknologi Manufaktur,
Rekayasa Material dan Konversi Energi
untuk Pembangunan Berkelanjutan**



Depok, 12 Juli 2017

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy Kampus Baru UI
Depok Jawa Barat 16242
[http:// semnas.mesin.pnj.ac.id](http://semnas.mesin.pnj.ac.id)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang tanpa henti mencurahkan rahmat dan karuniaNya. Serta dengan ijinNya pula Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2017, dengan tema “**Peranan Teknologi Manufaktur, Rekayasa Material dan Konversi Energi untuk Pembangunan Berkelanjutan**”, dapat kami terbitkan.

Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta diselenggarakan sebagai media sosialisasi hasil penelitian yang berkaitan dengan teknologi manufaktur, rekayasa material, dan konversi energi. Seminar ini melibatkan banyak pihak yang dipandang dapat mewakili peran akademisi, peneliti, praktisi industri dan pengusaha. Seminar ini dijadikan sebagai ajang pertukaran informasi dan pengalaman, interaksi ilmiah, dan peningkatan ikatan antara akademisi, peneliti, praktisi industri dan pengusaha, serta sebagai inspirasi dan motivasi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terapan untuk pembangunan berkelanjutan.

Konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) merupakan kesepakatan global dimana pembangunan berorientasi pada pemenuhan kebutuhan manusia melalui pemanfaatan sumberdaya alam secara bijaksana, efisien dan memperhatikan keberlanjutan pemanfaatannya baik untuk generasi masa kini maupun generasi mendatang. Namun, peranan teknologi masih belum dipertimbangkan dalam mencapai pembangunan berkelanjutan tersebut. Teknologi masih dipandang sebagai faktor perusak lingkungan yang tidak mendukung pembangunan berkelanjutan. Oleh karena itu melalui kegiatan Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2017 ini, akademisi, peneliti, praktisi industri dan pengusaha berusaha bekerjasama menyuarkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terapan yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Seminar ini juga ditujukan untuk memperbaharui pengetahuan, jejaring akademis, dan kompetensi peneliti, perancang, dan para mahasiswa Jurusan Teknik Mesin.

Tindak lanjut dari seminar ini adalah publikasi prosiding, dan kami berharap adanya pengembangan konsep-konsep dan aplikasi-aplikasi yang dapat digunakan untuk pembangunan berkelanjutan. Prosiding ini disusun dalam 2 kategori: Prosiding A dan Prosiding B. Prosiding A memuat tulisan dengan kualitas yang lebih baik dibanding dengan Prosiding B. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa tulisan-tulisan tersebut merupakan hasil pemikiran yang bagus, hanya saja masih perlu peningkatan dalam penulisannya. Selain itu, judul atau tulisan-tulisan tersebut dapat menjadi inspirasi tumbuhnya ide atau konsep baru yang lebih baik.

Panitia Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2017 pada kesempatan ini menyampaikan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Dr. Rer. Nat. Ir. Neni Sintawardani (Peneliti Utama Loka Penelitian Teknologi Bersih LIPI).
2. Krisbiantoro (Managing Director PT Aldik Sejahtera Bersama)
3. Unggul Baroto Mustari, B.Eng (Hons) (Manajer Training Industri Otomotif, EPC dan Teknik Alat Berat)

yang telah bersedia menjadi pembicara utama dan berbagi pengetahuan dalam seminar ini.

Panitia juga menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para sponsor:

1. PT Aldik Sejahtera Bersama, PT Holcim , PT Badak LNG, PT Yuasa, PT Pustek E&T
2. Para undangan, pemakalah dan para tamu, baik sebagai dosen, peneliti, praktisi industri, dan mahasiswa yang telah ikut hadir berpartisipasi dalam seminar ini.
3. seluruh pihak yang mendukung terlaksananya seminar ini.

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

Akhir kata, semoga seminar ini dapat dilanjutkan dalam bentuk kerja sama yang lebih konkrit antara peneliti dan praktisi industri dalam bidang penelitian terapan di masa yang akan datang.

Depok, 7 Juli 2017
Ketua Panitia

Dr. Vika Rizkia, ST.,MT.

DAFTAR ISI

GRADE A

1. PERANCANGAN PRODUK

Rancang Bangun Mesin Pengangkat Motor Dengan Prinsip <i>Scissors Lift</i>	1
Rancang Bangun <i>Feeder</i> Pengemas Sosis	12
Rancang Bangun Mesin Las Pipa <i>Long-Tail</i> Kapasitas 450 Unit per Hari	21
Perancangan dan Simulasi Distribusi Suhu Pengereng Pakaian Dengan Menggunakan <i>Software Solidworks</i>	29
Rancang Bangun Mesin Bor Pipa Pada Terompet <i>Long-Tail</i> Kapasitas 50 Unit per Jam	40
Rancangan <i>Automatic Glue Spreaders and Lay up Machine</i> pada Proses Pembuatan Kayu Lapis	49
Rancang Bangun Mesin Bubut Dalam Pipa <i>Longtail</i> Semi Otomatis	60
Rancang Bangun Beam Rotator Alat Bantu Proses Produksi <i>Hoist Cranes</i> di PT. Genta Buana Tripadu	68
Rancang Bangun Mesin Press Papan Partikel	74
Perancangan Intercooler Air Intake Gas Turbine Untuk Menurunkan Temperatur Udara Inlet Compressor	80
Pemanfaatan Sentrifugal <i>Fan</i> Menjadi Simulator Penyeimbang Satu Bidang Dengan <i>Vibscanner</i> Di Parabrik Semen Cilacap	89
Rancang Bangun Kipas Pendingin Pada Bearing ID Fan 542-FN1	98
Rancang Sistem Informasi <i>Cost Analysis</i> Laboratorium <i>Alternative Fuel</i> dan <i>Resources</i>	104
Rancang Bangun <i>Electrical Wiring</i> Pada Kontrol <i>PulseController Bag</i> Filter 432-BF1 Sesuai Holcim <i>Standard Design Criteria</i>	112
Perancangan Sistem Pelumasan Otomatis di Area <i>Crusher Quarry</i> PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban	122
Rancang Bangun <i>Electrical Control</i> untuk <i>Belt Weigher T92-BC2</i> yang Berfungsi untuk Mentransport <i>AFR COCS</i> di <i>Limestone Yard</i>	132
Rancang Bangun Mesin <i>Line Automarking</i> Semiotomatis Untuk Produk Hose di PT. Indokarlo Perkasa.	142
Perancangan Mesin Pembersih Kiriko (Bram) <i>Valve Guide Cylinder Head</i> Berbasis Semi Otomatis di PT. X	150
Rancang Bangun Meja Kalibrasi 3 DoF Dengan Pengaturan Sudut Sebagai Penunjang Perangkat <i>3D Scanner</i>	161
Rancang Bangun Panel Kontrol <i>Tripper 214-TR1</i> Berbasis <i>Programmable Logic Controller</i> dan Radio Link	171
Perancangan <i>Fixture</i> Untuk Pengelasan Pipa Ukuran 4 Sampai Dengan 14 inch	180
Rancang Bangun Mesin Rol dan Sisir Serat	188
Rancang Bangun <i>Magazine FM130</i> untuk Produksi <i>Bushing FM130</i>	194
Rancang Bangun <i>Pipe Inspection Robot</i> Sebagai Alat Bantu Inspeksi Pipa Non Hidrokarbon Ukuran Lebih Dari 12 Inchi di Badak LNG	200

2. REKAYASA MATERIAL

Analisis Pengaruh Lapisan Alumina Berpori Terhadap Peningkatan Daya Serap Zat Warna pada Aluminium Murni untuk Aplikasi Konstruksi	212
--	-----

Rekayasa Sifat Konduktif Elektrik, Sifat Konduktif Panas dan Sifat Laju Aus Komposit Keramik Karbon Konduktif Gerabah – Pleret	221
Analisa <i>Material Removal Rate</i> (MRR) Terhadap Kepresisian Benda Kerja Hasil Bubut	230
3. MANUFAKTUR DAN PROSES PRODUKSI	
Proses Produksi Air Minum Dari Air Limbah Rumah Tangga Menggunakan Perpaduan Proses Elektrokoagulasi dan Adsorpsi	236
Re-Aktivasi dan Modifikasi V93-VA4 Sebagai Sistem <i>Purging</i> Jalur Pengumpanan BBS	243
Perancangan Modifikasi Cengkraman <i>Jig Tool Post</i> Mesin Bubut Konvensional dengan Sistem Hidrolik	252
Studi Kasus Penerapan <i>Workplace Design</i> Guna Meningkatkan Produktivitas Lini Produksi Pencetakan <i>Paving Block</i> di PT. X	279
Modifikasi <i>Snub Pulley</i> di <i>Belt Conveyor</i> L21-BC2 untuk Memudahkan Pelumasan dan Penggantian <i>Bearing Snub Pulley</i>	287
Analisis Kinerja <i>Multi Effect Desalination</i> Terhadap Produk yang Dihasilkan	356
Studi Kasus Peningkatan Efisiensi Waktu <i>Material Handling</i> dari <i>Assembly</i> ke <i>Quality Gate</i> Dengan Penerapan Karakuri di PT AAA	364
Otomasi <i>Valve</i> Pada Sistem Aerasi Silo Semen di Pabrik Semen Holcim Cilacap.....	372
Analisa Kerusakan <i>Shaft Screw Conveyor</i> L92-SC4 di Pabrik Semen Holcim Cilacap	385
Efektifitas Penerapan SML ISO 14001:2015 di PT Holcim Indonesia Tbk, Departemen Quarry Pabrik Tuban	395
4. PERAWATAN DAN PERBAIKAN	
Perencanaan <i>Preventive Maintenance</i> pada Mesin <i>Lifter Bobbin</i> Di PT. V.....	403
Pemeliharaan Guna Membangun Dan Meningkatkan Performa Unit Spindle Mesin <i>Mitsubishi Heavy Industries</i> SN040C Machining Center EX40	414
Perencanaan Perawatan Ebara Pump MZ 12 D	425
<i>Troubleshooting</i> Untuk <i>Preventive Maintenance</i> pada <i>Mold Cover Under</i> RI Side di PT. ASTRA Otoparts Div. EDC sebagai Studi Kasus.....	429
<i>Preventive Maintenance</i> Pada Mesin Re-Weaving Omni Plus TC800di PT. XX.....	436
Perencanaan <i>Preventive Maintenance</i> Mesin CNC Lathe T6 Leadwell Siemens di PT.X.....	443
Pengaruh Pembersihan <i>Screen Basin</i> terhadap Performa <i>Cooling Tower</i> dan <i>Maintenance Screen Basin</i> Pada <i>Cooling Tower</i>	450
Rekondisi <i>Belt Conveyor</i> X12-BC1 Untuk Transport AFR COCS Di <i>Limestone Yard</i> PT. Holcim Tbk Pabrik Cilacap.....	454
Analisa Umur Pakai (<i>Lifetime</i>) <i>Ball Bearing</i> Tipe UCF 4 <i>Bolt Flange</i> Unit pada Mesin <i>Spin Coating Abrasive Clutch</i> Test di PT XY	465
5. KONVERSI ENERGI	
Pengaruh <i>High Pressure Heater</i> No. 1 dan 2 Out Service Terhadap <i>Turbine Heat Rate</i> yang Berdampak pada Pemakaian Batubara.....	477
Analisa Perbandingan Torsi dan Daya Pada Sepeda Motor Berbahan Bakar Bensin dan LPG– PPPTMGB LEMIGAS	486
Perancangan Sistem Kendali Fan pada Outdoor AC	496
Pengaruh Pencampuran <i>Octane Booster</i> dengan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Emisi Gas Buang Pada Suzuki Satria FU 150cc.....	502

<i>Smart Automotive AC (Smac) Berbasis Dual Driver Dengan Efisiensi Tinggi</i>	512
Kajian Penerangan Jalan Umum Menggunakan Lampu LED Tenaga Surya di Ibu Kota	519
Perbandingan Kualitas Biodiesel Dari Tanaman Jarak Pagar dan Tanaman Kemiri Sunan	526
Strategi Pemanfaatan Kincir Angin Sumbu Vertikal Tipe NACA 3412	533
Analisis Keputusan Pengaruh Penggunaan Magnet Neodymium, Beban Mesin, Dan Interaksinya terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin Diesel	542
6. TEKNOLOGI PENGOLAHAN GAS	
Modifikasi <i>Logic Pilot Valve</i> Saat Kondisi Prefilling Ditinjau dari Analisis Kebutuhan BBG.....	550
7. PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK	
Analisis Perbandingan Efisiensi Start Up Pembangkit <i>Supercritical Boiler</i> Menggunakan BCP dengan Tanpa BCP Pada PLTU Jateng 2 Adipala	557
Optimalisasi Penyerapan Energi Matahari Sistem <i>Hybrid Panel Solar Cell</i> dan <i>Solar Thermal</i> Mengikuti Pola Pergerakan Matahari Dengan Teknologi Pengendalian Berbasis PLC-SCADA Pengendalian Berbasis PLC-SCADA	566
Pengaruh Kerusakan <i>Baffle Plate</i> Terhadap Efisiensi HRSG 1.1 pada PLTGU PT. Indonesia <i>Power Up</i> Semarang.....	574
Analisis Pengaruh HP Heater Terhadap <i>Turbine Heat Rate</i> dan Pemakaian Batubara Di PLTU 1×600 MW	584
Analisis Pengaruh Nilai Beban Terhadap NPHR (<i>Net Plant Heat Rate</i>) pada Unit 2 PLTU 2 Labuan Banten	591
Analisis Perbandingan Korosifitas Antara Bahan Perunggu, Tembaga, dan Kuningan Pada Pompa Air Pendingin di PLTA	600
Analisis Perbandingan Kekuatan <i>Impeller Material Bronze</i> dan <i>Phosphor Bronze</i> Pada <i>Cooling Water Pump</i> Pada PLTA Cirata	601
Penurunan Performa Cooling Tower di PLTP Star Energy Wayang Windu Unit 2	606
Analisis Penurunan Efektivitas dan Laju Perpindahan Panas pada Menara Pendingin di PT. DIP	616
Analisis Kinerja Kondensor Unit IV Sebelum dan Sesudah Overhaul	623
Analisis Penyebab Penurunan Performa Cooling Tower di PLTP Kamojang Unit IV	630
Kerusakan <i>Emergency Dewatering Pump</i> Pada PLTA Sidorejo.....	641
Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Bayu (PLTSB) di PT Badak NGL....	649
Analisa Pengaruh <i>Fouling</i> Pada <i>Tube Secondary Superheater</i> terhadap <i>Heat Transfer</i>	659
Pengaruh Pemasangan <i>Rubber Plug</i> Terhadap Kebocoran Tube Kondensor PLTU Cilacap	665
Analisis Penyebab <i>Pressure Drop Brine Blowdown Pump</i> Pada Unit <i>Desalination Plant</i>	673
Analisa Pengaruh Waktu dan Tegangan Terhadap Elektroplating Nikel Pada Instalasi <i>Shaft Seal</i>	680
Analisis Performa <i>Intercooler</i> Tipe <i>Plate Heat Exchanger</i> PLTP Darajat.....	688
Investigasi Permasalahan Vibrasi Pada <i>Sea Water Booster Pump</i> (B) Menggunakan Metode Analisa Spektrum.....	698
Analisis Vibrasi Kerusakan Bearing Pompa Sentrifugal <i>Raw Sea Water Booster</i>	707
Rancang Bangun Sistem Kontroling <i>Dehumidifier</i> Berbasis DHT 11 Pada Pemodelan <i>Area Return Pump</i> Uboh JPR.....	713

Analisis Pengaruh Perubahan Tekanan Vakum Terhadap Kinerja Kondensor di PLTU PT. PJB Unit Pembangkitan Muara Karang	722
Analisis <i>Heat Rate</i> Terhadap Efisiensi Pada Turbin Uap Pada Beban Operasi 135 MW Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap	728
Studi Analisis Perbandingan Laju Perpindahan Panas Material <i>Tube Stainless Steel</i> Dan CuNi Pada Air <i>Cooler Generator</i> PLTA	738
Studi Pengaruh Perubahan Beban Unit 7 PLTA Cirata Terhadap Frekuensi Sistem Jaringan Jamali.....	745
Analisis Kinerja Hotwell Pump Pada Pltp Unit IV Pertamina <i>Geothermal Energy</i> Area Kamojang	755
Kajian Perubahan Efisiensi Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	765
Analisis Kontaminasi Air Pada <i>Electro Hydraulic Oil System</i> di PLTU Adipala.....	773
Optimalisasi Produksi <i>Desalination Plant</i> MSF PT.PJB Up Muara Tawar	774

8. TEKNOLOGI ALAT BERAT DAN OTOMOTIF

9. HUMANIORA

Optimasi Sistem Perencanaan Anggaran Pada Proses <i>Mid Term Planning</i>	784
Pengoptimalan Pemantauan Suhu <i>Clinker</i> Dengan Pemasangan <i>Sensor Temperature</i> Pada 511 – PN3.....	794
Optimalisasi Laporan Termal Kiln Untuk Mensinkronkan Dengan <i>Technical Information System</i>	801
Perhitungan Biaya Bahan Bakar Per <i>Seat-Kilometer</i>	810

1 PERANCANGAN PRODUK

RANCANG BANGUN MESIN PENGANGKAT MOTOR DENGAN PRINSIP SCISSORS LIFT

Martin Tanzil¹, Muhamad Fitra Saputra¹, Muhamad Riski Arifiyanto¹, Vitto Shoba Rizcher¹, Hamdi²,
Tri Widjatmaka²

¹Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424
Telp : +6221 7270044 Fax : (021) 7270034
Email : martintanzil22@gmail.com

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

Abstrak

Pada umumnya ketika memperbaiki dan mencuci motor terdapat empat jenis posisi yaitu berdiri, bungkuk, jongkok, dan duduk, yang dapat mengakibatkan keram otot, nyeri otot, bahkan saraf terjepit pada bagian pinggang, paha, lutut, leher, dan lengan. Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk menanggulangi permasalahan tersebut maka dibuatlah alat bantu yaitu mesin pengangkat motor dengan prinsip scissors lift untuk mempermudah pengerjaan mekanik dalam memperbaiki maupun mencuci motor. Metodologi yang digunakan ialah mendesain alat bantu pengangkat motor dengan prinsip scissor lift dimana alat bantu tersebut menggunakan silinder pneumatik yang mampu mengangkat motor hingga 150Kg. Selanjutnya dilakukan perhitungan teknik meliputi penentuan beban, perhitungan momen pada titik kritis, material dan kekuatan, kemudian dilakukan perhitungan estimasi biaya pembuatan. Alat bantu tersebut didesain berdasarkan dimensi motor pada umumnya yang ada di Indonesia. Hasil perencanaan yang diperoleh untuk rancang bangun alat bantu scissor lift adalah sebagai berikut: panjang = 2000mm, lebar = 700mm, ketinggian minimum = 385mm, ketinggian maksimum = 835mm, sumber tenaga menggunakan sistem pneumatik, rangka konstruksi menggunakan profil siku, segiempat, dan plat, dengan estimasi biaya pembuatan sebesar Rp 3.500.000,-

Kata Kunci: motorcycle lift, scissor lift, pneumatic lift

Abstract

Generally, when maintain or wash motorcycle there are four positions such as stand up, bent over, squat positions, and sit, which cause muscle cramps even Hernia Nucleus Pulposus (HNP) on waist, shoulder, arm, and thigh. according to that problem we have an idea to make a machine for solving the problems that is motorcycle lift with scissors lift principle that make mechanic easier to maintain or wash the motorcycle. Methodology that we use is make a machine motorcycle lift with scissor lift principle which is uses pneumatic cylinder that be able to lift the motorcycle up to 150kg. after that we calculate about weight, torque on critical point, material and strength, then we also calculate about manufacturing cost estimate. This machine designed according to generally Indonesian motorcycle. The result of the design are : length 2000 mm, width = 700 mm, down end = 385 mm, up end 835 mm, we use pneumatic system as power source. We use L profile, hollow and plate for this construction, with estimate manufacturing cost is Rp. 3.500.000,-

Keywords: motorcycle lift, scissor lift, pneumatic lift

1. Latar Belakang dan Tujuan

1. Latar Belakang

Pada zaman era 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.

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.

Dilihat dari banyaknya jumlah kendaraan roda dua (motor) yang digunakan, pasti membutuhkan perawatan baik berupa servis ringan, servis berat, maupun pencucian motor . Dengan adanya perkembangan dan bertambahnya permintaan perawatan sepeda motor, di butuhkanlah suatu alat yang berfungsi untuk mendukung hal tersebut.

Dengan banyaknya permintaan terhadap perawatan sepeda motor tersebut, manusia berusaha untuk menciptakan alat bantu yang diharapkan dapat mempermudah pekerjaan tersebut tanpa mengurangi aspek kenyamanan. Maka dibuatlah alat bantu “rancang bangun alat bantu pengangkat sepeda motor dengan prinsip scissor lift menggunakan sistem pneumatik” yang di gunakan untuk perbaikan sepeda motor dan juga bisa di gunakan untuk mencuci sepeda motor.

Beberapa alat bantu yang sudah pernah dibuat sebelumnya menggunakan system kerja hidrolis baik dengan menggunakan motor listrik maupun dongkrak hidrolis di sistem pengangkatnya, dan ada juga yang menggunakan sumber tenaga listrik, alat angkat yang sudah pernah ada tidak mudah untuk dipindahkan dan cara kerjanya memanfaatkan kompresor. Alat angkat yang akan dibuat ini menggunakan sistem kerja otomatis dengan bantuan Pneumatik dan mudah untuk dipindahkan dan mudah perawatannya.

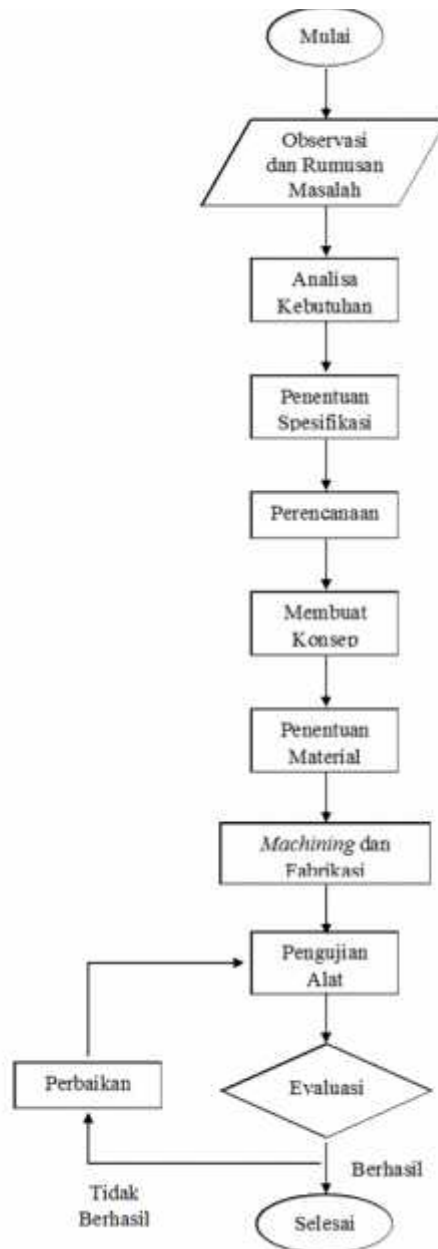
2. Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penulisan dari karya tulis ini adalah:

1. Dapat merancang bangun alat bantu pengangkat sepeda motor.
2. Untuk mengenalkan alat bantu yang mudah perawatannya.
3. Untuk memudahkan dan meningkatkan efisiensi mekanik perawatan sepeda motor.

2. Metodologi Pelaksanaan

Program ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir berikut ini :



3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kebutuhan Pasar

Berdasarkan hasil observasi yang kami lakukan terhadap bengkel dan tempat pencucian motor dikawasan beji, depok, jawa barat, menunjukkan tingginya kebutuhan terhadap motorcycle lifter untuk mempermudah pengerjaan perawatan maupun pencucian sepeda motor.

observasi yang kami lakukan berupa kuisioner dan wawancara kepada beberapa pekerja di bengkel – bengkel maupun tempat pencucian motor yang berada di kawasan beji, depok jawa barat, menghasilkan beberapa poin yang diinginkan oleh para pekerja, antara lain

1. Harga yang terjangkau
2. Perawatan yang mudah
3. Tidak membutuhkan tempat yang luas
4. Tidak memerlukan perlengkapan tambahan
5. Mudah dipindahkan
6. Mudah pengoprasiannya
7. Aman digunakan

Berdasarkan keinginan konsumen ini lah yang menjadi dasar dalam proses perancangan untuk menganalisa kebutuhan konsumen dan penentuan konsep yang kami lakukan dalam menjawab keinginan pasar.

3.2. Kajian Pemanding Alat yang Sudah Ada

Kajian ini digunakan sebagai parameter pembandingan dalam menganalisis permasalahan yang terdapat pada alat yang sudah ada, berdasarkan pada kelebihan dan kekurangan. Berikut adalah alat sejenis yang dijadikan sebagai pembandingan :



1. Pemanding 1

Sumber Alibaba.com

Model	: AX-2012A-1
Dimensi	: panjang 1800mm, lebar 600 mm
Tinggi	: Maksimum 800 mm – Minimum 300 mm
Sistem gerak	: motor
Tegangan	: 220 V 50Hz
Kapasitas maksimum	: 500 kg
Berat	: 150 Kg
Harga	: Rp 9.600.000,-

Kelebihan :

- membutuhkan ruang yang sedikit karena menggunakan prinsip scissor lift
- Dimensi yang dimiliki cukup ramping

Kekurangan :

- menimbulkan suara yang bising karena menggunakan motor sebagai penggerak
- membutuhkan waktu yang lama untuk mengangkat
- sulit dalam proses perawatannya
- harga yang mahal
- sulit dipindahkan

2. Pemanding II



Sumber : tokotomotif

Model	: single post
dimensi	: panjang 2000 mm, lebar 560 mm
Tinggi	: Maksimum 1100 mm – Minimum 110 mm
Sistem gerak	: hidrolik
Tekanan	: 6 bar
Kapasitas maksimum	: 1000 kg
Berat	: 200 Kg
Harga	: Rp 6.000.000,-

Kelebihan :

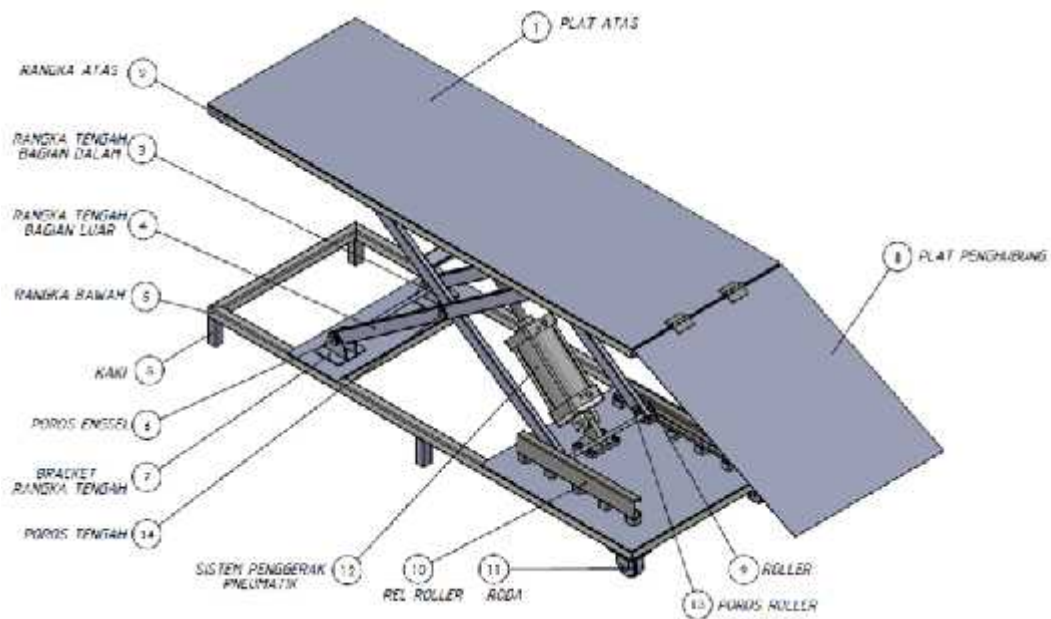
- Memerlukan ruang yang sedikit karena ditanam di dalam tanah.
- Dimensi yang dimiliki cukup ramping.

Kekurangan :

- Memerlukan waktu yang lama untuk mengangkat.
- Sulit dalam proses perawatannya.
- Tidak dapat di pindahkan.
- Memerlukan alat bantu tambahan berupa motor sebagai pompa hidrolik.

3.3. Konsep Rancangan Alat

Berdasarkan hasil analisa kebutuhan pasar dan melakukan studi dengan alat yang sudah ada. Dipilihlah mesin pengangkat motor dengan prinsip scissor lift / X-bar. Penggunaan sistem penggerak X-bar tau scissors ini bertujuan agar ketika motorcycle lift bergerak keatas akan dapat bergerak langsung keatas secara vertikal, sehingga akan menghemat pemakaian tempat. Jika menggunakan twin bar maka akan membutuhkan manuver gerak diagonal, sehingga membutuhkan lebih banyak tempat. Sedangkan jika menggunakan single one post akan membutuhkan biaya yang lebih tinggi.



Berdasarkan hasil observasi, maka dibuatlah alat dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas Lifter	150 kg
Model	X-bar / Scissor
Penggerak	Silinder Udara Pneumatik
Berat	100 kg
Waktu Pengangkatan	30 detik
Panjang Bed	2000 mm
Lebar Bed	700 mm
Tinggi Pengangkatan (Up End)	835 mm
Tinggi lifter dari Lantai (Down End)	385 mm
Diameter Silinder	125 mm
Panjang Stroke Silinder	200 mm
Power Daya Minimum	5 bar Air Compression
Kontrol	Tuas manual tanpa listrik
Fitur	Kunci pengaman , handle dan roda pemindah lifter

3.4. Pembahasan

Alat ini mampu mengangkat sepeda motor dengan baik, dengan ketinggian pengangkatan motor yang bisa disesuaikan dengan keinginan pengguna. Adanya fitur kunci pengaman yang membuat alat ini aman untuk digunakan. Karena alat yang dipakai menggunakan prinsip pneumatik maka dapat digunakan dengan mudah, hanya dengan fluida udara. Dalam pemakaian harus diperhatikan pada saluran *tubing* apakah terjadi kebocoran atau tidak, dan cukup dilakukan penggantian coupler dan tubing bila terjadi kebocoran. Selain itu periksa tanda kehausan pada roller bearing. Beberapa keunggulan alat ini dengan produk pembanding di pasaran yaitu :

1. Harga yang terjangkau
2. Perawatan yang mudah
3. Bentuk yang ramping dan tidak memerlukan ruang yang luas
4. Tidak menimbulkan bunyi yang bising
5. Mudah dipindahkan

6. Mudah digunakan
7. Ketinggian pengangkatan dapat di sesuaikan
8. Dilengkapi dengan pengunci ketinggian

Dibuatnya alat ini diharapkan dapat memudahkan pekerja, dengan posisi kerja yang baik tanpa membuat cedera ringan atau berat. Dengan melakukan pekerjaan dengan posisi kerja yang baik, diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dalam bekerja.

3.5. Perhitungan Rancangan

Untuk mempermudah perhitungan maka diambil sampel motor Honda Supra Fit (2007) sebagai beban yang diangkat oleh motorcycle lift dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam perhitungan teknik sebagai berikut:

Berat beban = 150 [kg]

Beban depan = 15 [kg]

Beban tengah = 135 [kg]

Jarak ban depan ke standar = 800 [mm]

Analisis tiap suku cadang berisi penjelasan fungsi dan gaya-gaya yang bekerja pada setiap suku cadang.

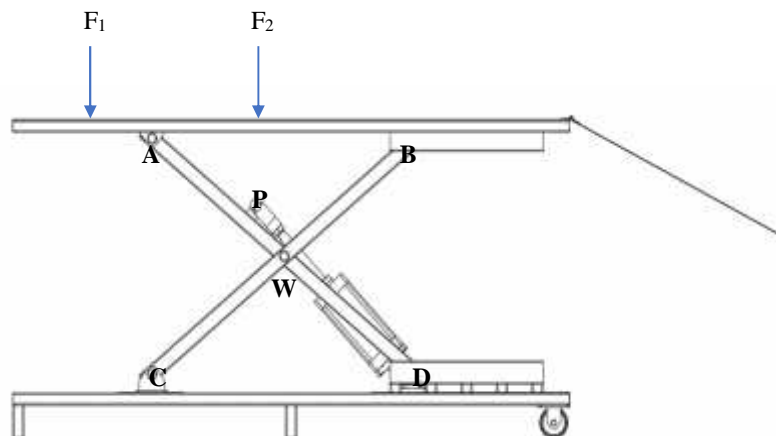
F_1 (ban depan motor) = 15 [kg] x 10 [m/s²] = 150 [N]

F_2 (standar motor) = 135 [kg] x 10 [m/s²] = 1350 [N]

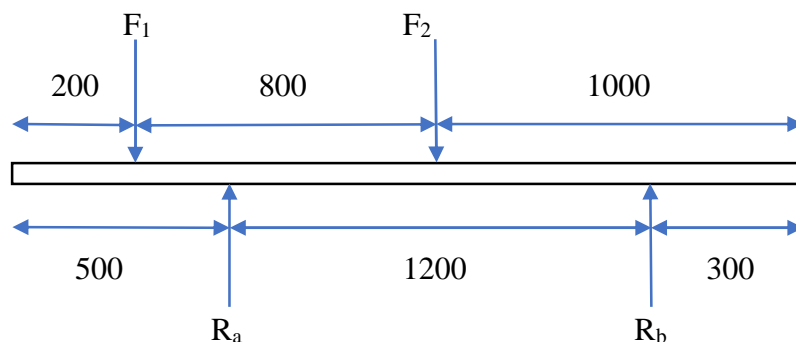
Karena beban ditopang oleh dua rangka maka:

$F_1 = (150 [N]) / 2 = 75 [N]$

$F_2 = (1350 [N]) / 2 = 675 [N]$



) Perhitungan rangka atas

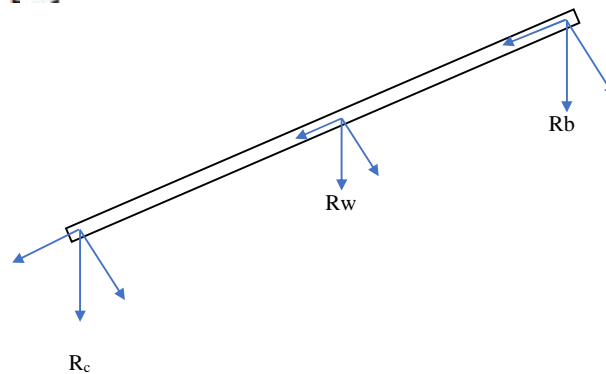


$$\begin{aligned}\Sigma M_E &= 0 \\ \frac{(F_2 \times 700) + (F_1 \times 1500)}{1200} &= R \\ \frac{(675 \times 700) + (75 \times 1500)}{1200} &= R \\ R &= 487.5 [N]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R + R &= F_1 + F_2 \\ R &= (F_1 + F_2) - R \\ R &= 262.5 [N]\end{aligned}$$

) **Perhitungan Batang Luar**

$$\begin{aligned}R_c &= R_b \\ R_c &= 262.5 [N]\end{aligned}$$



) **Gaya pada Pusat Batang**

$$\begin{aligned}R &= 2R \\ R &= 2 \times 262.5 [N] \\ R &= 525 [N]\end{aligned}$$

) **Distribusi gaya pada titik W**

Sumbu y

$$\begin{aligned}\sin 80 &= \frac{R_y}{R} \\ R_y &= \sin 80 \times R \\ R_y &= 517,024 [N]\end{aligned}$$

Sumbu x

$$\begin{aligned}\cos 80 &= \frac{R_x}{R} \\ R_x &= \cos 80 \times R \\ R_x &= 91.165 [N]\end{aligned}$$

) **Perhitungan Batang Dalam**

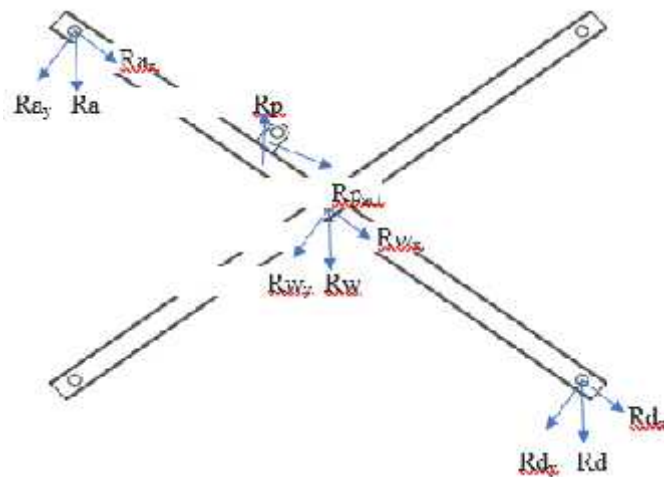
) **Distribusi Gaya pada titik A**

Sumbu y

$$\begin{aligned}\sin 80 &= \frac{R_y}{R} \\ R_y &= \sin 80 \times R \\ R_y &= 480.09 [N]\end{aligned}$$

Sumbu x

$$\begin{aligned}\cos 80 &= \frac{R_x}{R} \\ R_x &= \cos 80 \times R \\ R_x &= 84.65 [N]\end{aligned}$$



G

Mencari R_y

$$\Sigma \quad = 0$$

$$(R_y \times 1300) - (R_y \times 825) + (R_y \times 650) = 0$$

$$(480.09 \times 1300) - (R_y \times 475) + (517.024 \times 650) = 0$$

$$R_y = \frac{624117 + 336065.6}{825}$$

$$R_y = 1163.858 \text{ [N]}$$

) Gaya yang diterima Piston Pneumatik

$$R_a = \frac{R_y}{\sin 13^\circ}$$

$$R_a = \frac{1163.858}{\sin 13^\circ}$$

$$R_a = 5173.828 \text{ [N]}$$

) Perencanaan Silinder Pneumatik

$$(F + R) = A \times p$$

$$(F + R) = \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \right) \times p$$

A = Luas Slinder

D = Diameter Slinder

p = Tekanan (N / m²)

F + R = Gaya Tekan dan Gesek yang terjadi

$$F = 5173,828 \text{ [N]}$$

$$R = 5 \% \times 5173,828$$

$$= 258,6914$$

$$(F + R) = 5173,828 + 258,6914$$

$$= 5430,5194$$

$$\begin{aligned}F + R &= \left(\frac{\pi}{4} \times D^2\right) \times p \\5432,5194 &= (0,785 \times D^2) \times 600.000 \\(0,785 \times D^2) &= \frac{5432,5194}{600.000} \\0,785 \times D^2 &= 9,054199 \times 10^{-3} \\D^2 &= 0,01153401146 \\D &= 0,10739 \text{ [m]} \\D &= 107,396 \text{ [mm]} \\D &= 125 \text{ [mm]} \rightarrow \text{Piston standar yang tersedia}\end{aligned}$$

$$P = 6\text{bar} = 600.000 \text{ (N / m}^2\text{)}$$

) Gaya Efektif Piston

$$F_a = A \times P$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$= \frac{3,14}{4} \times 0,125^2$$

$$= 0,01227 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$P = 6 \text{ [bar]}$$

$$= 600.000 \text{ [N / m}^2\text{]}$$

$$F_a = A \cdot P$$

$$= 0,01227 \cdot 600.000$$

$$= 7359,375 \text{ [N]} \rightarrow \text{aman}$$

Setelah dilakukan perhitungan maka untuk membuat mesin pengangkat motor, dibutuhkan silinder pneumatik berukuran 125[mm] dan tekanan udara sebesar 6[bar].

4. Kesimpulan

1. Dibuatlah mesin pengangkat motor dari proses rancang bangun.
2. Alat ini menggunakan sistem penggerak silinder udara dimana dalam hal perawatannya sangat mudah.
3. Dengan adanya alat ini dapat meningkatkan efektivitas pekerja dalam proses perawatan dan perbaikan sepeda motor.

5. Ucapan Terima Kasih

Dalam proses pembuatan karya tulis dan pengerjaan rancang bangun ini, penulis telah mendapatkan bimbingan dan arahan baik berupa ilmu maupun informasi, oleh karena itu penulis berterima kasih kepada. Semua pihak yang telah membantu menyelesaikan paper seminar nasional ini. Karena atas bantuan pihak-pihak tersebut paper seminar nasional ini dapat diselesaikan dengan baik.

6. Daftar Pustaka

- [1] Pramono, A.E, “Buku Ajar Elemen Mesin I”, Depok, 2015.
- [2] Pramono, A.E, “Buku Ajar Elemen Mesin II”, Depok, 2016.
- [3] Festo pneumatic. Catalog Festo Pneumatic. Diambil dari : https://www.festo.com/cms/en-id_id/index.htm . (16 Mei 2017

PERANCANGAN ALAT PENGISI SOSIS

Hendry Januarsyah¹, Iqbal Merdeka Masyhuri¹, Villia Sarah Rosikasari¹, Nurjanah¹, Hamdi¹, Sumadi²

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

²BBPLK Bekasi

Abstrak

Sosis terbilang jenis makan yang sangat digemari oleh masyarakat dari semua kalangan. Tetapi kebanyakan makanan buatan pabrik tidak higienis dan tidak terjamin mutunya. Para ibu rumah tangga berinisiatif membuat sosis sendiri dengan cara manual. Proses pembuatannya membutuhkan waktu yang lama, dan belum praktis. Saat ini sudah terdapat mesin pengemas sosis, namun mesin tersebut berskala industri besar, dimana alat tersebut berukuran besar, dan memiliki daya yang besar.

Pembuatan alat ini bertujuan untuk membuat alat yang dapat mengemas sosis dengan cepat, mudah, higienis, dan bentuk yang minimalis sehingga dapat digunakan dimana saja dan siapa (khususnya industri rumahan). Prinsip kerja alat pengisi sosis ini bermula dari daya utama, yaitu motor listrik yang menggerakkan sprocket. sprocket tersebut terhubung langsung dengan screw conveyor, sehingga screw conveyor dapat bergerak mengulir guna memindahkan olahan bahan sosis yang selanjutnya masuk melalui hopper dan jatuh langsung ke screw conveyor, sehingga olahan bahan sosis dapat bergerak dan masuk ke dalam kemasan melalui corong yang berada diujung screw conveyor.

Alat pengisi sosis ini berukuran 55x15x16,2 cm sehingga mudah dibawa (portable). Alat ini berkapasitas 1,5kg/menit yang artinya dapat memindahkan 1,5kg adonan dalam waktu 1 menit sehingga lebih praktis dan cepat. Alat ini juga lebih higienis dimana bahan yang digunakan adalah stainless steel tipe 304 yang tahan karat.

Kata Kunci : Pengemas, Sproket, Screw Conveyor, Hopper, Portable

Abstract

Sausage is a one of favorite food who everyone like, of all the circles. But most of food manufacturer is not hygienic and is not guaranteed quality. The Housewives taken the initiative to make sausage manually by their own. Currently, there is sausage packing machine which is on sell in the market, however this machine is use for big scale industry, with the size and the power of this machine is big enough.

The purpose of this project is for make a tool or machine who can package sousage practically, fast,hygienic, and portable. So, this packing tool easy to use everywhere and everyone (in particular home industry). Work Principle from this sausage packing tool is sarning from the main power, which is electric motor drives the sprocket. The sprocket is connected directly to the screw conveyor. With the result that screw conveyor can move to actuate the sausage material who formerly from hopper and fell to the screw conveyor, to enter into the package through the funnel at the end of screw conveyor.

The size of this sausage packing tool is 55x15x16,2 cm, with result that this machine or tool is portable. The capacity of this tool is 1,5kg/minute, which is mean this tool can move 1,5kg sausage material during one minute, it's more fast and practical. This tool also hygienic, where the tool material is stainless steel type 304 who stainless.

Keyword : Packaging Sprocket, ,Screw Conveyor, Hopper, Portable.

1.1 Pendahuluan/Latar Belakang

Sosis terbelang jenis makan yang sangat digemari oleh masyarakat, baik anak-anak, remaja, maupun dewasa. Sehingga, para ibu-ibu rumah tangga berinisiatif membuat sosis sendiri tanpa perlu membeli di supermarket. Diketahui bahwa makanan buatan pabrik belum tentu higienis dan terjamin mutunya. Banyak ibu-ibu rumah tangga yang membuat sosis dengan cara manual, proses pembuatannya membutuhkan waktu yang lama, dan belum praktis. Saat ini sudah terdapat mesin pembuat sosis, namun mesin tersebut berskala industri besar, dimana alat tersebut berukuran besar, dan memiliki daya yang besar.

Dari permasalahan tersebut mahasiswa terpikir untuk membuat rancang bangun home industri, yaitu feeder kemasan Sosis. Dimana alat ini akan mempermudah ibu-ibu rumah tangga untuk membuat sosis dan makanan yang lain dengan bahan utamanya daging cincang.

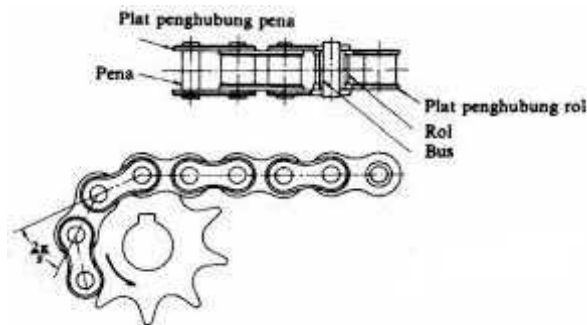
Tujuan perancangan alat ini adalah menjadi solusi industri rumahan dalam pengemasan sosis atau makanan sejenisnya dengan bahan utama daging cincang menjadi lebih mudah, cepat, higienis, dan praktis.

1.2 Metode Penelitian

1.2.1. Sproket dan Rantai

Sprocket merupakan roda bergigi yang berpasangan dengan rantai, track, atau benda panjang yang bergerigi lainnya. Sprocket berbeda dengan roda gigi, sprocket tidak pernah bersinggungan dengan sprocket lainnya dan tidak pernah cocok.

Rantai sebagai transmisi mempunyai keuntungan-keuntungan seperti: mampu meneruskan daya besar karena kekuatannya yang besar, tidak memerlukan tegangan awal keausan kecil pada bantalan, dan mudah memasangnya karena keuntungan-keuntungan tersebut. Rantai transmisi daya biasanya dipergunakan dimana jarak poros lebih besar dari pada transmisi roda gigi tetapi lebih pendek dari pada dalam transmisi sabuk.



“Gambar.1 Sproket dan rantai”

1.2.2 Motor Listrik

1.2.2.1 Jenis Motor Listrik

Semua jenis motor listrik memiliki 2 bagian yaitu *strator* dan *rotor*. *Strator* adalah bagian motor listrik yang diam dan *rotor* adalah bagian motor listrik yang berputar.

Berdasarkan sumber tegangan kerjanya motor listrik dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Motor Listrik Arus Bolak Balik (AC)

Motor listrik arus bolak balik (AC) adalah jenis motor yang beroperasi dengan sumber tegangan arus listrik bolak balik.

2. Motor Listrik Arus Searah (DC)

Motor listrik arus searah (DC) adalah jenis motor listrik yang beroperasi dengan sumber tegangan arus listrik searah.

1.2.2.2 Elemen pada Motor Listrik

1. *Name Plate* Motor Listrik

Secara umum, informasi pada name plate motor bisa menjelaskan spesifikasi motor. Umumnya *name plate* terdiri atas tipe motor dan *gearbox*, rasio *gearbox*, dan daya motor.

2. Menentukan Daya Motor

Daya motor sangat tergantung pada besar dan jenis beban yang dibawa oleh mesin. Semakin besar beban yang ditanggung mesin, semakin besar daya motor yang dibutuhkan. Beban yang dimaksud termasuk rugi gesekan transmisi, dan juga *impact* saat loading beban. Satuan daya umum digunakan adalah kiloWatt dan *Horse Power*.

3. Menentukan Kecepatan Motor

Umumnya tiap motor memiliki kecepatan tertentu sesuai dengan katalog. Ada motor dengan 6000-an rpm, 2800-an rpm, 1400-an rpm, dan 900-an rpm, tergantung merk dan jenis motor.

4. Perhitungan umum yang digunakan

Secara umum perhitungan yang digunakan adalah perhitungan daya, dimana daya *output* motor listrik sama dengan daya *input* motor listrik.

1.2.2.3 Motor Listrik yang digunakan

Alat ini menggunakan motor listrik *power window* kijang. Motor listrik *power window* menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua medan magnet. Secara sederhana dikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Jenis motor yang digunakan pada sistem *power window* adalah motor DC. Salah satu keistimewaan motor DC ini adalah kecepatannya dapat dikontrol dengan mudah.



“Gambar 2. Motor Listrik Power Window”

Spesifikasi motor

Voltase	: 12 V
Jenis	: DC
Kecepatan Putar (<i>No Load</i>)	: 85 Rpm
Kecepatan Putar (<i>Load</i>)	: 60 Rpm
Arus (<i>No Load</i>)	: 5A
Arus (<i>Load</i>)	: 15 A
Arus (<i>Locked</i>)	: 28A pada 12V
Torsi	: 2.9 N.m
Torsi (<i>Locked</i>)	: 10 N.m

1.2.2.4 Perhitungan Torsi pada Motor Listrik

Torsi adalah gaya tekan putar pada bagian yang berputar. Makin besar dimensi yang diputar maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan dan makin berat jenis bahan yang diputar maka makin besar pula torsi yang dihasilkan.

Menurut buku Khurmi hlm. 410, perhitungan torsi dapat dihitung menggunakan persamaan:

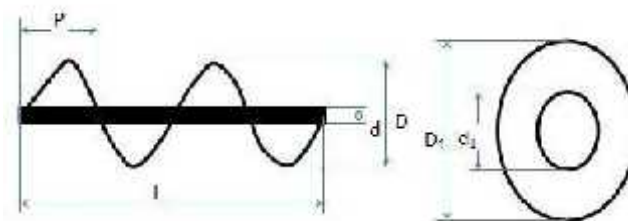
$$P = \omega \cdot T \quad \text{[Persamaan. 1]}$$

$$P = \frac{2 \pi N \cdot T}{4500}$$

$$T = \frac{P \cdot 4500}{2 \pi N} \text{ [kg.m]...}$$

dimana :
 P = Daya [Hp]
 T = Torsi [kg.m]
 ω = Kecepatan sudut [rad/s]
 N = Putaran [RPM]

1.2.3 Screw Conveyor



“Gambar 3. Ilustrasi *Screw*

Dimana :

- L : panjang
- P : *pitch*/jarak
- z : jumlah ularan
- D : diameter *conveyor* setelah jadi
- D₁ : diameter *conveyor* sebelum jadi
- d : diameter poros setelah jadi
- d₁ : diameter dalam sebelum jadi
- t : tebal

poros

$$d_1 = \frac{1}{\pi} \sqrt{(\pi \times D)^2 + P^2} \quad \text{[Persamaan. 2]}$$

$$D_1 = \frac{P}{7} + D - t$$

$$z = \frac{L}{P}$$

1.2.3.1 Daya (Power)

1. Daya yang dibutuhkan oleh *Screw Conveyors*:

$$P = P_H + P_N + P_{st} \quad \text{[Persamaan. 3]}$$

Dimana,

P_H = Daya yang diperlukan untuk mendorong material

P_N = Kekuatan motor penggerak dari *Screw Conveyor* tanpa beban

P_{st} = Daya yang dibutuhkan untuk kecenderungan/ kemiringan *conveyor*

2. Daya yang diperlukan untuk mendorong material P_H :

$$P_H = I_m \cdot L \cdot g / 3600 \text{ (kilowatt)} \quad [\text{Persamaan. 4}]$$

$$= I_m \cdot L \cdot / 367 \text{ (kilowatt)}$$

Dimana,

I_m = laju aliran massa dalam satuan t/hr
= laju koefisien hambatan

3. Kekuatan motor pendorong *screw conveyor* saat tanpa beban, P_N :

$$P_N = D \cdot L / 20 \text{ (Kilowatt)} \quad [\text{Persamaan. 5}]$$

Dimana,

D = Nominal diameter *screw* dalam satuan meter.

L = Panjang dari *screw conveyor* dalam satuan meter.

4. Daya karena kecenderungan/kemiringan/inklinasi: P_{st}

Hasil dari laju rata-rata aliran massa dengan ketinggian H dan percepatan gravitasi g .

$$P_{st} = I_m \cdot Hg / 3600 \quad [\text{Persamaan. 6}]$$

$$= I_m \cdot H / 367$$

5. Total kebutuhan daya:

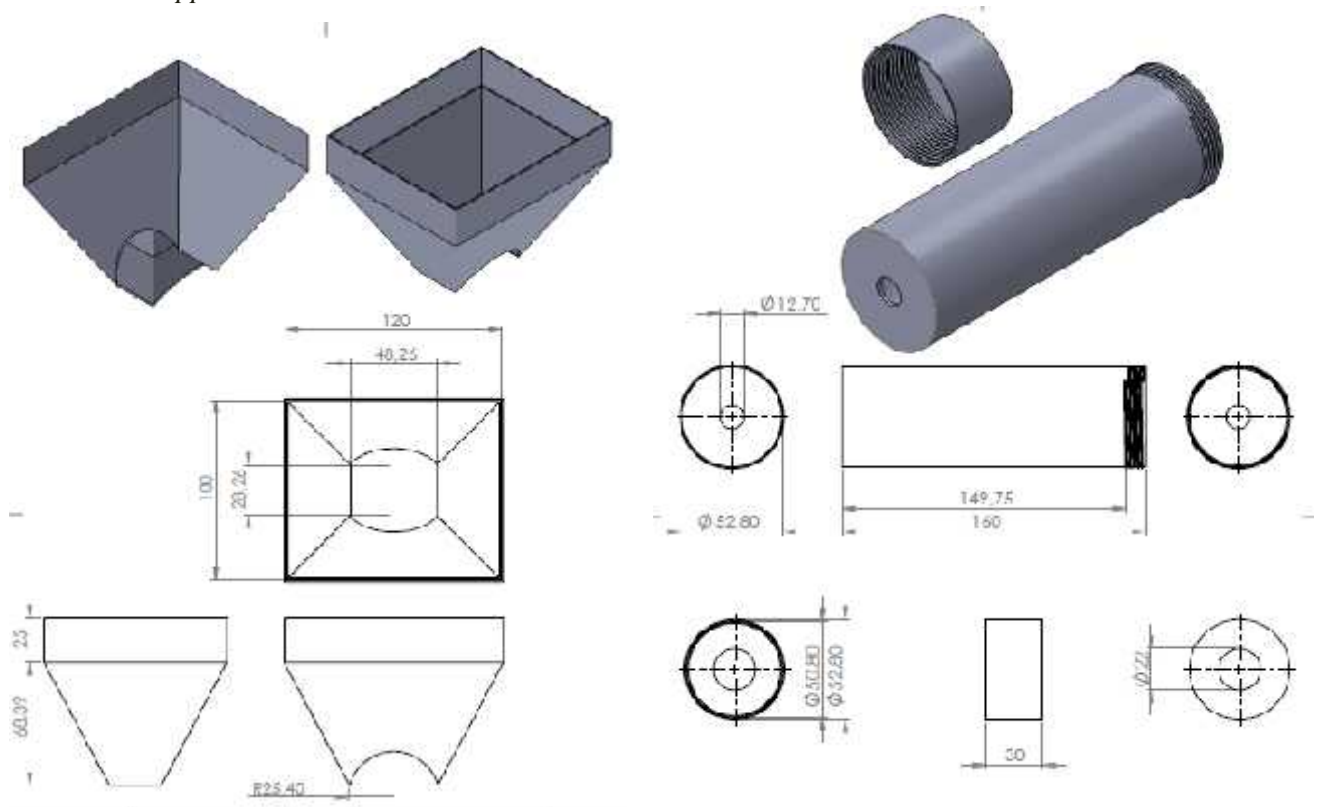
Total daya yang dibutuhkan adalah jumlah total item di atas

$$P = (I_m (\cdot L + H) / 367) + (D \cdot L / 20) \text{ (Kilowatt)} \quad [\text{Persamaan. 7}]$$

1.3 Hasil dan Pembahasan

1.3.1 Kapasitas

1. Hopper dan case



“Gambar 4. Hopper dan Conveyor Housing”

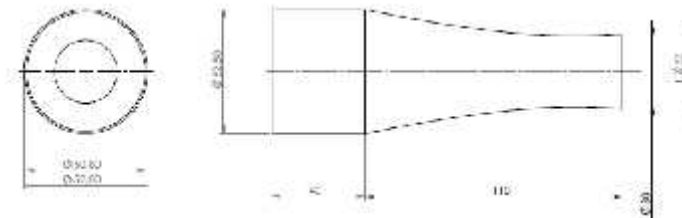
Volume *Hopper* (V_h)

$$\begin{aligned} V_h &= (a \times b \times t) + \left(\frac{1}{3}\right) \times T \times (a^2 + a \cdot x + x^2) && \text{[Persamaan. 8]} \\ &= (100 \times 120 \times 25) + \left(\frac{1}{3}\right) \times 68,39 \times (100^2 + 100 \cdot 28,26 + 28,26^2) \\ &= 610596,0939 \text{ mm}^3 \\ &= 0,61 \text{ L} \sim 0,31 \text{ kg} \end{aligned}$$

Volume *Conveyor Housing* (V_{ch})

$$\begin{aligned} V_{ch} &= \pi \cdot r^2 \cdot t && \text{[Persamaan. 9]} \\ &= \pi \cdot 25,4^2 \cdot 160 \\ &= 324292,7866 \text{ mm}^3 \\ &= 0,324 \text{ L} \quad 0,324 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Corong



“Gambar 5. Corong keluar sebagai penentu diameter sosis”

Volume Batas Corong (V_{bc})

$$\begin{aligned} V_{bc} &= \pi \cdot r^2 \cdot t && \text{[Persamaan. 10]} \\ &= \pi \cdot 25,4^2 \cdot 40 \\ &= 81073,1966 \text{ mm}^3 \\ &= 0,0811 \text{ L} \quad 0,0811 \text{ kg} \end{aligned}$$

Volume Corong (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot (R \cdot r + R^2 + r^2) && \text{[Persamaan. 11]} \\ &= \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 110 \cdot (26,4 \cdot 16 + 26,4^2 + 16^2) \\ &= 158430,0986 \text{ mm}^3 \\ &= 0,158 \text{ L} \quad 0,158 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Volume Total dari *feeder* pengemas sosis

$$\begin{aligned} V_{total} &= V_h + V_{ch} + V_{bc} + V_c && \text{[Persamaan. 12]} \\ &= 0,61 \text{ kg} + 0,324 \text{ kg} + 0,0811 \text{ kg} + 0,158 \text{ kg} \\ &= 1,1731 \text{ kg} \\ &= 1,5 \text{ kg} = 1500 \text{ g} \end{aligned}$$

4. Kapasitas

Volume 1 *Pitch* = 25 g

$$\begin{aligned} N &= V_{total} : \text{Volume 1 Pitch} && \text{[Persamaan. 13]} \\ &= 1500\text{g} : 25\text{g} \\ &= 60 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Kapasitas = dapat memindahkan 25g adonan dalam 1xputaran
dapat memindahkan 1500g adonan dalam 1 menit

1.3.2. Sproket dan rantai

1. Sproket

$$V \cdot R = \frac{N_1}{N_2} = \frac{T_1}{T_2} && \text{[Persamaan. 14]}$$

N_1 = Kecepatan Putar dari sproket kecil (r.p.m.)

N_2 = Kecepatan Putar dari Sproket Besar (r.p.m)

T_1 = Jumlah Gigi dari Sproket Kecil

T2 = Jumlah Gigi dari Sproket Besar

Data yang diketahui dan dibutuhkan:

Kapasitas

Volume 1 Pitch = 25 g

N2 Vtotal : Volume 1 Pitch

1500g : 25g

60 rpm

N1 = 80 r.p.m.

N2 = 60r.p.m.

T1 = 12

T2 = ?

$$\frac{N1}{N2} = \frac{T2}{T1}$$

$$\frac{80}{60} = \frac{T2}{12}$$

$$T2 \leq \frac{80}{60} \cdot 12$$

$$T2 \leq \frac{80}{60} \cdot 12 \leq 16$$

Untuk $T2 \leq 16$, digunakan $T2 = 15$ agar $N2 = 60$ r.p.m. maka

$$\frac{N1}{N2} = \frac{T2}{T1}$$

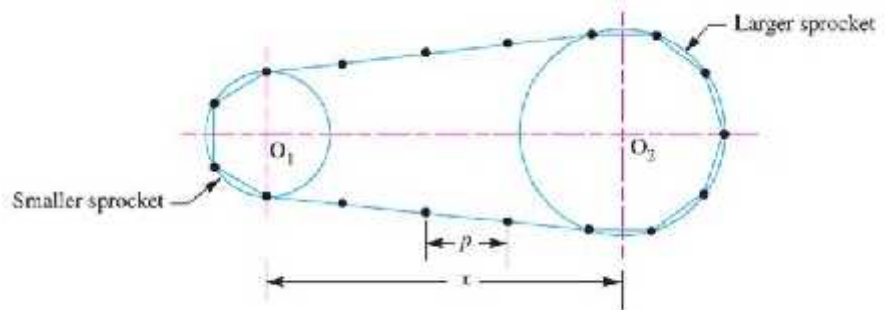
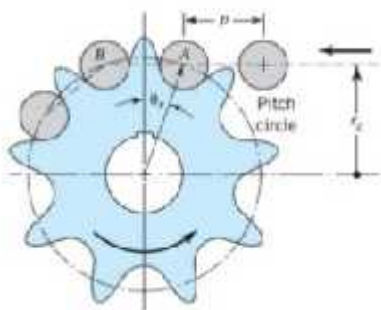
$$\frac{80}{60} = \frac{15}{T1}$$

$$N2 = \frac{80}{15} \cdot 12$$

$$N2 = \frac{80}{15} \cdot 12 = 64 \text{ r.p.m.}$$

$$V.R = \frac{8}{6} = \frac{1}{1}$$

2. Rantai



“Gambar 6. Ilustrasi Sprocket dan Rantai”

$p = \text{pitch}$

$D = \text{diameter lingkaran pitch}$

$x = \text{jarak antar pusat}$

$L = \text{panjang rantai}$

$K = \text{nomor mata rantai}$

Diketahui :

$p = 8 \text{ mm}$

$T1 = 12$

$T2 = 15$

$D1 = 36,8 \text{ mm}$

$D2 = 45,81 \text{ mm}$

$L = ?$

$$x_{\min} = \frac{D_1 + D_2}{2} + 30 \text{ sampai } 50$$

antara 30mm sampai 50mm, diambil 40mm

[Persamaan. 17]

$$x_{min} = \frac{36,8 + 45,81}{2} + 40\text{mm} = 81,305 \text{ m}$$

$$K = \frac{T + T}{2} + \frac{2}{p} + \left[\frac{T - T}{2} \right]^2 \frac{p}{x} \quad [\text{Persamaan. 18}]$$

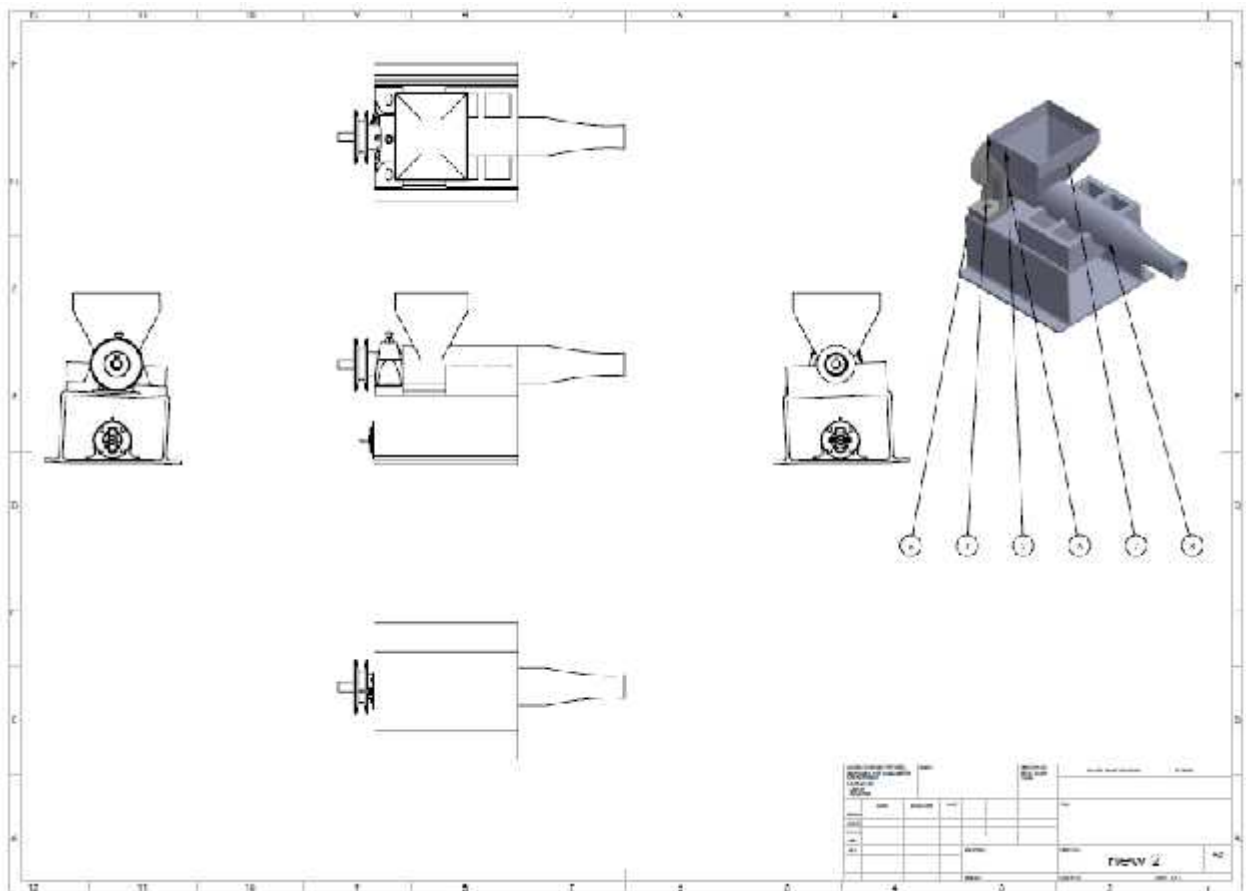
$$K = \frac{12 + 15}{2} + \frac{2 \cdot 81,305}{8} + \left[\frac{15 - 12}{2\pi} \right]^2 \frac{8}{81,305} = 33,8487$$

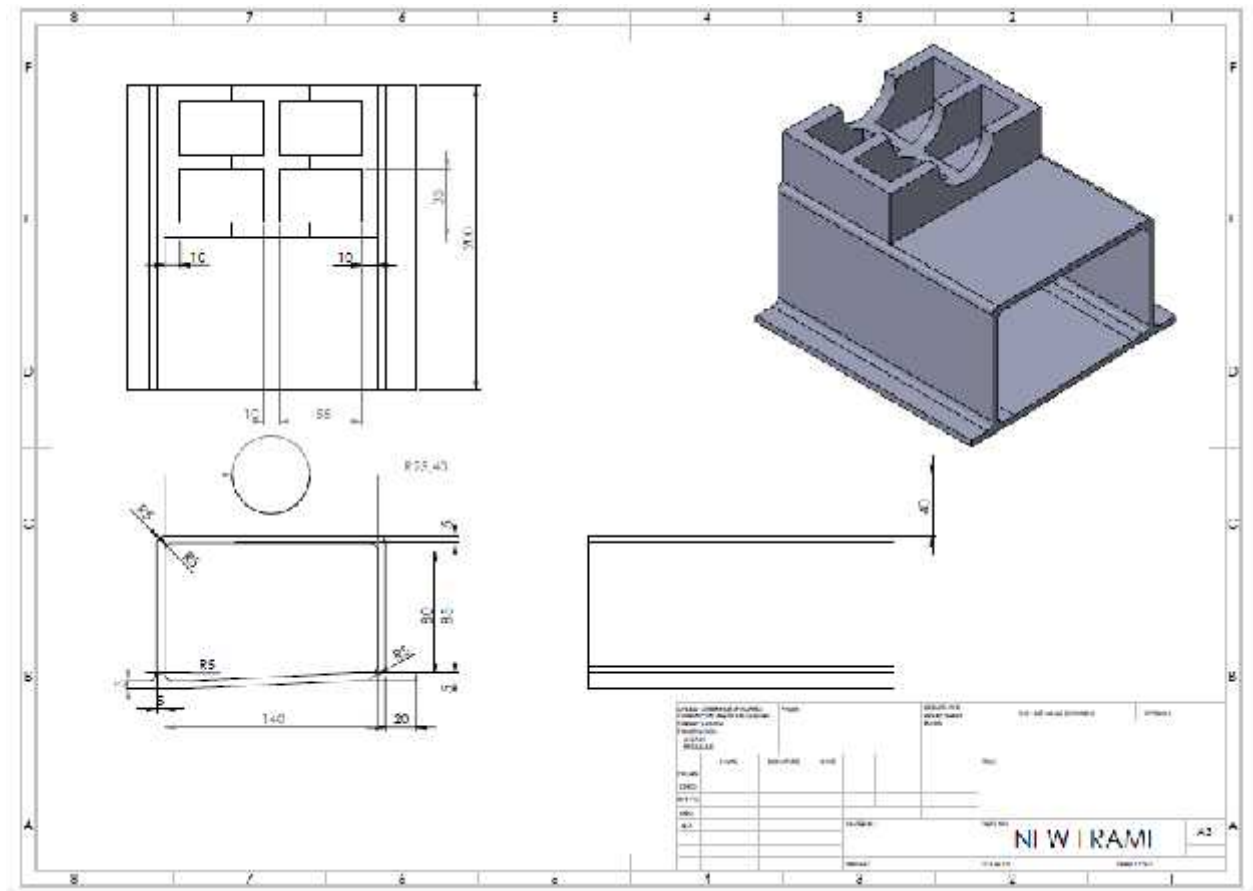
$$L = K \cdot p \quad [\text{Persamaan. 19}]$$

$$L = 33,8487 \cdot 8 = 270,7896$$

1.3.3 Gambar Rangkaian.

“Gambar 7. Alat Pengisi Sosis”





“Gambar 8. Frame”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khurmi, R.S. dan J.K. Gupta. 2005. A Text Book of Machine Design. New Delhi : Eurasia Publishing House Limited.
- [2] Sularso, Kiyokatsu Suga. 2004. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- [3] L Mott, Robert. 2004. Elemen-elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis. Yogyakarta: Andi Yogyakarta
- [4] <https://www.slideshare.net/A-S111/2-chain-drives> 18 Juni 2017 (01:20)
- [5] <https://www.crypton.com.my/p-mo-pw-1> 18 Juni 2017 (02:00)

RANCANG BANGUN MESIN LAS PIPA LONG-TAIL KAPASITAS 450 UNIT PER HARI

Fikri Taufiq Rahman¹ dan Gilang Guntur Pamungkas²

*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI
Depok 16424, No. telp. +62217270044, No. Fax. (021)727004.*

Abstrak

Makalah ini menyajikan sebuah pengembangan desain dan rancangbangun mesin las untuk pipa long-tail. Pipa ini merupakan salah satu komponen dari long-tail perahu motor. Target pembuatan produk massal ini berjumlah 18.000 unit, sehingga perencanaan lini produksi harus berjalan dengan pengadaan special purpose machine (SPM) yang dioperasikan secara semi-otomatis. Salah satu bagian dari SPM adalah mesin las pipa long-tail. Mesin ini dirancang agar dapat mengelas untuk menyambungkan pipa dengan ukuran diameter berbeda. Jenis las yang digunakan merupakan las Metal Inert Gas (MIG). Sistem pengoperasian menggunakan motor rpm untuk memutar jig penahan pipa ketika mengelas bagian pipa dan analisa kekuatan material bahan yang digunakan. Hasil dari rancang bangun mesin ini agar mendapatkan peforma mesin las yang baik dan cepat dalam pengerjaannya.

Kata Kunci: special purpose machine (SPM), mesin las pipa long-tail, las, semi-otomatis.

Abstract

This paper presents a design development and design of welding machines for long-tail pipes. This pipe is one component of a long-tail motor boat. The target of making these mass products amounts to 18,000 units, so the production line planning must be run with the procurement of special purpose machine (SPM) which is operated semi-automatically. One part of the SPM to be covered is a long-tail pipe welding machine. This machine is designed to be able to weld to connect pipe with different diameter size. The type of welding that used is Metal Inert Gas welding (MIG). The operating system uses a motor rpm to rotate the pipe-retaining jig while welding the part of pipe (section) and analyze the material strength of the material that was used. The results of this machine design are to get the good performance welding machine and fast in the process.

Keywords: *special-purpose machine (SPM), long-tail pipe welding machines, weld, semi-automatic*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kementerian Perikanan dan Kelautan Republik Indonesia bekerja sama dengan PT. Krida Rekatama Indo dalam lokalisasi produk dan membuat desain *long-tail* perahu motor untuk para nelayan di berbagai wilayah di Indonesia. Maka, perlu dibuat *Spesial Purpose Machine (SPM)* untuk tercapainya target produksi massal *long-tail*. Sebab, target yang akan dicapai sebanyak 24.000 *long-tail* yang dapat dikerjakan. Produk *long-tail* yang akan dirancang bernama K85 dan K100.

Salah satu bagian dari *SPM* adalah mesin las pipa *long-tail*. Mesin ini berfungsi untuk menyambung komponen yang ada pada *long-tail*. Dibutuhkan waktu pengelasan pipa sekitar 30 sekon saat di las *rotary* dan 30 sekon saat las linear untuk tiap satu pipa. Dan, dalam satu hari mesin akan bekerja selama 8 jam. Target produksi *long-tail* adalah sebanyak 24.000 unit. Mesin las pipa *long-tail* ini dirancang untuk kapasitas 50 unit/jam dan memiliki hasil las yang seragam. Serta, dapat bekerja secara kontinu.

Tujuan pembuatan mesin ini yaitu dapat membuat mesin las pipa *long-tail* semi-otomatis dengan kapasitas 50 unit/jam. Dan, memiliki harga yang kompetitif sesuai dengan kebutuhan konsumen.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perencanaan

Tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan dan mengidentifikasi data sesuai dengan kebutuhan pelanggan serta studi literatur dengan sumber-sumber yang sudah ada. Lalu, dengan melakukan survey secara langsung tentang kebutuhan aktual. Serta, bimbingan dengan cara berdiskusi dan tanya jawab kepada para ahli maupun tenaga pengajar perguruan tinggi.

2.1.1 Kebutuhan Pelanggan

Berdasarkan data kebutuhan pelanggan proyek long tail yang telah diperoleh dari Divisi Marketing PT. Krida Rekatama Indo, maka pertimbangan yang akan diputuskan untuk rancang-bangun mesin las pipa pada long tail disesuaikan dengan tipe K85 dan K100 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Pelanggan

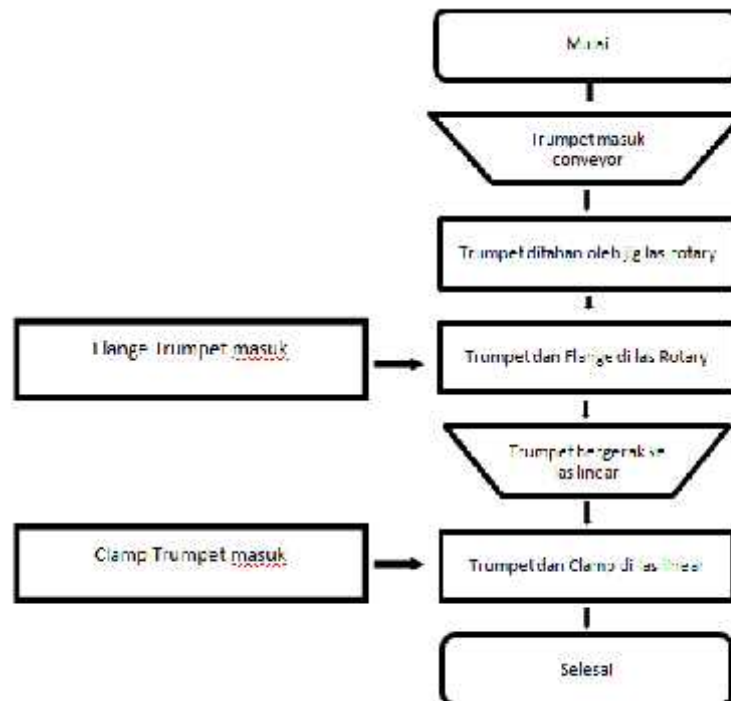
No	Kebutuhan Pelanggan	Penjelasan
1.	Proses pengelasan <i>flange</i> 360° dalam waktu singkat.	<i>Rotary plate</i> pada bagian <i>Trumpet</i> di las dengan arus ampere maksimum. Dan, tegangan konstan. Putaran yang diberikan maksimum.
2.	Proses pengelasan untuk mengikat <i>clamp</i> pada <i>trumpet</i> .	Dilakukan sesuai dengan kebutuhan dimensi pipa <i>long tail</i> sesuai tipe K85 dan K100.

2.2 Pembuatan Konsep

Pada tahapan ini, menentukan konsep desain dari mesin las pipa *long-tail* yang akan digunakan. Mulai dari penentuan prinsip kerja, fungsi utama, sub-fungsi, dan konstruksi dari mesin tersebut. Hasil dari penentuan konsep ini adalah spesifikasi mesin mesin las pipa *long-tail*.

2.2.1 Konsep Utama Mesin

Pada tahapan ini, digambarkan aliran input / masukan sampai output / keluaran proses operasi mesin las pipa *long-tail* sebagai berikut :



Gambar 1. Skema operasi mesin las pipa *long-tail*

Fungsi utama mesin ini adalah mengelas *flange* dan *clamp* pada Trumpet long-tail. Trumpet bergerak pada conveyor menuju jig mesin las long-tail. Pada las pertama merupakan las rotary untuk mengelas *flange*. Lalu bergerak menuju jig las kedua yaitu las linear. Las linear berfungsi untuk mengelas *clamp* agar menempel pada trumpet.

Mesin yang tersusun atas beberapa sub-fungsi (sistem) untuk mendukung tercapainya fungsi utama mesin. Adapun daftar sistem yang terdapat pada mesin *las long-tail* adalah :

- a. Sistem penggerak motor listrik RPM
Sistem ini untuk menggerakkan *Trumpet Long Tail* pada saat las rotary untuk menempelkan *Flange* pada *Trumpet*.
- b. Jig penahan *Trumpet*
Jig ini untuk menahan *Trumpet* yang sedang dilas pada saat ditempelkan dengan *flange* dan *clamp*.
- c. Rotary Welding
Sistem ini digunakan untuk mengelas bagian *flange*. Dengan putaran 2rpm ditargetkan dapat mengelas *flange* selama 30s.
- d. Linear Welding
Sistem ini digunakan untuk mengelas bagian *clamp* pada *trumpet long tail*.

2.2.2 Konsep Konstruksi Mesin

Tabel 2. Fungsi Bagian

Fungsi Bagian	Rencana
a. Pengurangan daya rpm motor	Reducer Gear
b. Jenis Las	Las MIG (Metal Inert Gas)
c. Penekan welding	Pneumatik

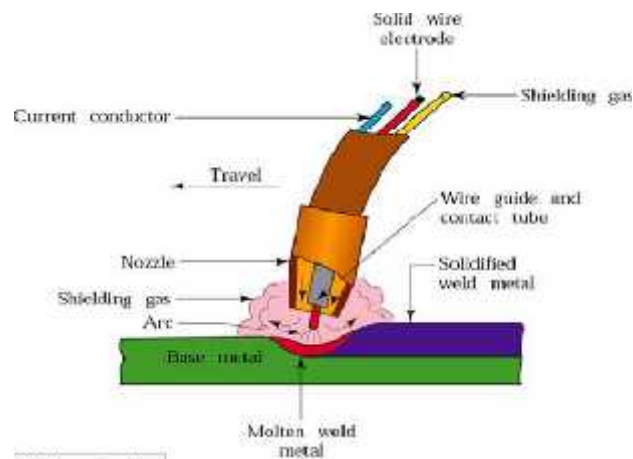
- a. Pengurangan daya rpm motor
Pengurangan ini diperlukan karena kecepatan putar motor yang dibutuhkan hanya sebesar 2 rpm. Penggunaan *reducer gear* dimanfaatkan untuk mengurangi kecepatan motor sesuai yang diinginkan. Dan, ini juga dapat mempengaruhi terhadap besarnya torsi (T).

b. Jenis Las

Sesuai dengan kebutuhan pelanggan yang terangkum pada Tabel.1, las MIG (*Metal Inert Gas*) sesuai dengan kebutuhan tersebut. Hal ini karena las MIG memiliki kelebihan, sebagai berikut ;

-) lebih cepat dibandingkan dengan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dan menghasilkan hasil yang lebih tahan lama,
-) tidak menghasilkan *slag* atau terak,
-) sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat,
-) las MIG cocok untuk konstruksi.

(www.indotara.co.id)



Gambar 2. Las *Metal Inert Gas*

Tegangan pada sambungan las sulit ditentukan karena variabel dan tidak dapat diprediksi. Parameter seperti homogenitas logam las, tekanan termal pada lasan, perubahan fisik, sifat karena tingkat pendinginan yang tinggi dan lain-lain. Maka tegangannya diperoleh berdasarkan asumsi berikut:

-) beban didistribusikan secara seragam sepanjang seluruh lasan, dan
-) stres tersebar secara merata di atas bagian efektifnya.

(Khurmi&Gupta:2005,vol 353)

Beban yang diberikan pada las menghasilkan konsentrasi tegangan pada persimpangan lasan dan logam induk. Bila bagian-bagiannya mengalami beban fatigue, faktor konsentrasi tegangan seperti yang diberikan pada tabel berikut harus diperhitungkan:

Tabel 3. Faktor Konsentrasi Tegangan

Type of Joint		Stress concentration factor
1	Reinforced butt weld	1.2
2	Toe of transverse fillet welds	1.5
3	End of parallel fillet weld	2.7
4	T-butt joint with sharp corner	2.0

(Khurmi&Gupta:2005,vol 354)

c. Penekanan Welding

Alat yang digunakan untuk mendorong busur welding mengenai pipa *long-tail* dipilih pneumatik. Pneumatik dipilih karena memanfaatkan udara sebagai tenaga penggerak. Ketersediaan udara yang tidak terbatas dapat mengurangi biaya operasional dibandingkan dengan hidrolik yang menggunakan oli sebagai tenaga penggerak.

2.3 Perancangan

Merancang merupakan tahapan melakukan draft rancangan dan spesifikasi beberapa part kemudian diberikan optimasi dan revisi rancangan jika memang diperlukan. Dalam hal ini, menggunakan software

Inventor 2015 dalam pembuatan draft rancangan 3D dan 2D Modelling. Selain itu, software Excel 2016 diperlukan untuk mengkalkulasi harga pokok produksi, mulai dari material cost, operator, dan variabel cost yang lain.

2.4 Fabrikasi / Manufaktur

Tahapan penyelesaian terakhir yang harus dilakukan adalah menyusun gambar kerja/ floor drawing hasil pengerjaan dari software, yang nantinya akan digunakan sebagai informasi selama proses manufaktur. Tahapan ini tidak dijelaskan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Menentukan Daya Rencana dan Torsi Poros

Daya motor berfungsi memutar rotary welding ketika akan mengelas *trumpet* dengan *flange*. Maka, perlu dihitung kecepatan putarnya serta torsi ketika rotary welding.

Diketahui	:	Beban trumpet yang akan di las (m)	=	10 [kg]
		Waktu pengelasan rotary	=	30 [s] atau 0,5 [menit]
		Daya motor yang digunakan (P)	=	0,375 [kW]
		Kecepatan putar motor (n_1)	=	300 [rpm]
		Bahan poros	=	S30C
		Tegangan tarik (σ)	=	48 [kg/mm ²]

maka, kecepatan putar motor (n_1) akan dikurangi oleh reducer gear dengan perbandingan 1/40. Maka,

$$n_1 = 1/40 \times 300$$

$$n_1 = 7,5 \text{ [rpm]} \quad 8 \text{ [rpm]} \text{ (digenapkan)}$$

kecepatan putar penggerak rotary weld (n_2) sebesar 2 [rpm] yang didapati dari :

$$n_2 =$$

$$=$$

$$= 2 \text{ [rpm]}$$

Jika P adalah daya nominal output dari motor penggerak, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam perencanaan, sehingga koreksi pertama dapat diambil kecil. Jika faktor koreksi adalah f_c , maka daya rencana P_d (kW) sebagai patokan adalah;

$$P_d = f_c \cdot P(\text{kW}) \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Tabel 4. Faktor Koreksi

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 - 1,2
Daya normal	1,0 - 1,5

(Sularso:2013,vol 7)

Maka mencari P_d pada mesin ini menggunakan Persamaan.1 dan memilih nilai $f_c = 1,2$

$$\begin{aligned} P_d &= 1,2 \cdot 0,375 \\ &= 0,45 \text{ [kW]} \end{aligned}$$

Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah T (kg·mm) maka

$$P_d = \quad \text{[Persamaan 2]}$$

sehingga

$$T = \quad \text{[Persamaan 3]}$$

(Sularso:2013,vol 7)

maka, untuk mencari T_1 dan T_2 menggunakan Persamaan.3. Didapatkan ;

$$\begin{aligned} T_1 &= \\ &= \\ &= 54.787,5 \text{ [kg}\cdot\text{mm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= \\ &= \\ &= 219.150 \text{ [kg}\cdot\text{mm]} \end{aligned}$$

3.2 Diameter Poros

Untuk bahan S-C dengan pengaruh masa dan baja paduan, harga 6,0 diambil sebagai faktor keamanan. Faktor ini dinyatakan sebagai Sf_1 . Selanjutnya perlu ditinjau apakah poros tersebut akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga, karena pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar. Pengaruh kekasaran permukaan juga harus diperhatikan. Untuk memasukkan pengaruh-pengaruh ini dalam perhitungan perlu diambil faktor yang dinyatakan sebagai Sf_2 dengan harga sebesar 1,3 sampai 3,0.

Dari hal-hal di atas maka besarnya dapat dihitung dengan

$$= \frac{B}{(Sf_1 \times Sf_2)} \quad \text{[Persamaan 4]}$$

Kemudian, keadaan momen puntir itu sendiri juga harus ditinjau. Faktor koreksi yang dianjurkan oleh ASME juga dipakai di sini. Faktor ini dinyatakan dengan K_t , dipilih sebesar 1,0 jika beban dikenakan secara halus, 1,0-1,5 jika terjadi sedikit kejutan atau tumbukan, dan 1,5-3,0 jika beban dikenakan dengan kejutan atau tumbukan besar.

Meskipun dalam perkiraan sementara ditetapkan bahwa beban hanya terdiri atas momen puntir saja, perlu ditinjau pula apakah ada kemungkinan pemakaian dengan beban lentur maka dapat dipertimbangkan pemakaian faktor C_b yang harganya antara 1,2 sampai 2,3. (Jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka C_b diambil = 1,0)

Rumus untuk menghitung diameter poros d_s (mm) sebagai;

$$d_s = \quad \text{[Persamaan 5]}$$

(Sularso:2013,vol 8)

maka, mencari tegangan dengan menggunakan Persamaan.4. Nilai $Sf_2 = 2$.

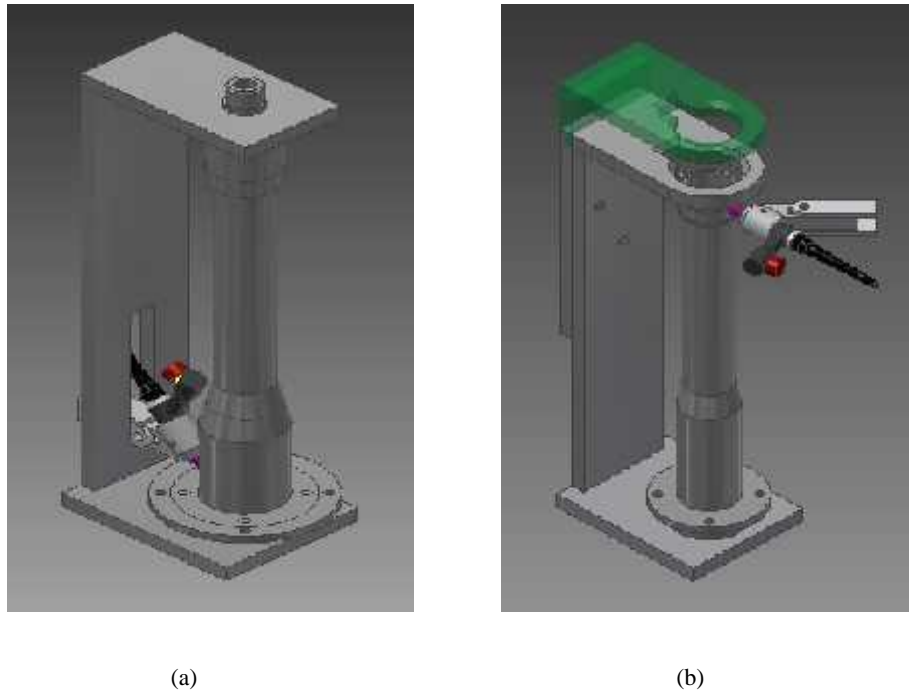
$$\begin{aligned} &= 48 / (6 \times 2) \\ &= 4 \text{ [kg/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

maka, untuk mencari d_{s1} dan d_{s2} menggunakan Persamaan.5 dengan nilai $K_t = 1,5$; $C_b = 1,2$

$$\begin{aligned} d_{s1} &= \\ &= \\ &= 50,098 \quad 51 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{s2} &= \\ &= \\ &= 79,52 \quad 80 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

3.4 Desain Mesin Las Pipa Long-Tail



Gambar 3. (a) Rotary Welding; (b) Linear Welding



Gambar 4. SPM Welding Machine

4. KESIMPULAN

Secara teknis terdapat banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam merancang mesin *las pipa long-tail*, terutama mengacu pada orientasi pelanggan. Beberapa hal penting yang harus diperhatikan pada saat mesin tersebut mulai diproses fabrikasi, perlu diperhatikan bagaimana mesin tersebut mudah untuk dilakukan maintenance/perawatan, pergantian tool, efisiensi pemesinan, dan umur mesin yang long-life.

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan pada karya tulis ini, dapat disimpulkan bahwa rancangan mesin *las pipa long-tail* untuk long tail layak dikonstruksikan. Mesin ini dapat mengelas *flange* dan juga *clamp* pada *long-tail*. *Cycle time* mesin ini diharapkan mampu mengelas *flange* dan *clamp* ke *long tail* selama 50 unit / Jam.

Mesin *las* untuk pipa *long tail* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Motor penggerak dengan daya (P) 0,375 [kW] & kecepatan putar (n) 300 [rpm].

2. Membutuhkan reducer dengan perbandingan 1:40
3. Torsi dari motor (T_1) = 54.787,5 [kg·mm] & Torsi penggerak (T_2) = 219.150 [kg·mm]
4. Bahan poros S30C dengan tegangan tarik (σ) 48 [kg/mm²].
5. Diameter masing-masing poros d_{s1} = 51 [mm] & d_{s2} = 80 [mm].
6. Waktu Produksi/*cycle time* ditargetkan 1-2 menit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses pembuatan karya tulis ini, tidaklah lepas dari berbagai bimbingan dan arahan, baik berupa ilmu, informasi, maupun segi administrasi yang sudah didapatkan. Maka, penulis berterima kasih kepada :

- a. Pihak PT. Krida Rekatama Indo
- b. Bapak Yohanes Patrick, S.T, selaku dosen pembimbing.
- c. Ibu Indriyani Rebet, Dra, M.Si, selaku Kepala Program Studi D3 Teknik Mesin dan sekaligus pembimbing non teknis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, Agus, www.indotara.co.id, *Definisi Pengelasan Menggunakan Las MIG*, 2013.
- [2] Khurmi.R.S, and Gupta.J.K, "Welded Joints,"*A Text Book of Machine Design. Eurasia Publishing House*, vol 353-354, New Delhi, pp. 110 055, 2005.
- [3] Sularso, and Suga.K, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, PT. Pradnya Paramita, vol 7-8, Jakarta, ISBN. 979 - 408 - 126 - 4,2013.

PERANCANGAN DAN SIMULASI DISTRIBUSI SUHU PENGERING PAKAIAN DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS

Abdul Aji Tardiana¹, Budi Hartono², Setya Permana Sutisna³

¹Lab. Ristek Mekanika Struktur Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor,
Jl. KH. Sholeh Iskandar KM. 2 Kedung Badak – Bogor, No.Telp. 081519871077,. Email:
Aji_tardiana1993@yahoo.com

²Lab. Ristek Mekanika Struktur Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

³Lab. Ristek Sistem Kontrol dan Nano Teknologi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Ibn Khaldun Bogor

Abstrak

Perkembangan ilmu pengetahuan dan perancangan teknik pada peralatan rumah tangga terutama pengering pakaian terus mendorong teknologi manufaktur yang semakin maju. Kebutuhan terhadap kualitas, efisiensi waktu dan kemudahan dalam pengoprasian sangat diharapkan. Pengering pakaian yang dirancanag memiliki dimensi panjang : 1.1 m, lebar : 1.1 m dan tinggi 1.5 m. Dengan material kayu dilapisi pelat alumunium, dan hanger tempat menggantung pakaian dari material pipa alumunium dengan desain bulat berdiameter 0.75 m. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari hanger akibat beban dari pakaian basah sebesar 10 Kg dan mengetahui distribusi suhu di ruang pengering dengan 3 skenario bentuk yang akan disimulasikan yaitu tabung, balok dan prisma (hexagon). Perancangan dan pengujian menggunakan software solidworks untuk memvalidasi hasil perhitungan. Hasil perhitungan tegangan lentur pada batang hanger yaitu 25 MPa < tegangan ijin bahan 75 MPa maka desain dianggap aman, nilai defleksi yaitu 1.38 mm. Divaliasi dengan menggunakan software didapat nilai tegangan lentur 22.3 MPa dan nilai defleksi 1.46 mm. Hasil simulasi distribusi suhu diperoleh secara kualitatif bahwa skenario ruang pengering berbentuk bulat yang memiliki distribusi suhu paling optimum yaitu ditetapkan udara masuk pada bagian bawah dan udara keluar pada bagian atas dengan sumber panas heater listrik dengan nilai h 12 W/m³, maka suhu udara rata-rata pada bagian yang terdapat pakaian basah adalah 40.24°C dan suhu udara rata-rata ruang pengering adalah 40.13°C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan gantungan hanger dianggap aman dan suhu rata-rata pada ruang pengering hampir mendekati spesifikasi pengeringan pakaian yaitu 50°C.

Kata Kunci: pengering, kekuatan, simulasi, udara rata-rata

Abstract

The development of science and engineering designs on household appliances, especially clothing dryers, continues to drive increasingly advanced manufacturing technology. The need for quality, time efficiency and ease of operation is desirable. The designed clothes dryer has a long dimension: 1.1 m, width: 1.1 m and height 1.5 m. With wood material coated aluminum plates, and hanger hanging clothes from aluminum pipe material with a 0.75 m diameter round design. This study aims to determine the strength of the hanger due to the load of wet clothing by 10 Kg and to know the temperature distribution in the drying chamber with 3 scenarios which will be simulated ie tubes, beams and prisms (hexagon). Designing and testing using solidworks software to validate the calculation results. The result of the calculation of bending stress on the hanger rod is 25 MPa < 75 MPa material license stress then the design is considered safe, the deflection value is 1.38 mm. Divasion by using the software obtained 22.3 MPa bending stress and 1.46 mm deflection value. The simulation result of the temperature distribution is obtained qualitatively that the spherical spherical dryer scenario has the most optimum temperature distribution that is determined the air entering at the bottom and the exit air at the top with the source of the electric heater with the value of 12 W / m³, the average air temperature And the average temperature of the drying chamber is 40.13°C. The results of this study indicate that the strength of the hanger hanger is considered safe and the average temperature in the drying chamber is almost close to the specification of clothes drying that is 50°C.

Keywords: dryer, power, simulation, average air

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global yang saat ini terjadi menyebabkan perubahan cuaca yang tidak menentu. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam memprediksi cuaca yang akan terjadi. Hujan yang sering datang tiba-tiba serta musim penghujan yang lebih panjang menyebabkan aktivitas tertanggu. Salah satu aktivitas yang cukup penting namun terkadang kurang diperhatikan adalah mencuci pakaian. Kegiatan mencuci pakaian sendiri telah tersedia cukup banyak solusi dipasaran dengan hadirnya berbagai macam mesin cuci dengan berbagai

tipe. Mesin cuci pada umumnya sudah dilengkapi dengan mesin pengering, namun mesin pengering ini kurang efektif karena pakaian yang telah dikeringkan masih cenderung basah dan belum dapat langsung dikenakan. Setelah dikeringkan dengan mesin cuci tersebut, pakaian masih harus dijemur agar pakaian yang akan digunakan kering dan tidak lembab. Masalah yang dihadapi ketika menjemur pakaian yaitu saat musim hujan, sehingga pakaian tidak dapat dijemur di bawah matahari. Solusi yang banyak digunakan adalah dengan menjemur pakaian tersebut di dalam rumah atau ruangan tanpa perlakuan khusus sehingga menyebabkan pakaian memerlukan waktu lama untuk kering dan akan berbau kurang sedap. [1]

Hal tersebut mendorong perkembangan ilmu perancangan dan teknologi manufaktur untuk menciptakan produk peralatan rumah tangga terutama alat pengering pakaian yang mempunyai kualitas baik, efisiensi waktu yang optimum dan mudah dalam pengoprasian. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengering pakaian yang dilengkapi gantungan hanger yang dapat menampung 10 kg atau 12-15 potong pakaian basah berbahan cotton, kemudian menganalisa dan mensimulasikan distribusi suhu pada ruang pengering dengan 3 skenario bentuk yaitu kotak (balok), bulat (tabung) dan poligon (prisma). Ketiga skenario tersebut dipilih untuk mengetahui pengaruh geometri dan letak input udara terhadap sebaran suhu dan kecepatan udara pada ruang pengering. Adapun perancangan, analisa dan simulasi menggunakan *software Solidworks*.

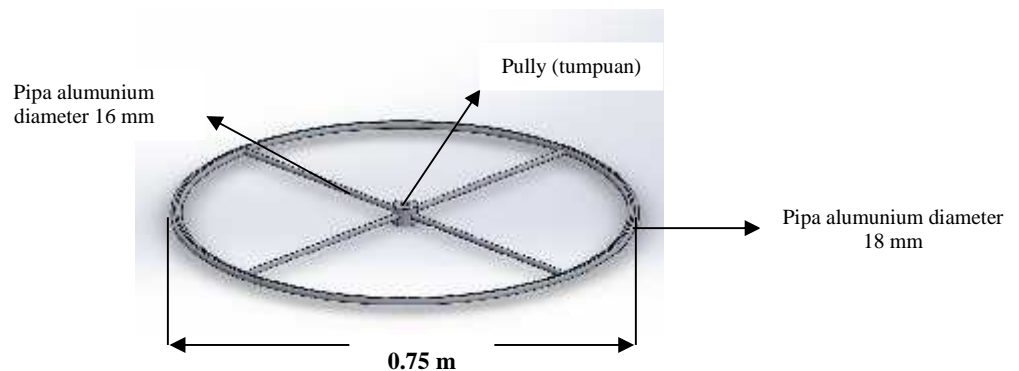
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis menggunakan perhitungan manual kemudian divalidasi dengan perhitungan komputer dan hanya akan dibahas tentang analisa statik pada gantungan hanger serta analisa distribusi suhu pada ruang pengering, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Membuat desain gantungan hanger dengan dimensi menyesuaikan untuk 10 kg pakaian basah, menggunakan *software Solidworks*.
- Menganalisa kekuatan gantungan hanger dengan metode perhitungan manual.
- Menganalisa dan memvalidasi kekuatan gantungan hanger dengan metode statik simulation menggunakan *software Solidworks*.
- Membuat desain ruang pengering dengan 3 skenario (tabung, balok dan poligon) menggunakan *software Solidworks*.
- Menganalisa distribusi suhu pada setiap ruang pengering dengan metode *flow simulation* menggunakan *software Solidworks*.

2.1 Desain Gantungan Hanger

Berdasarkan eksperimen didapat 10 Kg pakaian basah yang akan dikeringkan berjumlah sekitar 12-15 potong, oleh karena itu diperlukan sebuah Hanger yang mampu menahan beban pakaian tersebut serta memiliki geometri/dimensi yang tidak memerlukan tempat yang terlalu luas , maka dirancang sebuah gantungan Hanger dengan dimensi dan Geometri seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Desain Gantungan Hanger

Bagian-bagian dari gantungan Hanger adalah pipa aluminium berdiameter 18 mm dan tebal 2 mm, pipa aluminium berdiameter 16 mm dan tebal 2 mm serta *pully* aluminium sebagai tumpuan pada bagian tengah. Dengan desain tersebut maka tataletak pakaian akan melingkar sehingga tidak memerlukan dimensi ruang pengering terlalu besar dan pakaian akan terpuat ditengah ruang pengering.

2.2 Analisa Kekuatan Dengan Perhitungan Manual

Suatu batang dapat dianalisa kekuatan terhadap gaya atau beban yang diterima dengan cara menentukan tegangan lentur dan defleksi yang terjadi. [2]

Menghitung Momen Inersia Profil :

$$I = \pi/8 \cdot d^3 \cdot t \quad [\text{Persamaan.1}]$$

Menghitung momen tahanan bahan :

$$S_x = \pi/4 \cdot d^2 \cdot t \quad [\text{Persamaan.2}]$$

Menghitung Defleksi :

$$Y_{\max} = F \cdot L^3 / 3 \cdot E \cdot I \quad [\text{Persamaan.3}]$$

Menghitung momen :

$$M = F \cdot L \quad [\text{Persamaan.4}]$$

Menghitung tegangan lentur :

$$L = M / S_x \quad [\text{Persamaan.5}]$$

Menghitung safety faktor :

$$f = t_{\text{aktual}} / t_{\text{bahan}} \quad [\text{Persamaan.6}]$$

Keterangan :

- I : Momen inersia profil
- d : Diameter luar
- t : Tebal
- S_x : Momen tahanan bahan
- Y_{\max} : Defleksi maksimum
- M : Momen
- L : Tegangan lentur
- t_{ijin} : Tegangan ijin
- L : Panjang batang
- f : Faktor keamanan

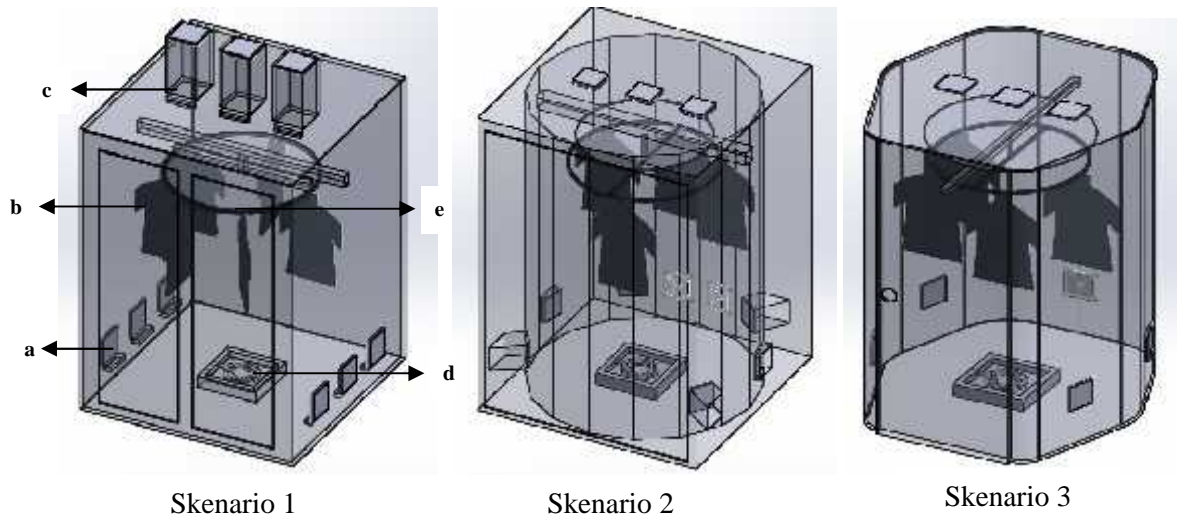
2.3 Analisa Kekuatan Dengan *Static Simulation* Menggunakan *Software Solidworks*

Berikut adalah langkah-langkah melakukan analisa kekuatan menggunakan *software solidworks* :

1. Menentukan *fixed geometri*
2. Pemberian beban (*force*)
3. *Meshing Control*
4. *Runing*
5. Menampilkan hasil (*report*) [3]

2.4 Membuat Desain Ruang Pengering Menggunakan *Software Solidworks*

Ruang pengering yang akan dianalisa menggunakan 3 skenario geometri yaitu kotak (balok), bulat (tabung) dan poligon (prisma). Pada dasarnya perbedaan pada skenario 1-3 adalah pada geometri dan letak kipas inlet saja adapun komponen dan dimensi (volume) ruang pengering dibuat sama agar data yang diperoleh lebih valid. Desain skenario 1-3 dapat dilihat pada gambar 2 dan data teknik dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 2. Skenario Ruang Pengering

Keterangan :

- a = kipas inlet
- b = pakaian yang akan dikeringkan
- c = kipas outlet
- d = pemanas (heater)
- e = gantungan hanger

Tabel 1 Data Teknik Ruang Pengering

Value	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Panjang (mm)	1100	-	-
Lebar (mm)	1100	-	-
Tinggi (mm)	1500	1500	1500
Luas alas (mm ²)	-	1210000	1210000
Volume (mm ³)	1.815 × 10 ⁹	1.815 × 10 ⁹	1.815 × 10 ⁹

2.5 Analisa Distribusi Suhu Ruang Pengering Dengan Flow Simulation Menggunakan Software Solidworks

Berikut adalah langkah-langkah melakukan analisa *flow simulation* dengan software *Solidworks* :

1. Menentukan LID pada lubang kipas
2. Menentukan input data laju aliran volume, temperatur dan tekanan udara masuk pada LID *inlet* kipas.
3. Menentukan input data tekanan udara diluar pada LID outlet kipas.
4. Menentukan *global plot*.
5. Menentukan *surface plot*.
6. Menentukan *project trajectory*.
7. *Runing*.
8. *Report*. [4]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

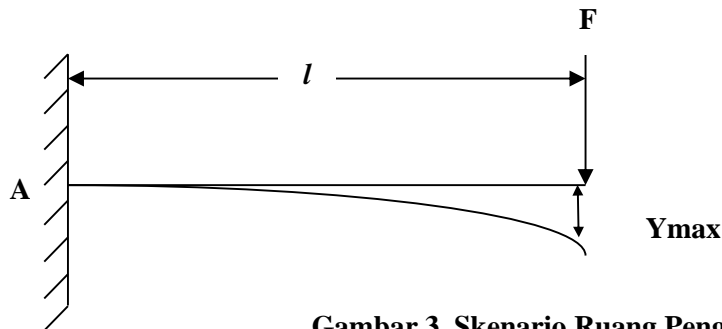
Setelah semua persiapan dan prosedur penelitian dilakukan sesuai dengan ketentuan, maka diperoleh data kekuatan gantungan hanger menurut perhitungan manual, data kekuatan gantungan hanger menurut perhitungan *software Solidworks* dan data distribusi udara panas pada ruang pengering dengan *flow simulation software Solidworks*, berikut ini :

3.1 Hasil Analisa Kekuatan Dengan Perhitungan Manual

Pembahasan kali ini menjelaskan perhitungan kekuatan konstruksi gantungan hanger yang menerima beban sebesar 10 kg (98.1 N) + berat batang 8.9265 N /4 karena mempunyai 4 batang. Material yang digunakan adalah aluminium 1060-H12 yang memiliki *yield strength* sebesar 7.5×10^7 N/m², *tensile strength* sebesar 8.5×10^7 N/m² dan modulus elastisitas 6.9×10^{10} N/m².

Untuk mengetahui kekuatan konstruksi gantungan hanger bisa menerima beban besar atau kecil ada beberapa tahapan perhitungan antara lain :

Diagram benda bebas :



Gambar 3. Skenario Ruang Pengering

Menghitung momen inersia penampang :

$$\begin{aligned} I &= /8d^3t \\ &= /8 (0.016^3 \text{ m}) (0.002 \text{ m}) \\ &= 3.21 \times 10^{-9} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Menghitung momen tahanan bahan :

$$\begin{aligned} S_x &= /4d^2t \\ &= /4 (0.016^2 \text{ m})(0.002 \text{ m}) \\ &= 4.01 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung Defleksi :

$$\begin{aligned} Y_{\max} &= FL^3/3EI \\ &= (26.75 \text{ N})(0.325 \text{ m})^3/3(6.9 \times 10^{10} \text{ N/m}^2) (3.21 \times 10^{-9} \text{ m}^4) \\ &= 1.38 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 1.38 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai defleksi yang diijinkan :

$$\begin{aligned} \text{Deflection limit Aluminium 1060-h12} &= \text{Span} / 300 \\ &= 600 / 300 = 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Defleksi yang terjadi 1.26 mm < defleksi ijin bahan sebesar 20 mm, maka desain dapat dikatakan aman.

Menghitung momen :

$$\begin{aligned} M &= FL \\ &= (26.75 \text{ N})(0.325 \text{ m}) \\ &= 10.03 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Menghitung tegangan lentur :

$$\begin{aligned} L &= M/S_x \\ &= 10.03 \text{ Nm}/4.01 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \\ &= 25000000 \text{ Pa} = 25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi 25 MPa < tegangan ijin bahan sebesar 75 MPa, maka desain dapat dikatakan aman.

Menghitung faktor keamanan bahan :

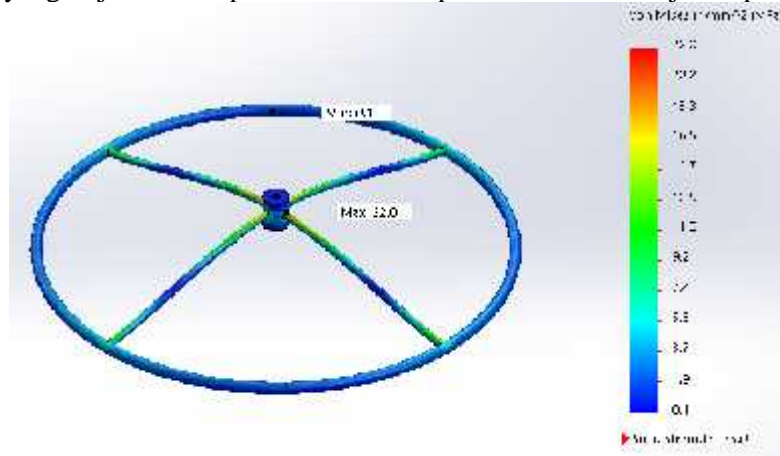
$$\begin{aligned} f &= \frac{t \text{ bahan}}{t \text{ aktual}} \\ &= \frac{75 \text{ MPa}}{25 \text{ MPa}} \\ &= 3 \end{aligned}$$

3.2 Hasil Analisa Kekuatan Dengan Perhitungan Simulasi *Software Solidworks*

Hasil yang diperoleh dari analisa statik menggunakan software solidworks pada gantungan hanger dengan diberi beban 107 N sesuai dengan berat asumsi pakaian basah adalah sebagai berikut :

) Tegangan lentur

Tegangan lentur yang terjadi akibat pembebanan dari pakaian basah ditunjukkan pada Gambar 4.

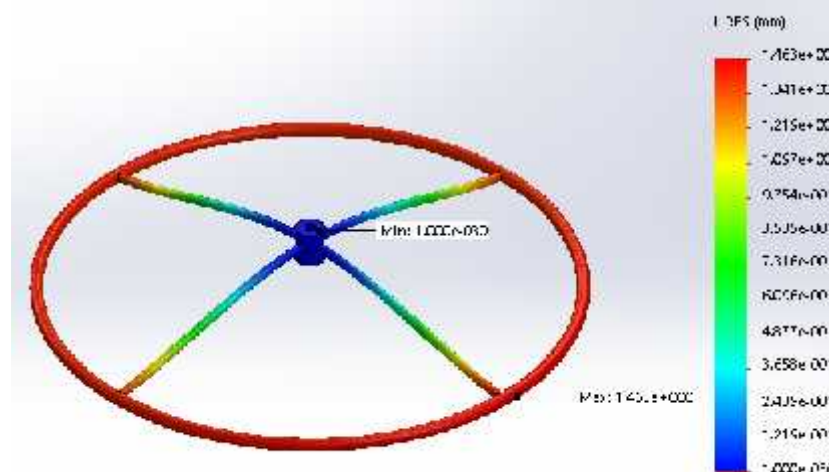


Gambar 4. Tegangan Lentur Yang Terjadi Pada Gantungan Hanger

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi akibat pembebanan pakaian basah yaitu untuk tegangan minimum sebesar 0.1 Mpa dan tegangan maksimumnya sebesar 22.3 Mpa. Maka berdasarkan perbandingan *yield strength* dari material aluminium 1060-H12 yang digunakan sebesar 75 Mpa, dapat dipastikan gantungan hanger tersebut dapat menahan beban yang diberikan.

) Defleksi

Defleksi yang terjadi akibat pembebanan pakaian basah seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Defleksi Yang Terjadi Pada Gantungan Hanger

Dengan adanya beban yang diberikan, maka hasil defleksi minimum sebesar 0 mm dan nilai defleksi maksimum sebesar 1.46 mm.

3.3 Hasil Analisa Distribusi Suhu dan Kecepatan Ruang Pengering Dengan *Flow Simulation* Menggunakan *Software Solidworks*

Untuk memperoleh sebaran suhu udara pengering pada skenario 1 sampai dengan 3, maka dilakukan simulasi pada ruang pengering dengan parameter pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Simulasi Sebaran Suhu

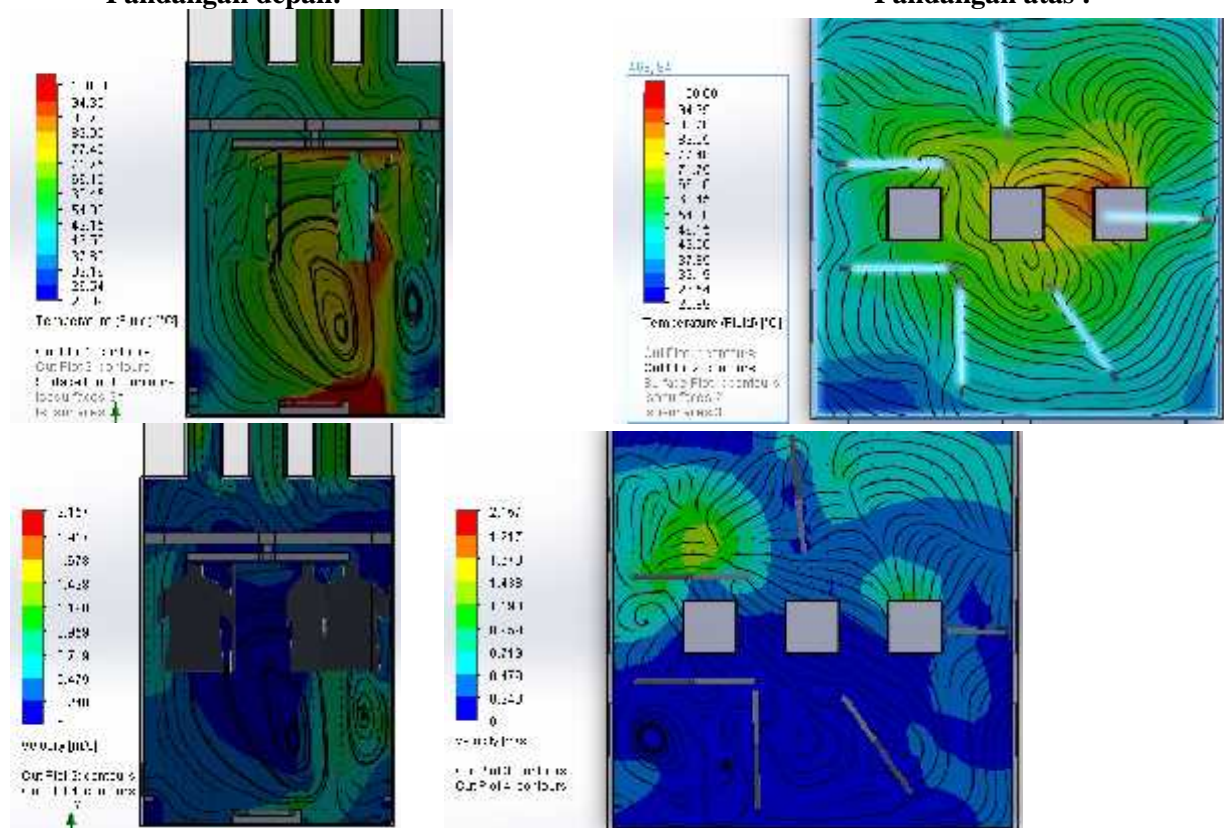
Parameter	Jumlah	Value	Unit
Internal inlet fan (volume flow rate)	6	0.0424752705	m ³ /s
Internal outlet fan (volume flow rate)	3	0.0424752705	m ³ /s
Heater (<i>h</i>)	1	12	W/cm ²
Physical time	1	9000	s
Volume ruang pengering	1	1.815	m ³
LID	9		
- (Environment pressure)		101325.00	Pa
- Temperature		20.05	°C

1) Skenario 1 Ruang Pengering Dengan Bentuk Balok (Kotak)

Hasil Simulasi sebaran suhu dan kecepatan udara ruang pengering kotak secara kualitatif terdapat pada Gambar 6.

Pandangan depan:

Pandangan atas :



Gambar 6. Kondisi Distribusi Suhu dan Kecepatan Pada Ruang Pengering Kotak

Hasil simulasi juga dapat dilihat pada Tabel 2 yang menjelaskan kondisi sebaran suhu rata-rata dan kecepatan udara rata-rata pada pengering berbentuk kotak.

Tabel 2. Hasil Simulasi Pengering Kotak

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
ruang Av Temperature	[°C]	52.50	57.67	47.41	65.46
Ruang Av Velocity	[m/s]	0.36	0.52	0.25	0.81
baju Av Temperature	[°C]	57.77	60.24	47.99	71.77
heater Av Temperature	[°C]	654.24	697.74	328.10	1675.06

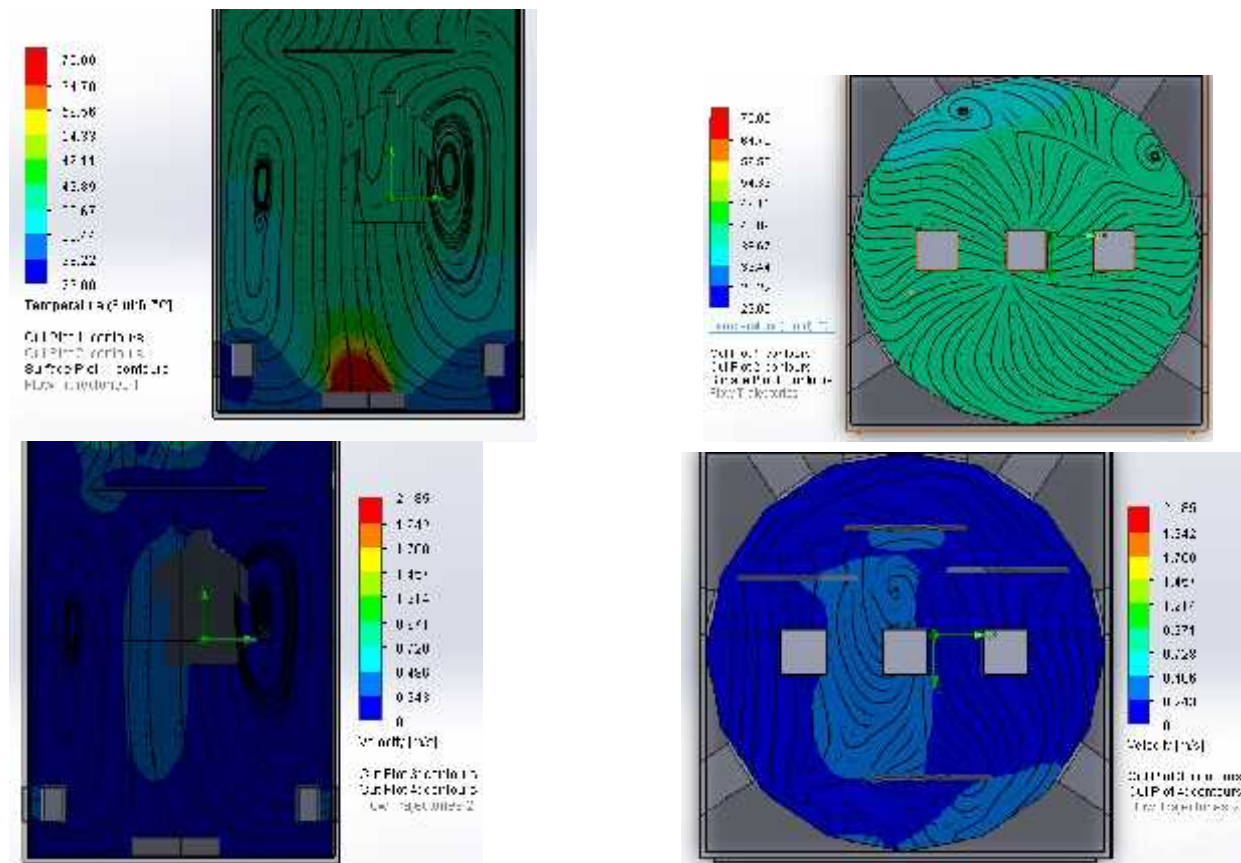
Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering adalah 57.67°C , suhu udara rata – rata pada baju adalah 60.24°C dan kecepatan udara rata-rata adalah 0.52 m/s seperti yang terlihat pada Gambar 3 yang mendominasi warna dari baju adalah warna hijau muda, warna biru tua pada bagian bawah menunjukkan suhu paling rendah karena merupakan udara masuk dari kipas inlet dan warna merah pada bagian bawah menunjukkan temperatur paling tinggi karena merupakan sumber panas dari heater listrik. Sedangkan pada gambar hasil simulasi kecepatan udara yang mendominasi adalah warna biru dan hijau muda pada area yang terdapat baju dan warna hijau pada bagian kipas inlet dan kipas outlet menunjukkan nilai kecepatan udara tertinggi. Sebaran suhu pada ruang pengering kotak dengan parameter pada Tabel 1 menunjukkan adanya ketidak seragaman terutama pada bagian yang terdapat baju, dikarenakan kipas input terletak berhadapan sehingga aliran udara yang membawa panas dari heater hanya terjadi pada kipas inlet bagian kanan sedangkan kipas inlet bagian kiri aliran udaranya langsung mengarah ke-atas karena terdorong aliran udara dari kipas bagian kanan yang mengarah ke bagian heater.

2) Skenario 2 Ruang Pengering Dengan Bentuk Tabung (Bulat)

Hasil Simulasi sebaran suhu dan kecepatan udara ruang pengering bulat secara kualitatif terdapat pada gambar 7.

Pandangan depan:

Pandangan atas :



Gambar 7. Kondisi Distribusi Suhu dan Kecepatan Pada Ruang Pengering Bulat

Hasil simulasi juga dapat dilihat pada Tabel 3 yang menjelaskan kondisi sebaran suhu rata-rata dan kecepatan udara rata-rata pada pengering berbentuk bulat.

Tabel 3. Hasil Simulasi Pengering Bulat

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
-----------	------	-------	----------------	---------------	---------------

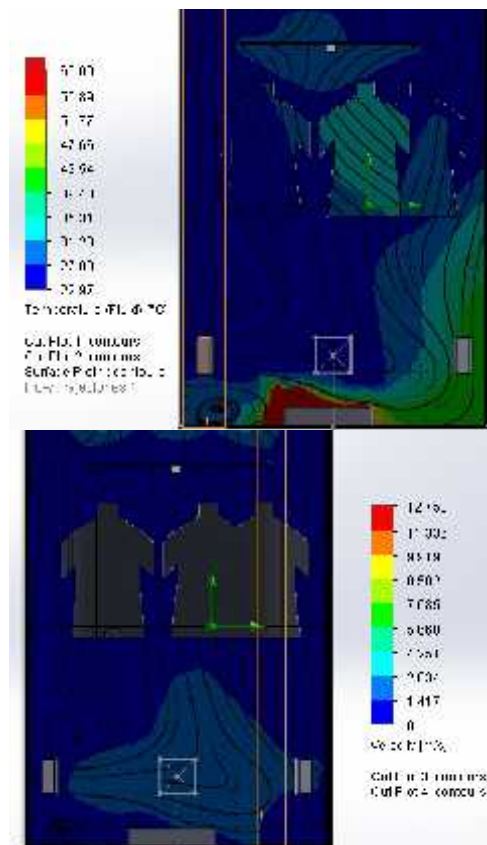
ruang Av Temperature	[°C]	38.49	40.13	34.50	47.48
Ruang Av Velocity	[m/s]	0.16	0.35	0.16	0.83
baju Av Temperature	[°C]	38.75	40.24	32.42	47.83
heater Av Temperature	[°C]	740.27	502.49	297.79	782.32

Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering adalah 40.13°C, suhu udara rata-rata pada baju adalah 40.24°C dan kecepatan udara rata-rata adalah 0.35 m/s seperti yang terlihat pada Gambar 5 yang mendominasi warna dari baju adalah warna hijau tua, warna biru tua pada bagian bawah menunjukkan suhu paling rendah karena merupakan udara masuk dari kipas inlet dan warna merah pada bagian bawah menunjukkan temperatur paling tinggi karena merupakan sumber panas dari heater listrik. Sedangkan pada gambar hasil simulasi kecepatan udara yang mendominasi adalah warna biru dan hijau muda pada area yang terdapat baju dan warna hijau pada bagian kipas inlet dan kipas outlet menunjukkan nilai kecepatan udara tertinggi. Sebaran suhu pada ruang pengering kotak dengan parameter pada tabel 1 menunjukkan seragaman terutama pada bagian yang terdapat baju, dikarenakan kipas input terletak melingkar sehingga aliran udara yang membawa panas dari heater beredar dan berpusat ditengah sehingga membawa udara panas ke atas secara hampir bersamaan.

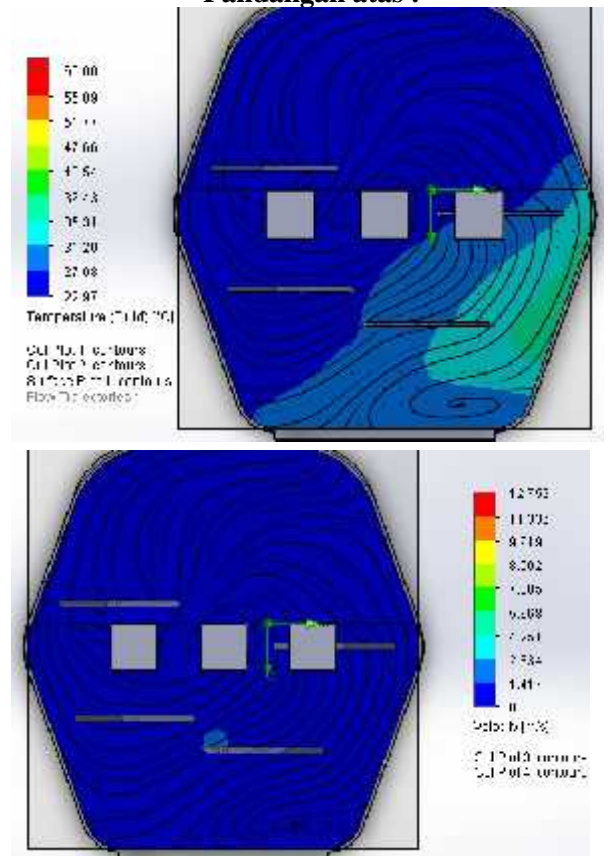
3) Skenario 3 Ruang Pengering Dengan Bentuk Poligon

Hasil simulasi sebaran suhu dan kecepatan suhu udara ruang pengering poligon secara kualitatif terdapat pada gambar 8.

Pandangan depan :



Pandangan atas :



Gambar 8. Kondisi Distribusi Suhu dan Kecepatan Pada Ruang Pengering Poligon

Hasil simulasi juga dapat dilihat pada Tabel 4 yang menjelaskan kondisi sebaran suhu rata-rata dan kecepatan udara rata-rata pada pengering berbentuk poligon.

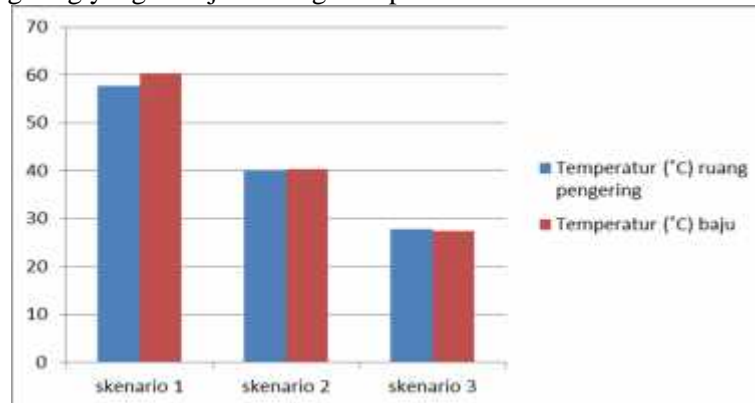
Tabel 4. Hasil Simulasi Pengering Bulat

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
ruang Av Temperature	[°C]	28.62	27.85	27.32	28.62

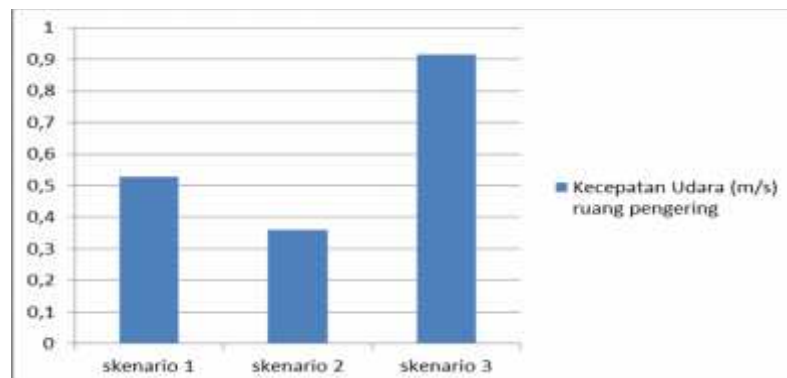
ruang Av Velocity	[m/s]	0.88	0.91	0.86	0.97
baju Av Temperature	[°C]	27.33	27.42	26.58	28.29
heater Av Temperature	[°C]	518.53	581.96	460.72	756.12

Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering adalah 27.85°C, suhu udara rata – rata pada baju adalah 27.42°C dan kecepatan udara rata-rata adalah 0.91 m/s seperti yang terlihat pada Gambar 6 yang mendominasi warna dari baju adalah warna hijau muda, warna biru tua pada bagian bawah menunjukkan suhu paling rendah karena merupakan udara masuk dari kipas inlet dan warna merah pada bagian bawah menunjukkan temperatur paling tinggi karena merupakan sumber panas dari heater listrik. Sedangkan pada gambar hasil simulasi kecepatan udara yang mendominasi adalah warna biru dan hijau muda pada area yang terdapat baju dan warna hijau pada bagian kipas inlet dan kipas outlet menunjukkan nilai kecepatan udara tertinggi. Sebaran suhu pada ruang pengering kotak dengan parameter pada Tabel 1 menunjukkan adanya ketidak seragaman terutama pada bagian yang terdapat baju, dikarenakan kipas input terletak berhadapan sehingga aliran udara yang membawa panas dari heater hanya terjadi pada kipas inlet bagian kanan sedangkan kipas inlet bagian kiri aliran udaranya langsung mengarah ke-atas karena terdorong aliran udara dari kipas bagian kanan yang mengarah ke bagian heater.

Dari hasil simulasi skenario 1-3 maka didapat perbandingan nilai suhu rata-rata dan kecepatan udara rata-rata pada ruang pengering yang tersaji dalam grafik pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Temperatur Udara Pada Ruang Pengering Dan Baju



Gambar 10. Grafik Perbandingan Kecepatan Udara Pada Ruang Pengering

Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa sebaran suhu tertinggi didapat pada skenario 1 dan nilai terendah didapat pada skenario 3, sedangkan sebaran kecepatan udara tertinggi didapat pada skenario 3 dan sebaran kecepatan udara terendah didapat pada skenario 2.

4. KESIMPULAN

- Analisa statik pada gantungan hanger didapat secara perhitungan manual yaitu 25 MPa dan divalidasi dengan perhitungan komputer yaitu 22.3 MPa keduanya menunjukkan nilai lebih rendah dari tensile strength bahan yaitu 75 MPa sedangkan nilai defleksi secara perhitungan manual adalah 1.38 mm dan divalidasi dengan perhitungan komputer adalah 1.46 mm keduanya menunjukkan nilai kurang dari *deflection limits* material Alumunium 1060-H12 yaitu 20 mm.

2. Ruang pengering dengan aliran udara optimal telah didapatkan yaitu pada skenario-2 yang memiliki nilai temperatur ruangan paling merata sebesar 40.13°C dan temperatur rata-rata udara yang mengenai baju adalah 40.24°C serta kecepatan aliran udara rata-rata sebesar 0.35 m/s. Dengan kata lain bentuk geometri dan tata letak kipas inlet mempengaruhi kerataan temperatur dan kecepatan udara dalam ruang pengering dengan dimensi/volume yang sama.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rachmawan, O. 2001. Pengeringan, Pendinginan dan Pengemasan Komoditas Pertanian. Depdiknas. Jakarta.
- [2] Rudnev Valery, Loveless Don, Cook Raymond, Handbook of Induction Heating, Marcel Decker, Inc, New York, 2003.
- [3] James M. Gere, Stephen P. Timoshenko., *Mekanika Bahan*, Edisi versi SI., alih bahasa Hans J. Wospakrik, Institut Teknologi Bandung, Penergil Erlangga, 1996.
- [4] Popov. E.P, Zainul Astamar., *Mekanika Teknik (Mechanics Of Materials)*, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta 1983.
- [5] Ratnawati T., 2003. Simulasi Model Pengering Efek Rumah Kaca Untuk Pengeringan Cengkeh (*Eugenia caryophyllus*), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- [6] Holman JP. 1995. Perpindahan Kalor. Jakarta Erlangga. Jakarta.
- [7] Indra Budi Nugraha, 2005. Simulasi Pola Aliran Udara, RH dan Suhu Ruang Pengering dengan Teknik Computational Fluid Dynamics (CFD) Pada Proses Pengeringan Mahkotadewa, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas
- [8] Versteeg, H.K. dan W. Malalasekera, 1995. *An Introdustion to computational fluid Dynamics*. The finite volume method. Longman Sc & Technical. Malaysia.
- [9] Tuakia, F., 2008. *Dasar-Dasar Computational Fluid Dynamics* Menggunakan Fluent, Informatika, Bandung.

RANCANG BANGUN MESIN BOR PIPA PADA TEROMPET LONG-TAIL KAPASITAS 50 UNIT PER JAM

Dhia Reyhan Mutia Pramono, dan Eka Santi Nurcahyanti

*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok
16424, No. telp. +62217270044, No. Fax. (021)727004.*

Abstrak

Makalah ini menyajikan sebuah desain dan pengembangan rancang bangun mesin pengebor pipa long tail untuk menghasilkan lubang yang bulat pada pipa yang digunakan sebagai salah satu komponen dari long tail perahu motor. Proyek long tail perahu motor melibatkan kerjasama antara Kementerian Perikanan dan Kelautan dan PT. Krida Rekatama Indo, yang menargetkan pembuatan produk massal berjumlah 24000 unit, sehingga membutuhkan perencanaan lini produksi berjalan dengan pengadaan special purpose machine (SPM), yakni mesin pengelesan pipa semi otomatis, mesin bubut dalam pipa semi otomatis, mesin pengebor pipa semi otomatis, dan mesin pemotong pipa semi otomatis. Mesin yang akan dibahas pada makalah ini hanya mesin pengebor pipa pada terompot long tail semi-otomatis. Mesin tersebut dirancang agar dapat menghasilkan lubang pipa dengan ukuran diameter lubang 8 [mm] dan 14[mm]. Sistem pengoperasian dari gerak berputar spindel utama yang diteruskan melalui sistem transmisi sabuk yang terhubung motor listrik, dengan mata bor bergerak ke depan sambil melakukan pengeboran kemudian kembali ke posisi semula. Mesin ini digunakan semi-otomatis untuk skala rendah hingga menengah, sehingga teknologi ini diharapkan dapat membantu untuk mengurangi biaya, waktu produksi, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi jumlah barang yang gagal. Makalah ini juga menyajikan tingkat akurasi pengeboran pipa, analisis rumusan kekuatan bahan, desain konstruksi mesin, dan biaya di butuhkan untuk proses fabrikasi mesin tersebut.

Kata Kunci: long – tail, mesin bor pipa, rancang- bangun

Abstract

This paper presents a design and development engineering drilling machine maker long tail pipe on the trumpet to produce a round hole in the pipe used as one component of long tail boat motors. Project long tail boat motors involved cooperation between the Ministry of Fisheries and Marine Resources and PT. Krida Rekatama Indo, which target the manufacture of bulk products totalled 24000 units, thus requiring planning production lines running to the procurement of special purpose machine (SPM), including pipe welding machine semi-automatic, pipe lathe in machine semi-automatic, pipe drilling machine semi-automatic, and pipe cutting machine semi-automatic. The machine that will be discussed in this paper only machine semi-automatic drill pipe on the trumpet. The machine is designed to produce a around hole in he pipe with a hole diameter of 8 [mm] dan 14 [mm]. The operating system of the main spindle spinning motion is transmitted through a belt transmission system connected to the electric motor, with the twist drill bit moving forward while drilling and then back to its original position. These machines are used semi-automatic for low to medium scale, so the technology is expected to help to reduce costs, production time, increase productivity, and reduce the number of items that rejected. This paper also presents a pipe drilling accuracy level, analysis of the formulation of the strength of materials, construction design, and the cost required for the machine fabrication process the machine.

Keywords: long-tail, drilling machine, design-built

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Krida Rekatama Indo adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang *manufacturing*, *machining*, dan *machine maker*, telah diberi kepercayaan oleh Kementerian Perikanan dan Kelautan Indonesia untuk memelopori lokalisasi produk, dan kreator desain long-tail perahu motor untuk para nelayan di berbagai wilayah Indonesia. PT. Krida Rekatama Indo membuat *Special Purpose Machine (SPM)* untuk menunjang tercapainya target produksi massal long-tail yang optimal. Salah satu jenis *Special Purpose Machine (SPM)* yang akan dirancang adalah mesin pengebor pipa pada terompet long-tail, yang memiliki fungsi utama untuk menghasilkan lubang yang bulat pada terompet pipa. Produk long-tail yang akan dirancang bernama K85 dan K100. Komponen utama dari *long-tail* tersusun oleh pipa jenis *stainless steel*.

No	Material Pipa : SUS-304	SPESIFIKASI
		Kedalaman
1	K85	3,6 [mm]
2	K100	3,2 [mm]

Tabel 1.1 Spesifikasi

Mesin bor pipa pada terompet long-tail harus memenuhi kapasitas 50 unit *long-tail*/jam, sehingga dibutuhkan *cycle time* pengeboran pipa sekitar 10 detik tiap satu pipa terompet. Target produksi long-tail adalah sebanyak 24.000 unit, maka *cycle time* yang dibutuhkan tiap satu pada terompet *long-tail* produk jadi adalah 10-30 detik

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan oleh penulis, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan rancang bangun mesin bor pipa pada terompet *long-tail* dengan kapasitas 50 unit *long-tail*/jam?
2. Bagaimana pengoperasian mesin bor pipa pada terompet *long-tail* dengan hasil ukuran/dimensi pengeboran pipa yang akurat?
3. Bagaimana perhitungan beban pengeboran dan *cycle time* yang dibutuhkan agar mencapai kapasitas 50 unit *long-tail*/jam?
4. Bagaimana mekanisme pengeboran pada terompet *long-tail* dan tapping dapat dilakukan secara kontinyu?

1.3 Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penulisan dari karya tulis ini adalah:

1. Dapat melakukan rancang bangun mesin bor pipa pada terompet *long-tail* dengan kapasitas 50 unit *long-tail*/jam.
2. Dapat membuat mesin bor pipa pada terompet *long-tail* dengan pengoperasian secara semi-otomatis, sehingga hasil ukuran/dimensi dari pengeboran pipa menjadi akurat.
3. Dapat menentukan mekanisme pengeboran dan tapping dalam satu proses secara kontinyu.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perencanaan

Penelitian dilakukan di PT Krida Rekatama Indo pada tanggal 12 Januari – 31 Mei 2017.

Langkah-langkah pendekatan yang sistematis dalam proses berfikir menemukan ide/gagasan untuk mencapai sasaran yang diinginkan. Pada tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan dan mengidentifikasi data sesuai kondisi lapangan dan kebutuhan pelanggan.

2.1.1 Konsep mesin yang ada

Mesin yang sudah ada di dunia industri antara lain:

1. Mesin bor meja



Gambar 2.1 Mesin Bor Meja

Mesin bor meja adalah mesin bor yang diletakkan diatas meja. Mesin ini digunakan untuk membuat lobang benda kerja dengan diameter kecil (terbatas sampai dengan diameter 16 mm). Prinsip kerja mesin bor meja adalah putaran motor listrik diteruskan ke poros mesin sehingga poros berputar. Selanjutnya poros berputar yang sekaligus sebagai pemegang mata bor dapat digerakkan naik turun dengan bantuan roda gigi lurus dan gigi rack yang dapat mengatur tekanan pemakanan saat pengeboran.

2. Mesin bor tangan (pistol)



Gambar 2.2 Mesin Bor Tangan

Mesin bor tangan adalah mesin bor yang pengoperasiannya dengan menggunakan tangan dan bentuknya mirip pistol. Mesin bor tangan biasanya digunakan untuk melubangi kayu, tembok maupun pelat logam. Khusus Mesin bor ini selain digunakan untuk membuat lubang juga bisa digunakan untuk mengencangkan baut maupun melepas baut karena dilengkapi 2 putaran yaitu kanan dan kiri. Mesin bor ini tersedia dalam berbagai ukuran, bentuk, kapasitas dan juga fungsinya masing-masing.

3. Mesin bor Radial



Gambar 2.3 Mesin bor radial

Mesin bor radial khusus dirancang untuk pengeboran benda-benda kerja yang besar dan berat. Mesin ini langsung dipasang pada lantai, sedangkan meja mesin telah terpasang secara permanen pada landasan atau alas mesin. Pada mesin ini benda kerja tidak bergerak. Untuk mencapai proses pengeboran terhadap benda kerja, poros utama yang digeser kekanan dan kekiri serta dapat digerakkan naik turun melalui perputaran batang berulir.

2.1.2 Kebutuhan Pelanggan

Berdasarkan data kebutuhan pelanggan proyek long-tail yang telah diperoleh dari Divisi Marketing PT. Krida Rekatama Indo, maka pertimbangan yang akan diputuskan untuk rancang-bangun mesin pengebor pipa pada long-tail disesuaikan dengan tipe K85 dan K100 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kebutuhan Pelanggan

No.	Kebutuhan Pelanggan	Penjelasan
1.	Proses pengeboran memiliki hasil yang sesuai ukuran .	Terdapat 2 lubang yang di bor dengan diameter pertama yaitu 8 [mm] dan diameter kedua yaitu 14 [mm]
2.	Proses melubangi pipa dapat langsung dilakukan material pipa terompot , ketebalan maksimal 3,6 [mm], sepanjang 371,9 [mm]	Pengeboran pipa dilakukan sesuai dengan kebutuhan dimensi pipa <i>long-tail</i> sesuai tipe K85 dan K100.
3	Proses pengeboran memiliki hasil tegak lurus terhadap sumbu pipa sesuai standar	Ketegaklurusan permukaan pipa yang dihasilkan sumbu pipa memiliki toleransi 0.5 [mm]
4.	Proses pengeboran dan tapping pipa pada terompot long tail dilakukan secara kontinyu	Digunakan mata bor untuk menghasilkan lubang yang bulat pada pipa terompot dan setelah proses pengeboran pipa terompot sesuai dimensi,kemudian proses tapping

2.2 Pembuatan Konsep

Pada tahapan ini, menentukan konsep desain dari mesin bor pipa pada terompet *long-tail* yang akan digunakan. Mulai dari penentuan prinsip kerja, fungsi utama, sub-fungsi, dan konstruksi dari mesin tersebut. Hasil dari penentuan konsep ini adalah spesifikasi mesin bor pipa pada terompet *long-tail*.

2.2.1 Membuat Daftar Spesifikasi

Tabel 2.2 Daftar Spesifikasi

No.	Kebutuhan Pelanggan	Hasil Proses	Prioritas
1.	Pengeboran pipa pada terompet <i>long-tail</i> dengan diameter 8 [mm] dan 14 [mm]	Pipa dengan dapat di bor sesuai kebutuhan.	1
2.	Ketegaklurusan permukaan terhadap sumbu pipa	0,5 [mm]	2
3.	Penambahan proses tapping setelah melakukan proses pengeboran	Digunakan untuk pembuatan ulir dalam setelah hasil pengeboran	4
4.	Mesin ON secara terus menerus	Mesin tidak perlu dimatikan pada saat pergantian proses dan material	3

2.2.2 Konsep Utama Konstruksi Mesin

Pada tahapan ini, digambarkan aliran input/masukan sampai output/keluaran suatu proses. Pada bagan tersebut, menunjukkan fungsi utama mesin adalah mengebor pipa, dengan input daya motor terhubung bearing, dan pipa yang akan dibor. Kemudian dilakukan proses pemotongan dan *facing* sehingga output yang dihasilkan adalah putaran, panas, suara, ubang pada pipa, hasil *tapping*, dan chip/bram hasil pengeboran.

Drill Power Head



www.regulatorvip.com

Gambar 2.4 Konsep Gambar Mesin Bor Pipa Pada Terompet Long Tail

Fungsi mesin terdiri dari sistem penggerak melalui motor listrik, kemudian sistem transmisi untuk meneruskan putaran dari motor listrik. Kemudian putaran spindle yang terpasang mata bor. Sistem

bergerak secara bersamaan dilakukan sistem pneumatik. Setelah pipa di bor, kemudian dilakukan tapping untuk membuat ulir pada lubang.

Adapun daftar sistem yang terdapat pada mesin pemotong pipa pada *long-tail* adalah:

a. Sistem penggerak

Bagian yang berfungsi sebagai sumber putaran, menggunakan motor listrik. Pada sistem penggerak dilengkapi metode *limit switch* yang dapat membalikkan arah putaran motor secara otomatis, yang berfungsi setelah proses pengeboran pipa telah dilakukan, pulley V-belt juga dapat membalikkan arah putaran sehingga sistem *chuck*/ pemegang mata bor kembali pada posisi semula.

b. Sistem transmisi

Merupakan sistem yang berfungsi untuk meneruskan putaran yang dihasilkan sistem penggerak menuju V-Belt, yang mana pulley dari V-Belt dipasang *chuck* atau pemegang mata bor sambil bergerak rotasi dan disambungkan dengan poros.

c. Sistem *chuck*/pemegang mata bor

Bagian ini merupakan bagian yang memastikan mata bor berotasi untuk melakukan pengeboran pada pipa trumpet dan mata bor bergerak translasi melalui rasio pulley yang terhubung poros. Sehingga sistem ini terbagi menjadi dua sub-sistem lagi, yakni sistem eretan untuk pergerakan translasi mata bor dan sistem *chuck*/ pemegang mata bor yang berfungsi sebagaiudukan mata bor ketika bergerak.

d. Sistem pencekam

Merupakan sistem yang berfungsi sebagai penapat SPM terompot. Sistem ini mencekam bagian poros spm trumpet. Poros pipa tersebut bergerak akibat penapat melalui tengah lubang dari pulley pada V-Belt. Setelah pipa tersebut masuk, maka pipa terkena stopper sehingga pipa berhenti sesuai dengan dimensi panjang yang dibutuhkan. Kemudian sistem *chuck*/pemegang mata bor menggerakkan sistem eretan mata bor untuk melakukan pengeboran pipa.

e. Sistem rangka

Rangka merupakan bagian penghubung semua fungsi bagian. Rangka pada alat ini dapat didefinisikan sebagai frame, yang berfungsi menopang semua sistem bagian.

2.2.3 Alternatif konsep konstruksi mesin

Tabel 2.3 Kombinasi fungsi bagian

Fungsi Bagian	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Sistem Penggerak	Motor AC	Motor DC	Motor Servo
Sistem Transmisi	Pulley V-belt		Sproket
Sistem Eretan	Sistem <i>Slider Pinl</i>	Sistem <i>Guideway</i>	Sistem <i>Dovetail</i>
Sistem Pencekam	<i>Drill Chuck</i>		
Sistem Rangka	Baja Profil	Baja Pejal	Baja Cor

Berdasarkan penilaian dari aspek teknis dan ekonomis, maka variasi konsep yang dipilih adalah Plan-1, dengan pertimbangan sebagai berikut:

Keuntungan:

- Konstruksi mudah dirakit
- Konstruksi rangka cukup ringan dan kokoh

-Pemasangan dengan komponen lain cukup mudah

-Harga keseluruhan komponen relatif murah

Kerugian:

-Perlu menggunakan high anchor untuk mengunci rangka pada lantai agar dapat meredam getaran

-Pada slider pin, rawan aus dikarenakan hanya terjadi kontak garis

2.3 Perancangan

Merancang merupakan tahapan melakukan draft rancangan dan spesifikasi beberapa part kemudian diberikan optimasi dan revisi rancangan jika memang diperlukan. Dalam hal ini, menggunakan software Inventor 2015 dalam pembuatan draft rancangan 3D dan 2D Modelling. Selain itu, software Excel 2016 diperlukan untuk mengkalkulasi harga pokok produksi, mulai dari material cost, operator, dan variabel cost yang lain.

2.4 Fabrikasi/ Manufaktur

Tahapan penyelesaian terakhir yang harus dilakukan adalah menyusun gambar kerja/ floor drawing hasil pengerjaan dari software, yang nantinya akan digunakan sebagai informasi selama proses manufaktur. Tahapan ini tidak dijelaskan oleh penulis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan putaran spindel

Dari cutting speed maka putaran mesin dapat diperoleh:

$$n = \frac{1000 \times Cs}{\pi \times d}$$

Dimana,

n = putaran spindle [putaran/menit]

D = Diameter mata bor [mm]

Cs = Cutting Speed [meter/menit]

3.2 Perhitungan Daya Pada Motor Listrik

Power pada mesin bor :

$$P = \frac{a \times s \times K_s \times C_s}{60 \times 10^2 \times \eta}$$

Keterangan,

a = kedalaman pengeboran [mm]

s = feed [mm/rev]

K_s = spesifik cutting force [kgf/mm²]

C_s = cutting speed [m/min]

η = efisiensi

3.3 Perhitungan Waktu Pengeboran (Cycle Time)

Waktu pengerjaan :

$$t_m = \frac{L}{S_r \times n}$$

Dimana,

$$L = l + 0,3d$$

Keterangan :

= panjang pengeboran	[mm]
L = panjang total pengeboran	[mm]
d = diameter mata bor	[mm]
n = putaran mata bor	[Rpm]
Sr = pemakanan	[mm/rev]

4. KESIMPULAN

Secara teknis terdapat banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam merancang mesin bor pipa pada terompet pipa, terutama mengacu pada orientasi pelanggan. Beberapa hal penting yang harus diperhatikan pada saat mesin tersebut mulai diproses fabrikasi, perlu diperhatikan bagaimana mesin tersebut mudah untuk dilakukan maintenance/perawatan, pergantian tool, efisiensi pemesinan, dan umur mesin yang long-life.

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan pada karya tulis ini, dapat disimpulkan bahwa rancangan mesin bor pipa untuk pipa terompet pada long-tail layak dikonstruksikan. Mesin dapat melubangi lubang dengan diameter 8 [mm] dan 14 [mm]. Hasil pengeboran harus memiliki ketegaklurusan terhadap sumbu pipa, sehingga akurat pada saat di proses. Dari segi *cycle time* proses produksi, dengan mesin baru diharapkan mampu menyelesaikan selama 10 sampai 30 detik.

Mesin bor pipa dalam untuk *long-tail* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Ukuran mata bor = M 8 dan M14
2. Panjang pipa = 371,9 [mm]
3. Penggerak = motor AC
4. Waktu Produksi/*cycle time* = 10-30 detik
5. Jenis mata bor = HSS
6. Diameter lubang = 8 [mm] dan 14 [mm]
7. Kedalaman pemakanan = 3,2[mm] dan 3,6 [mm]

5. UCAPAN TERIMA KASIH

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. Bapak Yohannes Patrick, ST, dan Ariek Sulistyowati, Dra, M.Kom, Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam karya Tulis ini;
2. Bapak Nanang, Pihak dari PT, Krida Rekatama Indo, yang telah memberikan subsidi dana untuk proses fabrikasi Mesin Bor pipa pada terompet Long-Tail.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://andhy07.files.wordpress.com/2010/02/materi-drilling.doc> (6/2/2017; 9:33 AM)
- [2] <http://dokumen.tips/documents/materi-drilling-5640d18ee9523.html> (6/2/2017; 10:05 AM)
- [3] Machine tools : design, reliability and safety S.P.Anderson, New York : Nova Science Publishers, c2011 (6/4/2017; 8:44 AM)
- [4] Handbook of machine tools, Manfred Weck, New York : Wiley, c1984 (Volume 1,2,3,4) (6/4/2017; 9:15 AM)
- [5] <http://americanmachinist.com/machining-cutting/cutting-tool-applications-chapter-8-drills-and-drilling-operations>(7/4/2017; 19:30 PM)

RANCANGAN *AUTOMATIC GLUE SPREADERS AND LAY UP MACHINE* PADA PROSES PEMBUATAN KAYU LAPIS

Nanda Muhammad Naufal, Dino Agung Adha
Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, nandamnaufal@gmail.com

Abstrak

Kayu Lapis adalah suatu produk yang diperoleh dengan cara menyusun tegak lurus bersilangan lembaran veneer yang diikat dengan perekat, minimal 3 (tiga) lapis (SNI, 1992). Veneer adalah lembaran kayu tipis yang pada umumnya lebih tipis dari 3mm, diperoleh dari hasil penyayatan (pengupasan) dolok kayu jenis-jenis tertentu. Proses Glue spreaders and lay up adalah salah satu proses dalam kegiatan produksi kayu lapis dengan cara menempelkan lembaran veneer menjadi 3 tumpukan atau lebih, sesuai dengan kebutuhan kayu lapis yang diinginkan. Pada proses konvensional glue spreaders and lay up, kapasitas output yang dihasilkan adalah 300-350 lembar/jam, Selain itu dikarenakan lembaran kayu berukuran 3500mm x 1260mm membuat jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk proses ini juga relatif banyak yaitu sebanyak 16 orang tenaga kerja tiap shift dan 48 orang tenaga kerja tiap hari.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka dirancanglah mesin automatic glue spreaders and lay up machine (dapat dilihat pada gambar.1) dengan cara membuat beberapa alternatif konsep dan juga melakukan kajian terhadap alat sejenis yang sudah ada. Rancangan ini bertujuan untuk dapat memenuhi kebutuhan kapasitas produksi perusahaan yaitu sebanyak 500 lembar/jam dan dirancang untuk hanya membutuhkan 2 operator.

Rancangan ini menggunakan mesin roller glue spreaders dengan kecepatan pengeleman 40[m]/menit, industrial robot pada proses input veneer, cartesian robot pada jalur input core, dan mesin flipper veneer yang menggunakan cylinder pneumatic dan motor stepper sebagai penggerak utamanya.

Kata Kunci : Kayu Lapis, Veneer, Proses Glue Spreaders and Lay Up, Sistem Otomasi

Abstract

Plywood is a product obtained by arranging perpendicularly intersecting veneer sheets, bonded with an adhesive, at least 3 (three) layers (ISO 1992). Veneers are thin sheets of wood which are generally thinner than 3mm obtained from the incision (stripping) mountain wood of certain species. Glue spreaders process and lay-up is one of the processes in the production of plywood by gluing sheets of veneer into 3 stacks or more, according to the needs of the desired plywood. In the conventional process of glue spreaders and lay up, the resulting output capacity is 300-350 pcs/hour, moreover because the wood sheet size of 3500mm x 1260mm makes the amount of labor required for this process is also relatively many as many as 16 workers per shift and 48 workers each day.

Underlying issues above, hence designed an automatic glue spreaders and lay-up machine (as shown in Figure.1) by making some alternative concepts and also conduct studies on other similar existing tools. This design aims to meet the needs of the company's production capacity, 500 pcs/hour and designed to require only 2 operators

This design using glue roller spreaders with gluing velocity 40[m]/minute, industrial robot at veneer input process, cartesian robot at core input, and veneer flipper machine using pneumatic cylinder and motor servo as the main .

Keywords: Plywood, Veneer, Process Glue spreaders and Lay Up, System Automation

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. X adalah perusahaan yang bergerak dibidang *Industrial Automation and robotics, system integrator, special purpose machine, design engineering, dan advance manufacture*. Salah satu customer PT. X, yaitu PT.Y memiliki sebuah permintaan yaitu untuk meng-otomatisasi proses glue spreader and lay-up pada kegiatan produksi kayu lapis(plywood).

Kayu Lapis adalah suatu produk yang diperoleh dengan cara menyusun tegak lurus bersilangan lembaran veneer yang diikat dengan perekat, minimal 3 (tiga) lapis (SNI, 1992). Veneer adalah lembaran kayu tipis yang pada umumnya lebih tipis dari 3mm yang diperoleh dari hasil penyayatan (pengupasan) dolok kayu jenis-jenis tertentu.

Proses *Glue spreaders and lay up* adalah salah satu proses dalam kegiatan produksi kayu lapis dengan cara menempelkan lembaran veneer (lembaran kayu dengan tebal kurang dari 3 mm) menjadi 3 tumpukan atau lebih, sesuai dengan kebutuhan kayu lapis yang diinginkan.

Pada proses konvensional, kapasitas *output* yang dihasilkan adalah 300-350 pcs/jam, hal ini tidak sesuai dengan kapasitas output yang diharapkan yaitu 500 pcs/jam. Selain itu dikarenakan lembaran kayu berukuran 3500mm x 1260mm membuat jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk proses ini juga relatif banyak yaitu sebanyak 16 orang tenaga kerja tiap shift dan 48 orang tenaga kerja tiap hari. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan tersebut maka dirancanglah *Automatic Glue spreaders and lay up machine* untuk meningkatkan kapasitas produksi dan mengurangi jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan.

Rancangan ini memiliki tujuan umum yaitu untuk meningkatkan produktifitas dan mengurangi jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, serta memiliki tujuan khusus yaitu merancang mesin *glue spreaders and lay up* otomatis yang dapat menghasilkan kapasitas output sebesar 500-600 pcs/jam dan hanya membutuhkan 2 orang tenaga kerja tiap shiftnya.

Dalam dunia perindustrian, menjalin hubungan kerjasama jangka panjang antara perusahaan yang dapat saling mendukung satu sama lain (mitra bisnis) sangatlah diperlukan, maka dari itu, PT.X menggunakan industrial robot dari ABB robot *company* dengan tipe IRB6660 dan menggunakan cartesian robot dari Wittmann *group* dengan tipe W853.

1.2 Metodologi Perancangan

Mendesain berarti menjabarkan ide yang dimiliki untuk menyelesaikan masalah yang ada. Diperlukan sebuah metode untuk mewujudkan ide tersebut sehingga dapat diwujudkan serta dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Metode perancangan VDI 2221 merupakan metode perancangan yang digagas oleh Persatuan Insinyur Jerman (*Verein Deutscher Ingenieure/VDI*) yang dijelaskan oleh G. Pahl dan W. Beitz. Metode tersebut adalah “Pendekatan sistematis terhadap desain untuk system teknik dan produk teknik” (*Systematic Approach to the Design of Technical System and Product*).

Metode perancangan yang digunakan oleh penulis adalah VDI 2221 yang terdiri dari 4 fase :

1. Penjabaran tugas (*Clasification of Task*)

Meliputi pengumpulan informasi dari permasalahan dan kendala – kendala yang dihadapi, kemudian disusun suatu daftar persyaratan mengenai rancangan yang akan dibuat

2. Penentuan konsep rancangan (*Conceptual design*)

Terdapat tiga langkah kerja yaitu :

- a. Menentukan fungsi dan strukturnya
- b. Mencari prinsip solusi dan strukturnya
- c. Menguraikan solusi menjadi varian yang dapat direalisasikan

3. Perancangan wujud (*Embodiment design*)

Pada perancangan wujud dimulai dengan menguraikan rancangan dalam modul – modul yang diikuti oleh desain awal dan desain jadi.

4. Perancangan rinci (*Detail design*)

Tahap ini merupakan proses perancangan dalam bentuk gambar yang tersusun dan gambar detail termasuk komponen, spesifikasi bahan, toleransi dan lainnya. Pada fase ini semua pekerjaan didokumentasikan sehingga pembuatan produk dapat dilaksanakan.

1.3 Hasil dan Pembahasan

1.3.1 Analisa Sistem



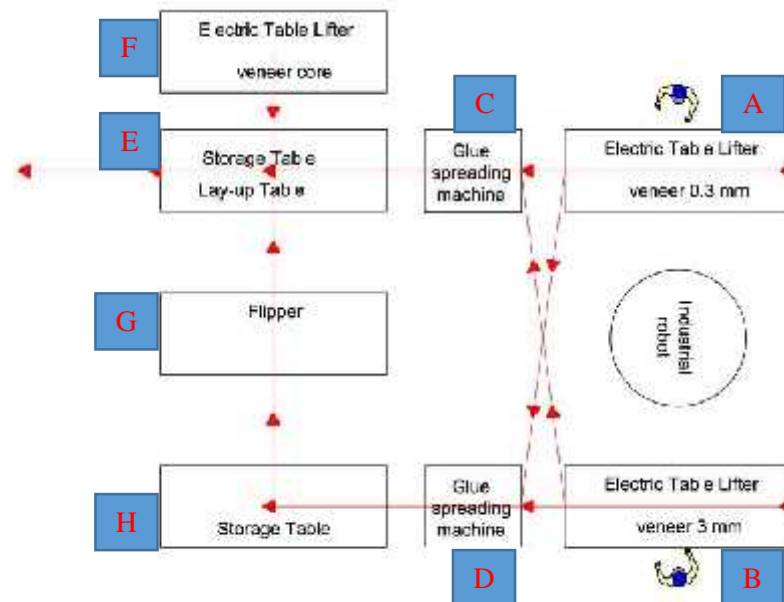
Gambar. 1 Mesin glue roller spreaders

Sistem dirancang agar dapat memaksimalkan kapasitas dua buah mesin *glue spreaders*, “Gambar. 2”, yaitu dapat menyebarkan lem pada papan dengan kecepatan 40[m/menit]. Selain itu sistem juga dirancang untuk dapat memenuhi kapasitas output yang diinginkan oleh kostumer, yaitu 500 pcs/jam. Dengan memperhitungkan kedua poin tersebut, maka dilakukan analisa sebagai berikut:

$$V_{glue\ spreaders} = 40 [m/menit] = 666.667 [mm/s]$$

$$Panjang\ produk\ veneer = 3500 [mm]$$

$$Waktu\ Pengeleman = \frac{3500}{666.667} = 5.25 [s/pcs]$$



Gambar. 2 layout dan flow system

Urutan proses sistem(gambar. 3) adalah sebagai berikut:

1. Lembar veneer diangkat menuju 2 set mesin *roller glue spreaders* dengan menggunakan industrial robot IRB6660-205/1.9.
2. Proses penyebaran lem pada permukaan atas lembar *veneer* oleh mesin *roller glue spreaders*.
3. Proses penumpukan dua lembar *veneer* dengan permukaan ter-lem yang saling berhadapan dan terdapat lembar core diantaranya (*veneer-core-veneer*)
4. Ditumpuk hingga 500 tumpukan (*veneer-core-veneer*) dalam waktu satu jam untuk kemudian diangkat oleh operator menuju proses selanjutnya dalam proses pembuatan kayu lapis.

Setelah menganalisa kapasitas maksimum dan permintaan *output* minimum dari kostumer, maka dirancanglah konsep *system* dan *layout* “gambar. 3”. Pada sistem ini menggunakan 1 set industrial robot untuk mengangkat dan memindahkan 2 jalur *veneer* menuju proses *glue spreaders*. Selain itu digunakan juga 1 set *cartasian robot* untuk mengangkat lembar *core* dan juga *veneer* yang sudah melalui proses *flipping*. Merk, dan tipe robot yang digunakan adalah:

A. IRB 6660-205/1.9, ABB ROBOT INDONESIA



Gambar. 3 IRB 6660-205/1.9 Industrial Robotic

Specification			
Variants	Reach	Payload	Armload
PD 6660-100/3.3	3.35 m	100 kg	20 kg
PD 6660-130/3.1	3.10 m	130 kg	20 kg
RR 6660-205/1.9	1.93 m	205 kg	15 kg + 500 kg on frame
Number of axes:	6		
Protection:	Complete robot IP 67, Optional FoundryPlus 2 and cable protection (only IRR 6660-205/1.9).		
Mounting:	Floor mounted		
IOs Controller variants:	Single cabinet		

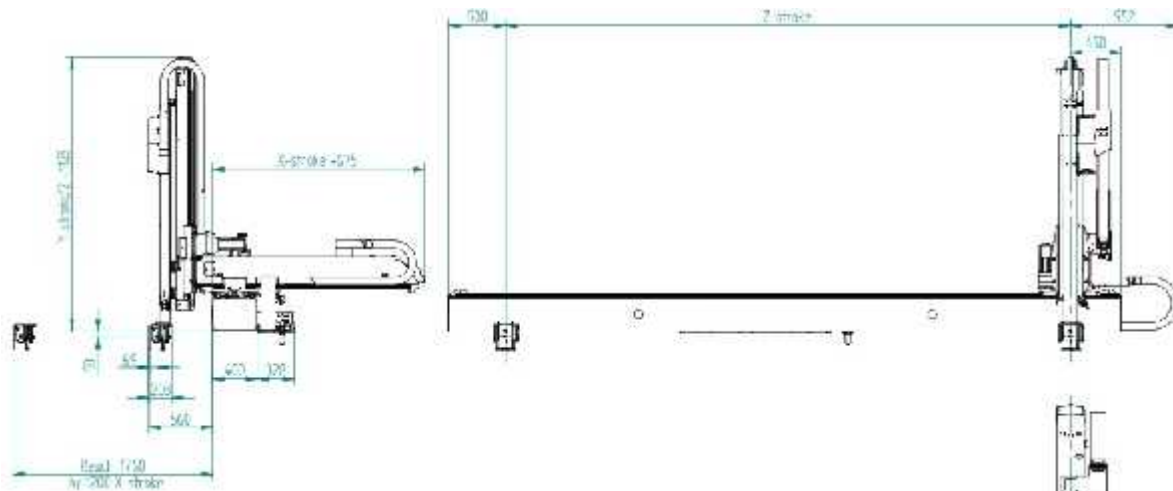
Performance				
Position's repeatability	0.07 - 0.11 mm			
Axis movements	Working range	Axis max speed		
		100/3.3	130/3.1	205/1.9
Axis 1 Rotation	+180° to -180°	110°/s	110°/s	130°/s
Axis 2 Arm	+85° to -42°	130°/s	130°/s	130°/s
Axis 3 Arm	+120° to -20°	123°/s	130°/s	130°/s
Axis 4 Wrist	+300° to -300°	150°/s	150°/s	150°/s
Axis 5 Hand	+120° to -120°	120°/s	120°/s	120°/s
Axis 6 Turn	+360° to -360°	240°/s	240°/s	180°/s
Axis 2-3	+180° to +20°			

Gambar. 4 IRB 6660-205/1.9 Industrial Robotic Specifications

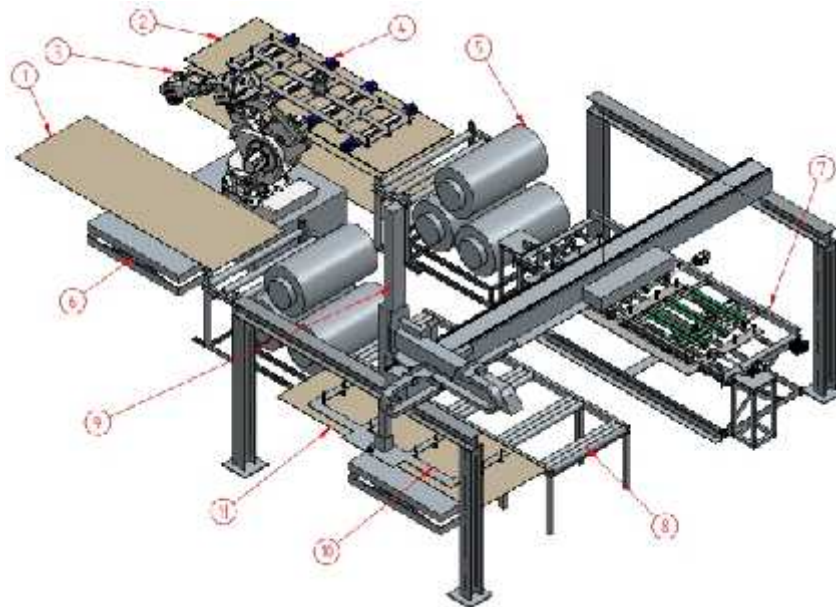
B. W853 , WITTMANN INDONESIA



Gambar. 5 W853 Cartesian robotic



Gambar. 6 W853 Cartesian Robotic Dimension



Gambar. 7 Automatic glue spreaders and lay up machine

Keterangan gambar. 1 :

(1) Input veneer sheet 3mm, (2) Input veneer sheet 0.3mm, (3) Industrial robotic, (4) Vacuum gripper, (5) Mesin glue roller spreader, (6) Electric table lifter, (7) Flipping system, (8) Output line, (9) Cartesian moving and gripping system, (10) Vacuum gripper, (11) Input core sheet.

Setelah memasukan spesifikasi robot kedalam analisa system dan juga melakukan simulasi *real time* menggunakan *software* ABB robotstudio 6.04.01, didapatkan *cycle time* dari sistem, yang terdapat pada tabel.

1

		CYCLE TIME																				
No.	Step Movement (time[s])	Time[s]																				
		1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	
1	A-C(2.5)																					
2	A-B(1.385)				2.5			3.885														
3	B-D(2.5)							3.885				6.385										
4	C-E(5.25+1)				2.3										7.55		8.55					
5	F-E(1)				2.3		3.11															
6	D-H(5.25+1)											6.385										
7	E-G(2)																	8.55				
8	H-G(3)																					
9	G-E(2.607)																					
No.	Step Movement (time[s])	Time[s]																				
		11	11.5	12	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	20	20.5	21
1	A-C(2.5)							13.65					16.154									
2	A-B(1.385)											16.154					17.539					
3	B-D(2.5)																17.539					20.039
4	C-E(5.25+1)												15.954									
5	F-E(1)																		19.39		20.097	
6	D-H(5.25+1)			11.635		12.63																20.039
7	E-G(2)	10.55																				
8	H-G(3)					12.63						15.63										
9	G-E(2.607)											15.63				18.237						
No.	Step Movement (time[s])	Time[s]																				
		21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25	25.5	26	26.5	27	27.5	28	28.5	29	29.5	30	30.5	31	
1	A-C(2.5)																					
2	A-B(1.385)																					
3	B-D(2.5)																					
4	C-E(5.25+1)		21.2	22.204																		
5	F-E(1)																					
6	D-H(5.25+1)										25.289	26.289										
7	E-G(2)			22.204				24.204														
8	H-G(3)											26.289										
9	G-E(2.607)																29.289					31.75

Tabel. 1 Cycle Time System

Keterangan tabel. 1:

1. Step A-C
Proses pemindahan veneer dari *storage table input*, menuju *glue spreaders machine*. Membutuhkan waktu 2.5 [s]
2. Step A-B
Proses berotasinya IRB 6660 sejauh 180 °. Membutuhkan waktu 1.385 [s]
3. Step B-D

- Proses pemindahan *veneer* dari *storage table input*, menuju *glue spreaders machine*. Membutuhkan waktu 2.5 [s]
4. Step C-E
Proses penyebaran lem oleh mesin *roller glue spreaders*. Membutuhkan waktu 5.25 [s]
 5. Step F-E
Proses pemindahan lembar *core* menuju *lay up table*. Dilakukan oleh wittmann W853. Membutuhkan waktu 2 [s]
 6. Step D-H
Proses penyebaran lem oleh mesin *roller glue spreaders*. Membutuhkan waktu 5.25 [s]
 7. Step E-G
Proses pergerakan Wittmann W853 setelah meletakkan lembar *core*, menuju lembar *veneer* yang sudah dibalik pada proses *fliped*. Membutuhkan waktu 2 [s].
 8. Step H-G
Proses pembalikan lembar *veneer* yang sudah dilumuri lem pada permukaan atasnya. Membutuhkan waktu 3 [s]
 9. Step G-E
Proses pergerakan Wittmann W853 yang telah memegang *veneer* menuju meja *lay up*. Membutuhkan waktu 2 [s].
 10. Penandaan tiap proses (A-H) mengacu pada gambar. 3

Tabel. 1 dapat menghasilkan analisa sebagai berikut:

1. Proses penumpukan pertama dengan komposisi 2 lembar *veneer* ter-lem dan 1 lembar *core* membutuhkan waktu $15.079[s] + \text{Durasi flipper}$
2. Proses penumpukan kedua dan seterusnya dengan komposisi 2 lembar *veneer* ter-lem dan 1 lembar *core* membutuhkan waktu $10.671[s] + \text{Durasi Flipper}[s]$
3. Permintaan kostumer adalah 500 pcs lembar veneer ter-lem tiap 1 jam, dengan system yang dirancang, waktu yang tersedia untuk mesin *Flipper* adalah:

$$\begin{aligned}
 & (1(\text{Durasi penumpukan pertama}[s] + \text{Durasi Flipper}[s])) \\
 & \quad + (249(\text{Durasi penumpukan kedua}[s] + \text{Durasi Flipper}[s])) \leq 3600[s] \\
 & (1(10.671[s] + \text{Durasi Flipper}[s])) + (249(15.079[s] + \text{Durasi Flipper}[s])) \leq 3600[s] \\
 & \quad 250(\text{Durasi Flipper}[s]) + 2672.158[s] \leq 3600[s] \\
 & \quad \text{Durasi Flipper}[s] \leq 3600[s] - \frac{2672.158[s]}{250} \\
 & \quad \text{Durasi Flipper}[s] \leq 3.7113[s]
 \end{aligned}$$

1.3.2 Analisa mesin pembalik lembar veneer (*Flipper*)

1.3.2.1 Penentuan konsep rancangan

No	Daftar Spesifikasi	D/ W
1	Geometris	
1.1	Dirancang dalam Proses pengeleman dan lay-up pada PT.Y	D
1.2	Ukuran lembar veneer(PxLxT): 3500x1260x3[mm]	D
1.3	Ketinggian permukaan lembar veneer pada posisi awal 1000[mm]	D
1.4	memiliki ruang untuk cartesian robot mengambil lembar veneer	W
1.5	letak dan ukuran mesin tidak mengganggu efektifitas kerja serta maintenance mesin roller glue spreaders	W
2	Kinematika	
2.1	lembar veneer bergerak dari mesin glue roller spreaders menuju mesin flipper dengan kecepatan konstan sebesar 666.667[mm/s]	D

2.2	setelah seluruh lembar veneer ter-lem, kecepatan lembar veneer sebesar 1300[mm/s]	W
2.3	Lembar veneer berotasi sebanyak 180 °	D
2.4	part penunjang pergerakan lembar veneer dapat bergerak vertical sejauh jarak maksimal perputaran part yang berputar	D
3	Gaya	
3.1	Gaya tekan dan tarik yang dihasilkan dapat menggerakkan part penunjang pergerakan lembar veneer secara vertical	D
3.2	gaya yang dihasilkan vacuum gripper dapat mencekam lembar veneer saat berputar 180 °	D
3.3	Gaya gesek dan dorong dari belt dapat menggerakkan lembar veneer	D
4	Energi	
4.1	Tidak menggunakan tenaga manusia	W
4.2	Hemat energi	W
5	Material	
5.1	Peralatan dibuat dari bahan yang mudah didapat dipasaran indonesia	D
5.2	Meminimalisir part yang harus diproduksi dengan cara menggunakan standar part yang terdapat pada pasar indonesia.	W
5.3	Material tidak merusak lembar veneer	D
6	Signal	
6.1	Mesin bekerja setelah keseluruhan lembar veneer telah melewati proses pengeleman	D
6.2	Cycle time mesin mengikuti cycle time sistem keseluruhan	D
7	Keselamatan dan ergonomis	
7.1	Tidak membahayakan operator saat pengoprasian	W
7.2	lembar veneer dapat masuk dan keluar dari sistem dengan presisi	W
7.3	Tidak membahayakan saat perakitan mesin	W
8	Perakitan	
8.1	Dapat di <i>assembly</i> dengan mudah	W
8.2	Waktu untuk <i>assembly</i> singkat	W
9	Pengoprasian	
9.1	dapat bekerja secara otomatis	D
10	Perawatan	
10.1	Tidak memerlukan perawatan khusus	W
10.2	Tingkat durability tinggi	D
11	Biaya	
11.1	Tidak memerlukan biaya besar dalam pembuatan dan perawatan	W

Tabel. 2 Daftar spesifikasi

Mesin *Flipper* dirancang untuk bisa membalik lembar veneer dengan ukuran 3500x1260[mm] dan berat 1 [Kg] yang sudah terlumuri lem pada permukaan atas untuk kemudian dipindahkan dan ditumpuk pada meja *lay-up*. Selain itu mesin dirancang untuk menyesuaikan *cycle time* serta spesifikasi dari sistem yang sudah dibahas pada subbab 1.3.1 Analisa sistem.

Selanjutnya dibuat spesifikasi menyeluruh dari mesin yang di rancang meliputi geometri, kinematika, gaya, energi, material, sinyal, keselamatan, produksi, control kualitas, perakitan, pengoperasian, perawatan dan biaya. Setiap spesifikasi dikelompokan sesuai dengan kebutuhannya yang meliputi kelompok *demand* (D) yaitu persyaratan yang harus dipenuhi oleh mesin dan kelompok *wishes* (W) yaitu persyaratan tambahan berupa keinginan dari perancang ataupun pengguna. Persyaratan ini di urut menurut derajat prioritas dan sedapat mungkin di sajikan secara kuantitatif. Dengan demikian ada kejelasan spesifikasi dari mesin yang akan dibangun.

Spesifikasi lengkap peralatan yang dirancang ditunjukkan pada Tabel. 2. Daftar spesifikasi diabstraksikan secara bertahap sehingga didapat abstraksi perancangan.

Abstraksi satu merupakan proses menghilangkan hal-hal yang bersifat subjektif dan hal-hal yang tidak berhubungan dengan fungsi peralatan. Abstraksi dua merubah data kuantitatif menjadi data kualitatif. Daftar spesifikasi pada Tabel. 2 dapat diabstraksikan menjadi :

1. Dirancang dalam Proses pengeleman dan lay-up kayu lapis pada PT.Y
2. Lembar *veneer* bergerak masuk menuju mesin *flipper* dari mesin *roller glue spreaders* dengan arah horizontal.
3. Part penunjang pergerakan lembar *veneer* bergerak secara vertical
4. Lembar *veneer* dan part pemegangnya berrotasi 180°
5. Mesin *flipper* tidak mengganggu kinerja, efektifitas *cycle time* dan kapasitas *output* sistem keseluruhan.

Abstraksi satu dirubah menjadi data kualitatif pada abstraksi dua, yaitu:

1. Dirancang dalam proses pengeleman dan lay-up kayu lapis pada PT.Y dengan lembar *veneer* berdimensi 3500x1260x3[mm]
2. Kecepatan pergerakan lembar *veneer* yang masuk menuju mesin memiliki kecepatan 666.666[mm/s]
3. Part penunjang pergerakan *veneer* bergerak sejauh 600[mm] dalam waktu 1[s]
4. Lembar *veneer* dan part pemegangnya berrotasi 180° dalam waktu 2[s].
5. Mesin *flipper* memiliki *cycle time* 3[s], dan ketinggian permukaan lembar *veneer* pada posisi awal dari permukaan tanah adalah 1000[mm].





1.3.2.2 Penyusunan struktur fungsi

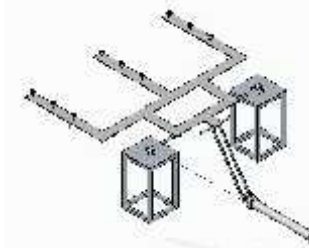
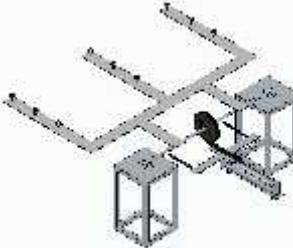








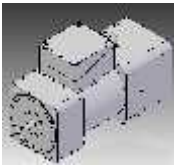

Struktur fungsi menggambarkan hubungan secara umum input dan output suatu system teknik yang akan menjalankan tugas tertentu. Struktur fungsi jika ditinjau dari fungsi keseluruhan merupakan kegunaan dari alat tersebut. Fungsi keseluruhan ini kemudian diuraikan menjadi beberapa sub fungsi yang memiliki tingkat kerumitan lebih rendah dalam penyelesaian masalah.

Sub Fungsi berperan dalam menjalankan elemen-elemen yang terdapat pada mesin tersebut. Beberapa sub fungsi dan rangkaian yang menjalankan tugas keseluruhan disebut struktur fungsi. Tujuan sub fungsi akan tercapai dengan diuraikannya fungsi keseluruhan menjadi sub fungsi. Tujuan tersebut untuk mendapatkan definisi dari sub system yang ada maupun yang baru dikembangkan sehingga keduanya dapat diuraikan terpisah.

1.3.2.3 Prinsip solusi

Prinsip solusi dari setiap sub struktur fungsi disusun dalam bentuk tabel kombinasi prinsip solusi sebagai dasar pemecahan masalah serta untuk menghasilkan kombinasi prinsip solusi.

No	Sub Fungsi	A	B	C
1	Rangka	Profil L 	Profil U 	
2	Sistem penggerak vertical	Scissor system 	Direct vertical 	Sistem baji

3	Sistem penggerak flipping	Jari- Jari Engsel 	Rack&pinion 	Sumbu rotasi pada titik berat 
4	Vacuum Gripper	Floating Suction Cups SBS 	Vacuum Area Gripping System FXP 	
5	Penggerak vertical	Hidrolik Hydraulic Equipment 	Pneumatik Air Cylinders 	
6	Penggerak Flipper	Hidrolik Hydraulic Equipment 	Pneumatik Air Cylinders 	Motor dengan reducer speed 
7	Penggerak horizontal	Motor dan Gearbox 	Step Motor 	

Tabel. 3 Kombinasi prinsip

Dengan prinsip-prinsip solusi yang ada diperoleh beberapa kombinasi :

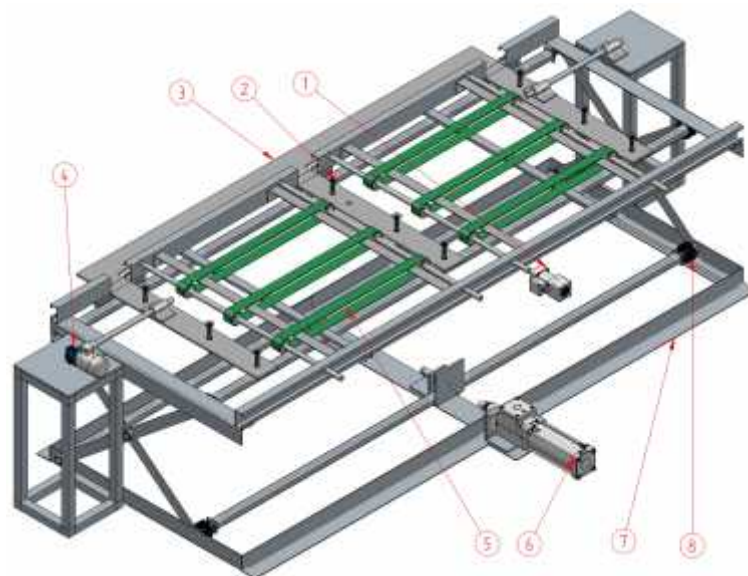
1. A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7
2. A1-A2-C3-A4-B5-C6-A7
3. B1-B2-B3-B4-A5-A6-B7
4. A1-C2-A3-A4-B5-B6-B7
5. B1-B2-A3-A4-B5-C6-A6
6. A1-C2-B3-B4-A5-A6-A7

Kemudian dilakukan penilaian dengan tabel evaluasi penilaian yang berdasar pada diagram pohon objektif

NO	Kriteria	Bobot (W)	Varian											
			Varian 1		Varian 2		Varian 3		Varian 4		Varian 5		Varian 6	
			V1	VW1	V2	VW2	V3	VW3	V4	VW4	V5	VW5	V6	VW6
1	Biaya modal	0.25	4	1	9	2.3	4	1	8	2	8	2	4	1
2	Kemudahan produksi dan perakitan	0.15	7	1.05	7	1.1	8	1.2	7	1.1	7	1.1	7	1.1
3	Daya tahan	0.15	7	1.05	8	1.2	8	1.2	7	1.1	7	1.1	8	1.2
4	Akurasi dan Efektifitas	0.15	8	1.2	8	1.2	8	1.2	8	1.2	8	1.2	8	1.2
5	Perawatan	0.1	9	0.9	9	0.9	8	0.8	8	0.8	8	0.8	8	0.8
6	Efek terhadap sistem keseluruhan	0.2	6	1.2	9	1.8	7	1.4	6	1.2	6	1.2	6	1.2
JUMLAH		1	6.4		8.4		6.8		7.3		7.3		6.45	
Peringkat			6		1		4		2		3		5	

Tabel. 4 Evaluasi penilaian

Berdasarkan Tabel. 4, varian konsep terpilih adalah varian 2 yang memiliki nilai V.W terbesar, ada pun penjelasan varian 4 adalah:



Gambar. 8 Assy Flipper Machine

Keterangan Gambar. 9 :

(1) Motor penggerak pulley, (2) Vacuum Gripper, (3) Vacuum Base, (4) motor dan reducer penggerak poros flipper, (5) Flat Belt, (6) Pneumatic Cylinder, (7) Ground frame, (8) V Guide Wheel

Mekanisme kerja mesin:

1. Lembar veneer yang sudah melalui proses pengeleman, diteruskan pergerakannya oleh flat belt hingga sampai titik terujung dari frame samping.
2. Vacuum gripper mencengkram atau memegang lembar veneer
3. Pneumatic cylinder menarik frame yang diarahkan oleh v guide wheel sehingga membuat belt dan frame-nya turun hingga jarak yang memungkinkan untuk lembar veneer berotasi 180^o berlawanan arah jarum jam.

4. Lembar *veneer* berotasi 180 °berlawanan arah jarum jam, digerakkan oleh motor dan *reducer*.
5. Lembar *veneer* dicengkram oleh vacuum gripper yang dibawa oleh Wittmann W853
6. *Vacuum gripper* yang ada pada assy flipper melepaskan cengkramannya
7. Lembar *veneer* dibawa oleh Wittmann W853 menuju meja *Lay up*
8. *Vacuum gripper* dan vacuum base berotasi 180 °searah jarum jam.
9. *Pneumatic cylinder* mendorong *frame* menuju posisi awal.

1.4 Kesimpulan

1. Permintaan kostumer, yaitu kapasitas *output veneer* ter-lem sebanyak 500 pcs/jam dapat dipenuhi
2. Permintaan kostumer, yaitu pengurangan jumlah tenaga kerja yang awalnya berjumlah 16 orang operator tiap shift, dapat dipenuhi dan menjadi 2 orang operator tiap shiftnya.
3. Untuk memenuhi permintaan *costumer*, dirancang mesin *flipper* dengan menggunakan sistem *scissor* yang menggunakan *pneumatic cylinder* untuk menggerakkan *belt* dan *part-part* penggerak *veneer* dan juga *veneer* akan berotasi pada titik berat menggunakan motor dan *reducer speed* dengan *cycletime* maksimum 3.7113 [s]. mesin *flipper* dirancang menggunakan metode VDI 2221.

1.5 Daftar Pustaka

- [1] Indo Sateki, "Profil Perusahaan" <http://www.indosateki.co.id/id/company-profile/>. 2015.
- [2] SMC Corporation, "Product Catalogue" <http://www.smcworld.com/products/en/>. 2017
- [3] Misumi Corporation, "Product Catalogue" <http://id.misumi-ec.com/>. 2017
- [3] ABB Corporation, "Product Catalogue" <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots>. 2017.
- [3] WITTMANN Corporation, "Product Catalogue" <http://www.wittmann-group.com/automation/cnc-robots/large-series.html>. 2017
- [4] Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger, "Product Design and Development". 4th Edition.
- [5] G.Pahl, W.Beitz, J.Feldhusen, K.H.grote " A systematic Approach". 3th Edition.

RANCANG BANGUN MESIN BUBUT DALAM PIPA LONGTAIL SEMI OTOMATIS

Muhammad Iqbal Maulana; Muhamad Ridwan; Yohanes Patrick; Wasiati Sri Wardani

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok
16424, No. telp. +62217270044, No. Fax. (021)727004.

Abstrak

Dibidang pembuatan bagian-bagian suatu alat, banyak industri dalam menyelesaikan suatu pekerjaan membutuhkan ketepatan waktu serta produktivitas. Maka diperlukan peralatan yang dapat bekerja dengan cepat dan tepat guna yaitu special purpose machine (SPM). Sebagai contoh pengerjaan benda kerja produksi massal yang dilakukan mesin bubut, dalam prosesnya untuk pengerjaan bagian yang diperlukan adanya pembubutan luar dan dalam tidak mungkin di operasikan manual satu satu karena beresiko tidak presisi dan menghabiskan waktu produksi.

Makalah ini menyajikan pengembangan rancang bangun mesin bubut dalam / kerok pipa long-tail, yang digunakan untuk membubut bagian dalam pipa dan digunakan sebagai salah satu proses penting pada pembuatan komponen dari long-tail perahu motor. Proyek long-tail perahu motor merupakan kerjasama antara Kementerian Perikanan dan Kelautan dan PT. Krida Rekatama Indo, dalam pembuatan produk massal berjumlah 24000 unit, sehingga membutuhkan perencanaan produksi berjalan dengan pengadaan special purpose machine (SPM), yakni mesin pengelasan pipa semi otomatis, mesin bubut dalam pipa semi otomatis, mesin pemotong pipa semi otomatis, mesin bor pipa semi otomatis. mesin feeder flange semi otomatis, dan mesin bearing injector pipa semi otomatis. Namun, mesin bubut dalam pipa saja yang akan dibahas didalam makalah ini. Mesin tersebut dirancang agar dapat membubut / mengerok pipa dengan kedalaman 0,9 mm dan panjang pemakanan dalam 128 mm serta dapat membubut dalam dengan beberapa jenis baja karbon. Sistem pengoperasian menggunakan V-Belt yang terhubung motor untuk menggerakkan pahat bubut dalam sistem honing. Mesin ini digunakan secara semi-otomatis untuk skala industri menengah kebawah hingga menengah keatas, sehingga teknologi ini diharapkan dapat membantu untuk mengurangi biaya dan waktu produksi serta meningkatkan produktivitas. Makalah ini juga menyajikan tingkat akurasi pembubutan pipa dalam,, analisis rumusan kekuatan bahan, desain kontruksi mesin, dan biaya yang dibutuhkan untuk proses fabrikasi mesin tersebut.

Kata Kunci: proyek long-tail perahu motor, rancang bangun mesin pembubut pipa long-tail, produk massal, peningkatan produktivitas, analisis biaya.

Abstract

In the sector of making parts of tool, many industries in resolving a job require timeliness and productivity. So, requiring equipment that can work quickly and precisely that is special purpose machine (SPM). For example, the working of mass-product workpieces done by lathes, in the process of working on the necessary parts of the outer and inner lathing may not be operated in one manual because the risk of inaccurate and time-consuming production.

This paper presents design and development of the lathe machine inner on pipe long-tail, which are used to lathing the inside of the pipe and as one of the important processes in the manufacturing components of the long-tail boat motor. Project long-tail boat motors involved cooperation between the Ministry of Fisheries and Marine Resources and PT. Krida Rekatama Indo, on the manufacturing of mass production totally 24000 units, so that requiring planning production lines running to the procurement of special-purpose machine (SPM), including pipe welding machine semi-automatic, pipe lathe in machine semi-automatic, pipe drilling machine semi automatic, feeder flange machine semi automatic, and pipe bearing injector machine semi automatic.. In this case pipe lathing machine will be discussed in this paper. This machine is designed to lathe/scrape pipe, with a depth of lathing 0,9 mm and a length of lathing 128 mm and be able to lathing the inside of the pipe with various type of carbon steel. The operating system using a V-Belt that connected motors, with a turning tool to move the turning tool like honing system. These machines are used in semi-automatic for low medium scale industry to high medium scale industry, so the technology is expected to help to reduce costs, production time, increase productivity.. This paper also presents a pipe lathing accuracy level, analysis of the formulation of the strength of materials, construction machinery design, and cost required for the fabrication process of the machine.

Keywords: project long-tail boat motors, pipe lathing machine long-tail, bulk products, increase the productivity, cost analysis.

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

PT. Krida Rekatama Indo adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang *manufacturing*, *machining*, dan *machine maker*, telah diberi kepercayaan oleh Kementerian Perikanan dan Kelautan Indonesia untuk memelopori lokalisasi produk, dan kreator desain *long-tail* perahu motor untuk para nelayan di berbagai wilayah Indonesia. PT. Krida Rekatama Indo membuat *Spesial Purpose Machine (SPM)* untuk menunjang tercapainya target produksi massal *long-tail* yang optimal. Salah satu jenis *Spesial Purpose Machine (SPM)* yang akan dirancang adalah mesin bubut dalam pada *long-tail*, yang memiliki fungsi utama untuk membubut dalam bagian longtail yaitu terompet dan memenuhi toleransi serta produktivitas. Produk *long-tail* yang akan dirancang bernama K85 dan K100. Komponen utama dari *long-tail* tersusun oleh pipa jenis *stainless steel*. Raw material pipa adalah 6 meter.

Mesin pembubut pipa pada *long-tail* harus memenuhi kapasitas 50 unit *long-tail*/jam, sehingga dibutuhkan *cycle time* pembubutan pipa sekitar 1,16 menit tiap satu pipa dengan kedalaman penyayatan 0,9 mm dan panjang pemakanan 128 mm. Target produksi *long-tail* adalah sebanyak 24.000 unit.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan oleh penulis, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan rancang bangun mesin bubut dalam pipa pada *long-tail* dengan kapasitas 50 unit *long-tail*/jam?
2. Bagaimana pengoperasian mesin bubut dalam pipa pada *long-tail* dengan hasil yang presisi?
3. Bagaimana perhitungan beban dan *cycle time* yang dibutuhkan agar mencapai kapasitas 50 unit *long-tail*/jam?
4. Bagaimana mekanisme pembubutan pipa long tail dapat dilakukan secara kontinyu?

3. Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan penulisan dari karya tulis ini adalah:

1. Dapat melakukan rancang bangun mesin pembubut dalam pipa pada *long-tail* dengan kapasitas 50 unit *long-tail*/jam.
2. Dapat membuat mesin pembubut pipa pada *long-tail* dengan pengoperasian secara semi-otomatis, sehingga hasil ukuran/dimensi dari pemotongan pipa menjadi akurat.

II. METODE PENELITIAN

1. Perencanaan

Langkah-langkah pendekatan yang sistematis dalam proses berfikir menemukan ide/gagasan untuk mencapai sasaran yang diinginkan. Pada tahapan ini bertujuan untuk mengumpulkan dan mengidentifikasi data sesuai kondisi lapangan dan kebutuhan pelanggan.

2.1.1 Kebutuhan Pelanggan

Berdasarkan data kebutuhan pelanggan proyek *long-tail* yang telah diperoleh dari Divisi Marketing PT. Krida Rekatama Indo, maka pertimbangan yang akan diputuskan untuk rancang-bangun mesin pemotong pipa pada *long-tail* disesuaikan dengan tipe K85 dan K100 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kebutuhan Pelanggan

No.	Kebutuhan Pelanggan	Penjelasan	Penyelesaian
1.	Proses pembubutan memiliki hasil yang sesuai ukuran .	Terdapat 2 sisi atas bawah dan bertingkat yang di bubut dengan	Terdapat pahat dengan dua mata insert karbida dengan

		diameter pertama yaitu 42 [mm] dan diameter kedua yaitu 42,9 [mm]	jarak dan diameter tertentu sehingga menyelesaikan dalam satu kali pengerjaan
2.	Proses pembubutan memiliki hasil permukaan yang baik.	Kekasaran permukaan pipa yang dihasilkan rata pada permukaan bubut memiliki nilai kekasaran 6.3-25 μm (N9-N11).	
3.	Proses membubut / mengerok pipa dengan kedalaman 0,9 mm dan panjang pemakanan dalam 128 mm	Pembubutan pipa dilakukan sesuai dengan kebutuhan dimensi pipa <i>long-tail</i> sesuai tipe K85 dan K100.	
4.	Proses pembubutan dalam pipa dapat dilakukan dalam satu proses secara kontinyu.	Terdapat 24000 unit longtail dan pengerjaan putaran serta naik turun pahat secara bersamaan	Menggunakan kombinasi system transmisi pulley dan system pneumatik

2. Pembuatan Konsep

Pada tahapan ini, menentukan konsep desain dari mesin pemotong pipa pada *long-tail* yang akan digunakan. Mulai dari penentuan prinsip kerja, fungsi utama, sub-fungsi, dan konstruksi dari mesin tersebut. Hasil dari penentuan konsep ini adalah spesifikasi mesin pemotong pipa pada *long-tail*.

2.2.1 Membuat Daftar Spesifikasi

Tabel 2.2 Daftar Spesifikasi

No	Kebutuhan Pelanggan	Hasil Proses
1.	Pembubutan pipa dengan kedalaman 0,9 dan panjang pemakanan 128 mm	Pipa dapat dibubut sesuai kebutuhan dengan hasil yang presisi.
2.	Kekasaran permukaan hasil potongan	6.3 – 25 μm (N9-N11) yang merata sekeliling permukaan pipa
3.	Ketegaklurusan permukaan terhadap sumbu pipa	0.5 mm
4.	Mesin ON secara terus menerus	Mesin tidak perlu dimatikan pada saat pergantian material

2.2.2 Konsep Utama Konstruksi Mesin

Fungsi utama mesin adalah pembubut pipa, dengan input daya motor terhubung V-Belt, dan pipa yang akan dibubut dalam / kerok. Kemudian dilakukan proses pembubutan dalam atau pengerokan sehingga output yang dihasilkan adalah putaran, panas, suara, penyayatan material pipa, hasil pembubutan permukaan dalam pipa, dan chip/bram hasil pemotongan.

Sub-fungsi mesin yang tersusun untuk mendukung tercapainya fungsi utama mesin. Sub-fungsi mesin terdiri dari sistem penggerak melalui motor listrik, kemudian sistem transmisi untuk meneruskan putaran dari motor listrik menuju V-Belt serta pulley, dan sistem *chuck* pahat berputar bersamaan dengan V-Belt dan sistem pneumatic sebagai penggerak naik turun menyatu dengan poros sehingga dapat dilakukan secara bersamaan. Kemudian dilakukan pembubutan dalam pipa dengan pahat insert jenis carbida. Seluruh sistem tersebut ditopang oleh sistem rangka, sehingga bagan konsep mesin yang akan dibuat adalah

Adapun daftar sistem yang terdapat pada mesin pemotong pipa pada *long-tail* adalah:

a. Sistem penggerak

Bagian yang berfungsi sebagai sumber putaran, menggunakan motor listrik. Pada sistem penggerak dilengkapi metode *limit swith* yang dapat membalikkan arah putaran motor secara otomatis, yang berfungsi setelah proses pemotongan pipa telah dilakukan, pulley V-belt juga dapat membalikkan arah putaran sehingga sistem *chuck/* pemegang pahat kembali pada posisi semula.

b. Sistem transmisi

Merupakan sistem yang berfungsi untuk meneruskan putaran yang dihasilkan sistem penggerak menuju V-Belt, yang mana pulley dari V-Belt dipasang *chuck* atau pemegang pahat sambil bergerak rotasi dan disambungkan dengan poros dan pahat bergerak translasi melakukan *lathing* terhadap pipa.

c. Sistem *chuck/* pemegang pahat

Bagian ini merupakan bagian yang memastikan pahat berotasi untuk melakukan pemotongan pada pipa dan pahat bergerak translasi melalui rasio roda gigi yang terhubung poros berulir dalam menentukan laju *lathing*. Sehingga sistem ini terbagi menjadi dua sub-sistem lagi, yakni sistem eretan untuk pergerakan translasi pahat dan sistem *chuck/* pemegang pahat yang berfungsi sebagai dudukan pahat ketika bergerak.

d. Sistem pencekam

Merupakan sistem yang berfungsi sebagai penepat spm trumpet. Sistem ini mencekam bagian poros spm trumpet. Poros pipa tersebut bergerak akibat penepat melalui tengah lubang dari pulley pada V-Belt. Setelah pipa tersebut masuk, maka pipa terkena stopper sehingga pipa berhenti sesuai dengan dimensi panjang yang dibutuhkan. Kemudian sistem *chuck/* pemegang pahat menggerakkan sistem eretan pahat untuk melakukan pembubutan dalam pipa.

e. Sistem rangka

Rangka merupakan bagian penghubung semua fungsi bagian. Rangka pada alat ini dapat didefinisikan sebagai frame, yang berfungsi menopang semua sistem bagian.

2.2.3 Alternatif konsep konstruksi mesin

Tabel 2.3 Kombinasi fungsi bagian

Fungsi Bagian	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Sistem Penggerak	Motor AC	Motor DC	Motor Servo
Sistem Transmisi	Pulley V-belt		Sproket
Sistem Eretan	Sistem <i>Slider Pinl</i>	Sistem <i>Guideway</i>	Sistem <i>Dovetail</i>
Sistem Pencekam	Konstruksi <i>Guide Roller</i>		
Sistem Rangka	Baja Profil	Baja Pejal	Baja Cor

Berdasarkan penilaian dari aspek teknis dan ekonomis, maka variasi konsep yang dipilih adalah Plan-1, dengan pertimbangan sebagai berikut:

Keuntungan:

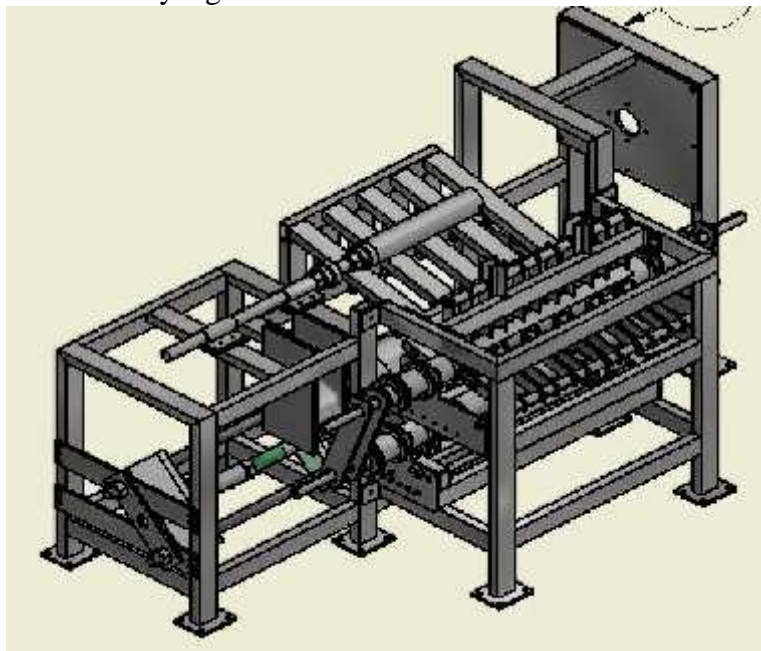
- Konstruksi mudah dirakit;
- Konstruksi dapat berfungsi dengan *lathing* pipa;
- Konstruksi rangka cukup ringan dan kokoh;
- Pemasangan dengan komponen lain cukup mudah;
- Harga keseluruhan komponen relatif murah
- Gaya gesek pada eretan melintang relatif kecil.

Kerugian:

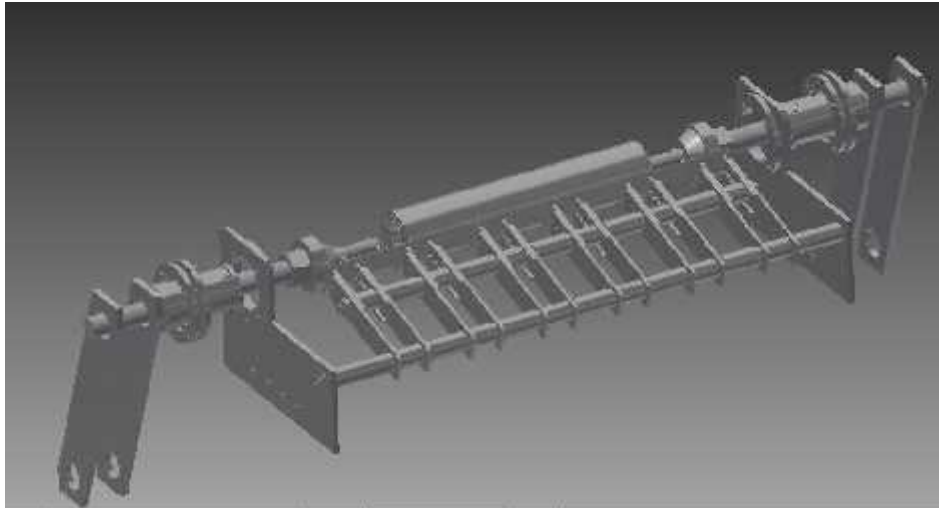
- Perlu menggunakan high anchor untuk mengunci rangka pada lantai agar dapat meredam getaran;
- Pada slider pin, rawan aus dikarenakan hanya terjadi kontak garis;

3. Perancangan

Merancang merupakan tahapan melakukan draft rancangan dan spesifikasi beberapa part kemudian diberikan optimasi dan revisi rancangan jika memang diperlukan. Dalam hal ini, menggunakan software Inventor 2015 dalam pembuatan draft rancangan 3D dan 2D Modelling. Selain itu, software Excel 2016 diperlukan untuk mengkalkulasi harga pokok produksi, mulai dari material cost, operator, dan variabel cost yang lain.



Gambar 1 *Spesial Purpose Machine*



Gambar 2 Unit Mesin Bubut Dalam

2.4 Fabrikasi/ Manufaktur

Tahapan penyelesaian terakhir yang harus dilakukan adalah menyusun gambar kerja/ floor drawing hasil pengerjaan dari software, yang nantinya akan digunakan sebagai informasi selama proses manufaktur. Tahapan ini tidak dijelaskan oleh penulis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan putaran spindel

Dari cutting speed maka putaran mesin dapat diperoleh:

$$n = \frac{CS}{\pi \cdot D}$$

Dimana,

n = Putaran spindle (putaran/menit)

D = Diameter mata bor (meter)

CS = Cutting Speed (meter/menit)

2. Perhitungan Waktu Proses (Cycle Time)

$t_h = \frac{d_e \cdot L \cdot i}{V_c \cdot f}$

dimana,

t_h = waktu proses permesinan (cycle time) [s]

d_e = diameter pengganti [mm]

$d_e = (d - d_1 \text{ dibagi } 2) + l_a$

L = panjang langkah [mm]

i = jumlah pemotongan

f = besar pemakanan/feeding [mm]

$L = (d - d_1 \text{ dibagi } 2) + l_a$

d = diameter luar [mm]

d_1 = diameter dalam [mm]

l_a = langkah sebelum memotong [mm]

3. Perhitungan Metal Removal Rate

Power spindle untuk menghitung volume tatal setiap menitnya digunakan rumus:

$$Q = a \cdot f \cdot V_c$$

Q = volume tatal setiap menit (cm³ /min)

a = ketebalan tatal (mm)

f = lebar tatal (mm), V_c = kecepatan potong (m/min)

4. Perhitungan Daya Pada Motor Listrik

Untuk menghitung besarnya power spindle digunakan rumus :

$$P = P_u \times k_h \times k_r \times Q$$

P = Power spindle (kW)

P_u = Average Power (kW/cm³/min) lihat, Tabel unit power turning, willhelm

k_h = faktor koreksi, untuk mild steel, berdasarkan ketebalan tatal, lihat Tabel faktor koreksi, willhelm

k_r = faktor koreksi, berdasarkan sudut potong, lihat table faktor koreksi willhelm

IV. KESIMPULAN

Secara teknis terdapat banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam merancang mesin pembubutan pipa dalam dengan sistem yang harus diperhatikan pada saat mesin tersebut mulai diproses fabrikasi, perlu diperhatikan bagaimana mesin tersebut mudah untuk dilakukan maintenance/perawatan, pergantian tool, efisiensi pemesinan, dan umur mesin yang long-life. Mesin dapat membubut dalam pipa dengan kedalaman 0,9 mm dengan panjang pemakanan 128mm. Hasil pembubutan harus memiliki ketegaklurusan terhadap sumbu pipa, sehingga akurat pada saat di proses. Dari segi *cycle time* proses produksi, dengan mesin baru diharapkan mampu menyelesaikan selama 30 - 90 detik.

Mesin pembubut pipa dalam untuk *long-tail* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Ukuran = 1300 [mm] x 500 [mm] x 1155 [mm]
2. Diameter pipa yang diproses = 42 dan 42,9 [mm]
3. Panjang pipa = 6 [m]
4. Penggerak = motor AC
5. Speed V-belt = 350 rpm
6. Waktu Produksi/*cycle time* = 30 - 90 detik
7. Jenis Pahat = Insert Carbida
8. Maks. Kedalaman pemakanan = [0.9 mm]

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://andhy07.files.wordpress.com/2010/02/materi-drilling.doc> (6/3/2017; 9 AM)
- [2] <http://dokumen.tips/documents/materi-drilling-5640d18ee9523.html>
- [3] Machine tools: design, reliability and safety S.P.Anderson, New York : Nova Science Publishers, c2011
- [4] Handbook of machine tools, Manfred Weck, New York : Wiley, c1984 (Volume 1,2,3,4)
- [5] Handbook Furukawa Rock Drill, (2001), handbook on Surface Drilling and tools, FDR Furukawa, USA
- [6] <http://americanmachinist.com/machining-cutting/cutting-tool-applications-chapter-8-drills-and-drilling-operations>

RANCANG BANGUN BEAM ROTATOR ALAT BANTU PROSES PRODUKSI HOIST CRANES DI PT. GENTA BUANA TRIPADU

Aditia Afriansyah¹; William Bondan Swandaru¹; Yudha Prasisto¹; Yunus Maju Candra Munthe¹; Ade Sumpena²; RR. Estuti Budimulyani²

1. Mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Mesin, Jakarta, 089672634823, williambondan.wb@gmail.com
2. Dosen Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Mesin

Abstrak

Hoist Crane merupakan salah satu dari jenis crane yang banyak dipakai sebagai alat pengangkat dan pengangkut pada tempat-tempat industri atau pabrik, maupun bengkel. Dalam proses pembuatan part ataupun komponen seperti girder, hoist, end carriage, dan lainnya, PT Genta Buana Tripadu membutuhkan alat untuk memutar atau merotasi material, beam ataupun komponen dalam proses produksi. Oleh karena itu, kami merancang dan membangun alat bernama "Beam Rotator". Tujuan dari alat ini ialah untuk mengubah posisi benda dengan merotasi benda atau beam sampai 180° atau bahkan 360° dengan efektif dan efisien serta lebih aman.

Bagian penting alat ini adalah gerakan vertikal dan gerakan memutar beam. Maksud dari gerakan vertikal pada "Beam Rotator" ialah gerakan ketika mengangkat beam dengan menggunakan sistem hidrolik. Sedangkan gerakan memutar beam ialah gerakan rotasi pada pulley yang dipasang pada poros bermotor saat memutar beam.

Dengan dibuatnya "Beam Rotator", diharapkan proses produksi di PT Genta Buana Tripadu menjadi optimal.

Kata kunci: Beam Rotator, Rotasi, Crane

Abstract

Hoist Crane is one of the types of cranes are widely used as a means of lifting and transport on industrial sites or factories, and workshops. In the manufacture of parts or components such as girder, hoist, end carriage, and others, PT Genta Buana Tripadu need a tool to rotate the material, beam or component in the manufacturing process. Therefore, we design and build a tool named "Beam Rotator". The purpose of this tool is to change the position of objects by rotating the object or beam up to 180 ° or even 360 ° with an effective, efficient, and safer.

Important part of this tool is the vertical movements and rotating movements beam. The meaning of vertical movements on the "Beam Rotator" is the movement when lifting beam by using a hydraulic system. While rotating movements beam is rotational movement of the pulley mounted on the motor shaft when the rotating beam.

With "Beam Rotator", it is expected the manufacturing process in PT Genta Buana Tripadu will be optimal.

Keywords: Beam Rotator, Rotate, Crane

1. LATAR BELAKANG DAN TUJUAN

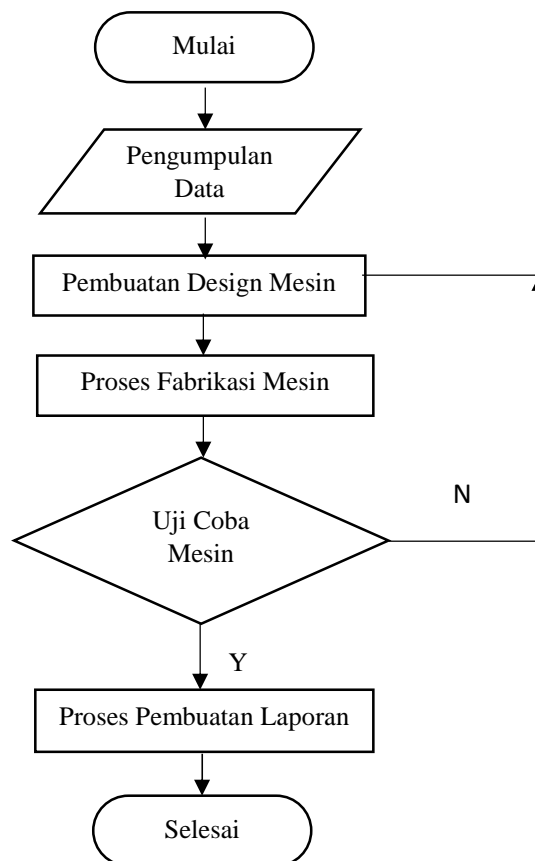
1.1. Latar Belakang

PT. Genta Buana Tripadi merupakan salah satu perusahaan di Indonesia yang bergerak di bidang pembuatan cranes, khususnya Hoist Cranes. Salah satu produk yang dihasilkan bernama NUSA Cranes and Components. NUSA Cranes and Components adalah hoist yang di desain, diproduksi, dan dirakit di Indonesia. Dalam proses pembuatan cranes di PT. Genta Buana Tripadi tersebut tentu tidak asing dengan material yang besar dan berat seperti beam ataupun komponen berat seperti girder, hoist, end carriage, dan lain sebagainya. Saat ini PT Genta Buana Tripadi sedang membutuhkan alat untuk memutar atau merotasi material, beam ataupun komponen dalam proses produksi pembuatan cranes. Saat ini, untuk memutar atau merotasi beam di PT. Genta Buana Terpadu masih bersifat manual karena untuk merotasi beam diperlukan lebih dari 1 orang. Melalui uraian diatas, maka dalam hal ini dipilihlah judul tugas akhir “Rancang Bangun Beam Rotator. Alat ini dapat membantu untuk merotasi beam dengan efektif dan efisien.

1.2. Tujuan

-) Merancang bangun *Beam Rotator* yang mampu memutar material atau komponen yang besar (*Girder, Joint Girder, End Carriage*, dan sebagainya) di PT. Genta Buana Tripadi sampai 180° dalam proses produksi *crane*.

2. METODE PELAKSANAAN



Gambar 1 - Diagram Alir Pembuatan Alat

Keterangan :

Diagram alir diatas menjelaskan metodologi perancangan untuk alat bantu proses produksi hoist cranes yaitu beam rotator. Tahap awal adalah persiapan yang bertujuan untuk menemukan dan menentukan ide untuk tugas akhir. Kemudian melakukan pengumpulan data dan referensi guna mengumpulkan dan mencari informasi melalui berbagai media yang berhubungan dengan pembuatan alat dan melalui buku-buku, tahap selanjutnya adalah perancangan alat. Untuk mempermudah pembuatan gambar atau desain dalam merancang alat ini menggunakan software, terkhusus AutoCAD.

Setelah merancang alat yang dibantu oleh software, langkah selanjutnya adalah pemilihan material. Pemilihan material adalah memilih material yang akan digunakan untuk alat atau Beam Rotator, Pemilihan material atau bahan yang digunakan harus sesuai dengan alat yang ingin dibuat. Setelah proses pemilihan material selesai, tahap selanjutnya adalah pembuatan alat. Pembuatan alat meliputi persiapan bahan baku dan proses pemotongan material. Adapun proses pemotongan material itu terbagi menjadi 4 bagian yaitu proses dengan mesin gerinda, proses dengan mesin bor, proses dengan mesin bubut, dan proses dengan mesin las. Setelah keempat bagian proses tersebut telah selesai, dilakukan proses *assembly* yaitu perakitan dan penggabungan semua part.

Untuk pembuatan alat mulai dari *machining* hingga *assembly* dilaksanakan diworkshop PT. Genta Buana Terpadu yang berada di Bekasi Timur, Jawa Barat. Setelah pembuatan alat hingga *assembly* telah selesai, langkah selanjutnya adalah pengujian alat. Uji coba alat tersebut sesuai kegunaannya. Apabila alat tersebut berhasil digunakan untuk mengubah posisi benda dengan memutar atau merotasi benda sampai 180°, maka alat tersebut dinyatakan berhasil. Dan apabila alat tersebut gagal mengubah posisi benda dengan memutar atau merotasi benda hingga 180° atau bahkan alat tersebut rusak, maka alat tersebut dinyatakan gagal. Apabila gagal alat tersebut, dilakuan analisa dan perbaikan alat. Analisa dan perbaikan alat tersebut harus dikaji ulang tentang penentuan spesifikasinya serta perancangan dan perhitungannya hingga alat tersebut dapat berhasil digunakan. Setelah proses pembuatan alat dan pengujian alat 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.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

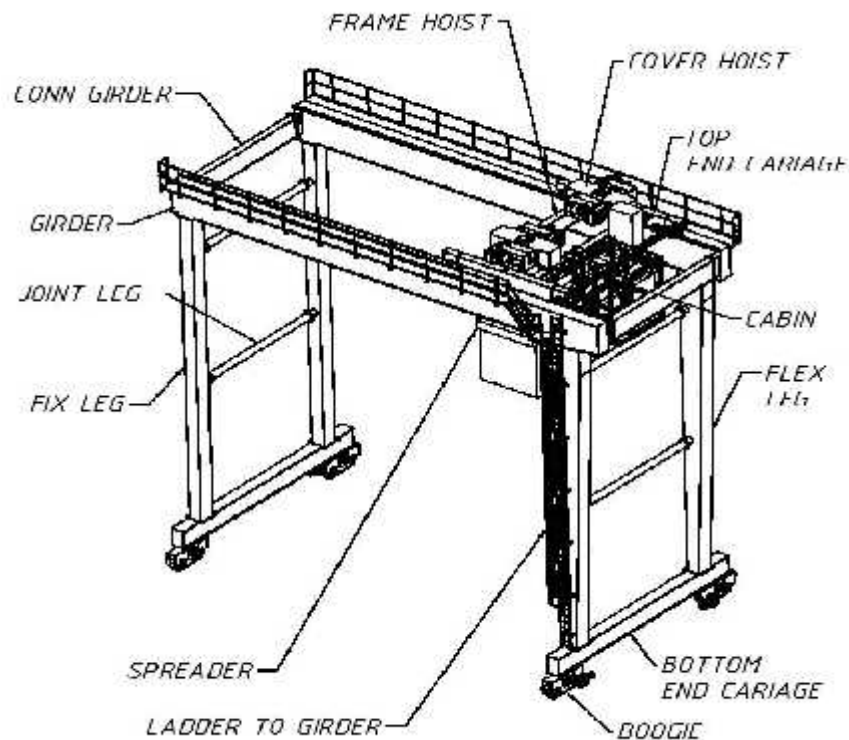
3.1. Hasil

Pada sub bab ini akan dibahas hasil penelitian di PT. Genta Buana Tripadu

a. *Hoist Cranes*

Crane adalah salah satu alat berat (*heavy equipment*) yang digunakan sebagai alat pengangkat dalam proyek kontruksi. *Crane* bekerja dengan mengangkat material yang akan dipindahkan, memindahkan secara horisontal, kemudian menurunkan material ditempat yang diinginkan. Alat ini memiliki bentuk dan kemampuan angkat yang besar dan mampu

dan jangkauan hingga puluhan meter. *Crane* biasanya digunakan dalam pekerjaan pekerjaan proyek, pelabuhan, perbengkelan, industri, pergudangan dll.



Gambar 2 – *Gantry Hoist Crane* dengan bagian-bagiannya

Hoist crane memiliki beberapa bagian bagian yang dalam proses produksinya harus dikerjakan dengan cara semua sisi pada komponen harus dilas. Beberapa contoh komponen sebagai berikut:

1. *Girder*
Dimensi : 1100 x 500 x 18000 [mm]
Berat : 4100 [kg]
2. *End Carriage*
Dimensi : 600 x 600 x 9000 [mm]
Berat : 2395[kg]
3. *Hoist of Gantry Crane*
Dimensi : 2500 x 890 x 650 [mm]
Berat : 1791[kg]
4. *Leg*
Dimensi : 350 x 400 x 10000 [mm]
Berat : 1812 [kg]
5. *Crab*
Dimensi : 300 x 500 x 3700 [mm]

Berat : 1628 [kg]

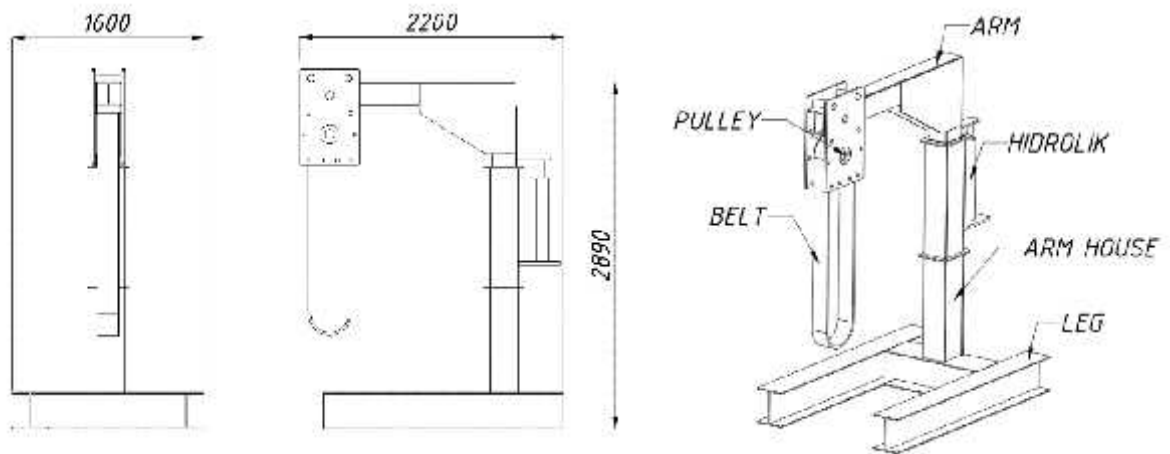
6. *Joint Girder*

Dimensi : 300 x 300 x 2500 [mm]

Berat : 641 [kg]

b. **Beam rotator**

Alat ini digunakan untuk mempermudah karyawan memutar komponen - komponen crane yang akan di las. Prinsip kerja alat ini ialah menggunakan gerakan vertical dan gerakan memutar *beam*. Maksud dari gerakan vertikal pada *Beam Rotator* ini ialah gerakan mengangkat *beam* dengan system hidrolik, sedangkan gerakan memutar beam ialah memutar objek dengan sabuk yang berhubungan dengan puli.



Gambar 3 – *Design Beam Rotator*

3.2. Rancangan Desain *Beam Rotator*

Rancangan *Beam Rotator* ini dibuat sederhana agar lebih mudah dalam penggunaannya dan agar biaya produksi yang minim.

Berikut akan di lampirkan spesifikasi dari *tool* ini:

Dimensi = 1600 [mm] x 2200 [mm] x 2890 [mm]

Material = SM490

Beban Maksimum = 10 [Ton]

3.3. Teori Pada *Beam Rotator*

- a. Gaya dorong piston hidrolik untuk mengangkat beam

Error! Reference source not found. $d_2^2 P_2$

[Persamaan 1]

Catatan : d_2 = Diameter Piston [m]

P_2 = Tekanan Silinder (berlawanan batang) [N/m²]

- b. Tegangan geser pada As

Error! Reference source not found.= Error! Reference source not found.

[Persamaan 2]

Catatan : **Error! Reference source not found.** = Tegangan Geser [N/mm²]

F = Gaya Pembebanan [N]

A = Luas Penampang [mm²]

c. Torsi untuk Memutar Benda

$= r \cdot F$ [Persamaan 3]

Catatan : = Torsi [Nm]

r = Lengan Gaya [m]

F = Gaya [N]

d. Tenaga yang dibutuhkan oleh motor

Error! Reference source not found. [Persamaan 4]

Catatan : **Error! Reference source not found.** [rad/s]

T = Torsi [Nm]

P = Power motor [kW]

3. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan:

-) Dhasilkannya mesin Beam Rotator, alat untuk memutar material atau komponen besar (Girder, Joint Girder, End Carriage, dan sebagainya) dalam proses produksi *crane* di PT Genta Buana Tripadu.

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Pengerjaan rancang bangun ini tentu tidak lepas dari pihak-pihak yang membantu dalam pengerjaan rancang bangun ini. Dengan ini ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan rancang bangun ini karena atas bantuan pihak-pihak tersebut tugas akhir rancang bangun ini dapat diselesaikan dengan baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khurmi, R.S, J.K.Gupta, "A text book of Machine Design", MKS and SI units, Eurasia Publishing House (Pvt) Ltd, Ram Nagar, India, 1980.
- [2] Pramono, A.E, "Buku Ajar Elemen Mesin I", Depok, 2013.
- [3] <https://taufiqurrokhman.wordpress.com> , Menghitung Gaya Hidrolik, 19 Mei 2017.

RANCANG BANGUN MESIN PRESS PAPAN PARTIKEL

Arya Yudha Sadewa¹, Carga Jonatan H², Luthfianty Restiana³, Shena Alfath⁴, Rudi Edial⁵, Seto Tjahyono⁶

1. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Jl. Prof Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Depok, 021-7270044. pnj.ac.id

Abstrak

Studi ini adalah mengenai rancang bangun mesin press papan partikel yang menggunakan material plat besi, dan besi berbasis hidrolik dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu yang terdapat pada UMKM. Serbuk kayu sebagai bahan utama untuk papan partikel. Serbuk kayu merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pemotongan atau pengampelasan kayu dengan cara digergaji atau menggunakan permesinan seperti drilling, milling, sander, grinding, dan lain-lain pada suatu industri. Mesin ditunjang dengan hand pump yang terhubung oleh selang menuju pengukur tekanan gaya lalu ke silinder hidrolik yang berkapasitas 20 [ton] yang tersambung pada kerangka bagian atas. Hand pump tersebut diletakkan tetap tergabung pada mesin press agar menjadi lebih mudah dalam penggunaan. Hand pump dan silinder hidrolik tersebut mampu menghasilkan papan partikel berukuran 600 x 300 x 12 [mm], mekanisme mesin press serbuk kayu adalah manual dengan penggunaan tenaga manusia ini dikarenakan mesin press serbuk kayu diperuntukan untuk industri menengah bawah.

Kata Kunci: pompa tangan, silinder hidrolik, papan partikel.

Abstract

The purpose of this research is to build and design a particle board press machine using iron plate and iron-based hydraulic by utilizing the sawdust that can be found in UMKM. Sawdust is the main material for particle board. Sawdust is a waste generated from the process of cutting or sanding wood by sawing or using machining such as drilling, milling, sander, grinding, and others in an industry. The engine is supported by a hand pump connected by a hose to a pressure gauge then to a 20-ton hydraulic cylinder connected to the upper frame. Hand pump is fixed, merged in the press machine to become easier in use. Hand pumps and hydraulic cylinders are capable of producing 600 x 300 x 12 mm particle board [mm], the mechanism of the wood powder press machine is manual with the use of manpower is due to the press powder press machine intended for the lower middle industry.

Keywords: Hand pump, hydraulic cylinder, particle board.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serbuk kayu merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pemotongan atau pengamplasan kayu dengan cara digergaji atau menggunakan permesinan seperti drilling, milling, sander, grinding, dan lain-lain pada suatu industri. Limbah serbuk kayu pada suatu industri biasanya dibiarkan menumpuk, dibuang, atau dibakar. Hal ini terjadi karena kurangnya informasi tentang dampak negatif limbah serbuk kayu dan daur ulang limbah serbuk kayu.

Dampak negatif dari limbah serbuk kayu menurut standard OSHA (Occupational Safety and Health Administration) yaitu menimbulkan masalah kesehatan seperti gangguan pernafasan, gangguan pencernaan, dermatitis, kanker, dan lain-lain. Oleh karena itu, limbah serbuk kayu sebaiknya tidak ditumpuk begitu saja melainkan disortir untuk kemudian didaur ulang. Selain untuk menghindari dampak negatif bagi kesehatan dan untuk mengurangi sampah alam, mendaur ulang limbah serbuk kayu juga bisa menjadi sumber penghasilan karena hasil produk dari limbah serbuk kayu ini memiliki nilai jual yang cukup tinggi.

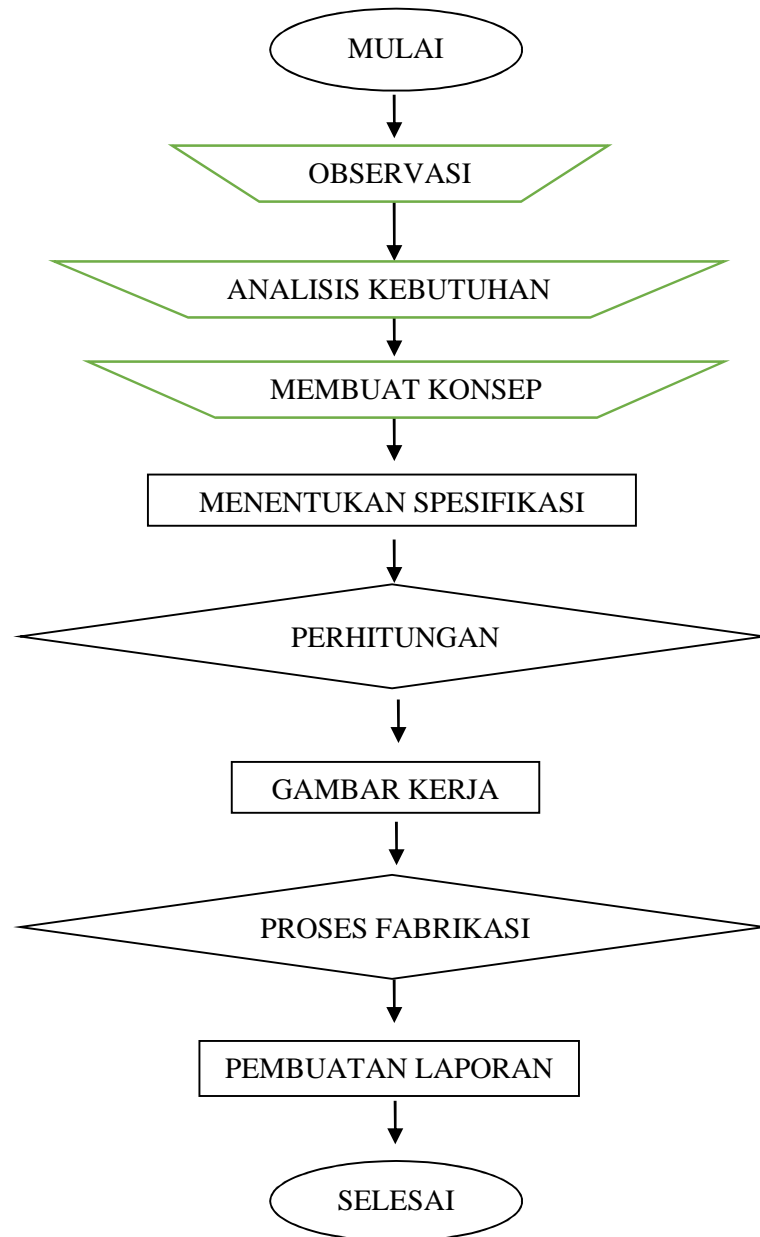
Beberapa hasil produk dari olahan limbah serbuk kayu yaitu papan kayu partikel, briket, pellet, dan lain-lain. Briket dan pellet berfungsi sebagai bahan bakar yang dapat digunakan sebagai penghangat ruangan atau bahan bakar pada industri-industri. Briket dijual kurang lebih Rp. 3500/kg. Pellet serbuk kayu dijual Ro. 1600/kg. Papan kayu merupakan produk dari olahan limbah serbuk kayu yang dapat digunakan dengan berbagai macam cara. Misalnya dibuat menjadi pot untuk tanaman, mabel, perabotan rumah tangga dan lain-lain karena papan partikel cenderung stabil, tidak mudah berubah bentuknya, dapat dipotong, dan dibor dengan peralatan standar. Dari segi kegunaan dan harga, papan kayu partikel lebih memiliki keuntungan dibandingkan briket atau pellet. Oleh karena itu, limbah serbuk kayu yang dijadikan papan partikel akan jauh lebih menguntungkan daripada pellet atau briket.

Untuk membuat papan kayu dari limbah serbuk kayu dibutuhkan mesin press serbuk kayu. Mesin press serbuk kayu didesain dan ditargetkan untuk masyarakat skala kecil atau menengah kebawah dan UKM yang mengolah limbah serbuk kayu. Sistem pada mesin press serbuk kayu dibuat manual dan dimensi pada dies atau cetakan dibuat sesuai dengan kebutuhan pasar sehingga tentunya akan menguntungkan pihak pengrajin kayu atau UKM yang mengolah limbah serbuk kayu.

1.2 Tujuan

- a) Rancang bangun mesin press kayu sederhana untuk suatu UMKM yang digunakan untuk mendaur ulang limbah serbuk kayu menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.
- b) Membuat dies untuk mencetak papan partikel dengan dimensi 600 x 300 x 15 [mm].

2. METODE PENELITIAN

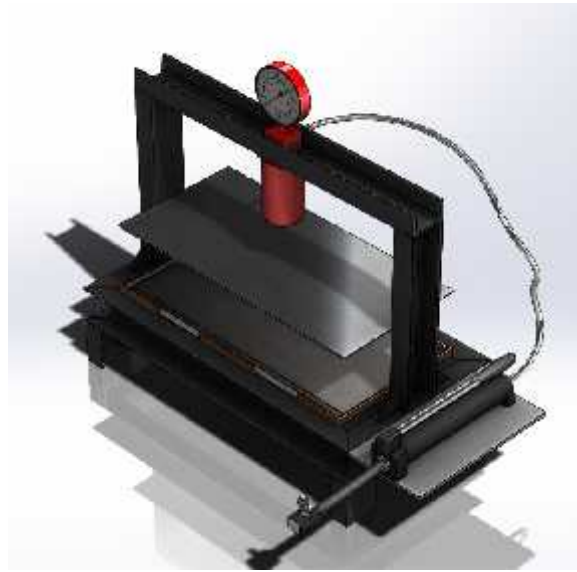


Gambar 1. Diagram Alir Proses

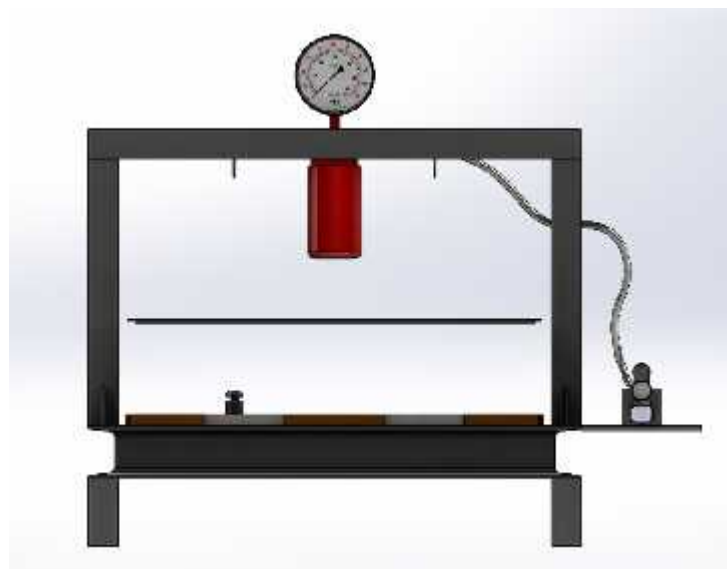
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah tahap observasi dan analisis kebutuhan pada konsumen dan kondisi pasar saat ini maka didapatkan ukuran dimensi yang dibutuhkan.

3.1 Desain Mesin Press Papan Partikel



Gambar 2. 3D Mesin *Press* Papan Partikel



Gambar 3. Tampak Depan Mesin *Press* Papan Partikel



Gambar 4. Tampak Atas Mesin Press Papan Partikel



Gambar 5. Tampak Samping Mesin *Press* Papan Partikel

3.2 Analisis Mesin Press Papan Partikel

1. Wadah

Pada wadah dengan dimensi 600 x 300 x 15 [mm] dengan μ_{resin} adalah 1,23 [gr/cm³]. Ketika pada proses penuangan adonan, nilai massa yang dibutuhkan berarti.

$$\begin{aligned} m &= \mu_{\text{resin}} \cdot V \\ &= 3.32 \text{ [kg]} \end{aligned} \quad \text{[Persamaan 1]}$$

2. Gaya press

Kapasitas dari dongkrak hidrolik adalah 2 [ton] dengan posisi dongkrak hidrolik yang terdapat pada atas cetakan maka dibantu dengan gaya gravitasi.

$$F_{\text{tekan}} = m \cdot g \quad [\text{Persamaan 2}]$$
$$= 32569.2[\text{N}]$$

3. Pompa Tangan

Kapasitas dari pompa tangan adalah 20 [ton] dengan ukuran tinggi sebelum ada pemanjangan adalah 180 [mm], memiliki pemanjangan batang pendorong 115 [mm], dan tinggi pada penambahan baut adalah 50 [mm].

4. Kerangka

Kerangka yang digunakan adalah besi *hollow* dengan dimensi 40 [mm] x 40 [mm] dan ketebalan 1.8 [mm]

4. KESIMPULAN

1. Mesin press serbuk kayu dengan dimensi wadahnya 600 x 300 x 15 [mm] menggunakan prinsip kerja dongkrak hidrolik 2 [ton] dan menggunakan kerangka besi *hollow* 40 x 40 [mm] dan ketebalan 1.8 [mm]
2. *Dies* berdimensi 600 x 300 x 15 [mm] dengan μ_{resin} adalah 1,23 [gr/cm³].

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 Drs. Rudi Edial, ST., MT. dan Bapak Seto Tjahyono, ST., MT. sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Belyamin, M.Se, Eng., B.Eng., sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ibu Indriyani Rebet, M.Si., sebagai Ketua Prodi D3 Teknik Mesin.
4. Teman-teman D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2014 yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan *full paper* seminar nasional ini.
5. 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]. Sularso and Kiyokatsu Suga, "DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN," Jakarta: PT. PRADNYA PARAMITA, 2013
- [2]. Hiram E. Grant, "JIGS AND FIXTURES," New Delhi: TATA McGRAW – HILL PUBLISHING COMPANY LTD, 1981

PERENCANAAN *INTERCOOLER* AIR INTAKE GAS TURBINE UNTUK MENURUNKAN TEMPERATUR UDARA INLET COMPRESSOR

Fahmi Fikardo Raharjo¹, Candra Damis², Jusafwar³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

Email : Fahmifikar14@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan temperatur udara rata-rata 26°C-33°C. Berdasarkan data Badan Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Saat ini terjadi kenaikan temperatur > 0.05°C per tahun. Ketika temperatur ambient meningkat, aliran massa udara menurun dan berdampak pada penurunan produksi power gas turbine, sehingga perlu dilakukan perancangan intercooler pada air intake gas turbine di PT MTW, dimana sebelumnya belum terdapat improvisasi mengenai inlet air cooling system gas turbine. Penelitian ini bertujuan untuk merancang intercooler pada air intake gas turbine yang berfungsi untuk menurunkan temperatur udara inlet kompresor. Media pendingin yang digunakan adalah air tampung dengan range temperatur 22°C-25°C. Design intercooler berupa heat exchanger dengan model fin and tube. Diameter tube fin berukuran 95 mm, dengan jumlah tube 510 tube. Design ini mampu menurunkan temperatur udara inlet kompresor rata-rata 5°C dari range temperatur ambient 26°C-33°C. Berdasarkan kalkulasi perhitungan dan simulasi perhitungan, perencana intercooler pada air intake turbin gas menghasilkan kenaikan efesiensi termal rata-rata 10% dari 52% ke 61.3% pada temperatur ambient 32°C di beban 120MW.

Kata Kunci: Ambient temperature, gas turbine, intercooler, efesiensi termal, heat rate

Abstract

Indonesia is tropical country with an average ambient temperature 26°C-33°C. Based on Meteorological, Climatological and Geophysical Agency data, nowadays the ambient temperature has increased by > 0.05°C per year. When the ambient temperature increase, the air mass flow decrease and hence leads to reduce the gas turbine produced power. So that, need to be design intercooler in gas turbine air intake at PT MTW, where the improvisation about gas turbine inlet air cooling system never existed before. This study aims to design intercooler in gas turbine air intake to decrease compressor inlet air temperature. The cooling media is used water with a temperature range of 22°C-25°C. Intercooler design is a heat exchangers with fin and tube model. The measure of diameter tube fin is 95 mm with the number of tube 510 tube. This design afford to decrease compressor inlet air temperature with an average 5°C from ambient temperature range of 26°C-33°C. The result is thermal efficiencies increase 10% and heat rate decrease 10%.

Keyword: Ambient temperature, gas turbine, intercooler, thermal efficiencies, heat rate

Nomenclature

$A_{tube+fin}$	Luas total perpindahan panas, m ²	\dot{Q}_{air}	Laju energi pada air, kW
Cp_{air}	Panas air spesifik pada tekanan konstan, kJ/kg.K	\dot{Q}_{udara}	Laju energi pada udara, kW
Cp_{udara}	Panas udara spesifik pada tekanan konstan, kJ/kg.K	t_f	Ketebalan fin, mm
D_i	Diameter dalam tube, mm	T_1	Temperatur udara masuk kompresor, K
D_o	Diameter luar tube, mm	T_2	Temperatur udara masuk kompresor, K
D_{fin}	Diameter fin, mm	T_3	Temperatur gas panas masuk turbin, K

$D_{tube+fin}$	Diameter <i>fin+tube</i> , mm	T_4	Temperatur gas panas keluar turbin,, K
FPI	<i>Fin per Inch</i>	T_{air}	Temperatur air masuk <i>tube</i> , °C
h_1	Entalpi masuk kompresor, kJ/kg	T_{aout}	Temperatur air keluar <i>tube</i> , °C
h_2	Entalpi keluar kompresor, kJ/kg	T_{uin}	Temperatur udara sebelum <i>tube</i> , °C
h_3	Entalpi masuk turbin, kJ/kg	T_{uout}	Temperatur udara sesudah <i>tube</i> , °C
h_4	Entalpi keluar turbin, kJ/kg	\dot{V}	Laju aliran volume udara, m ³ /s
HK	<i>Heat rate</i> , kcal/kWh	W_c	Kerja kompresor, kJ/kg
I_f	Tinggi <i>fin</i> , mm	W_{net}	Kerja bersih sistem, kJ/kg
k	Konstanta gas	W_t	Kerja turbin, kJ/kg
L_{tube}	Panjang <i>tube</i>		
L_f	Panjang <i>Fin</i>		
LHV	<i>Lower heating value</i> gas, kJ/kg		
\dot{m}_{air}	Aliran massa air, kg/s	Simbol Greek	
\dot{m}_{bb}	Aliran massa bahan bakar, kg/s		
\dot{m}_{udara}	Aliran massa udara, kg/s	ρ	<i>Density</i> udara, kg/m ³
$n_{tube+fin}$	Jumlah <i>fin tube</i>	π	3.14
P_1	Tekanan masuk kompresor, Bar	η_{th}	Efisiensi termal, %
P_2	Tekanan keluar kompresor, Bar		
P_3	Tekanan masuk turbin, Bar		
P_4	Tekanan keluar turbin, Bar		

I. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan temperatur udara rata-rata 26°C-31°C. Menurut Badan Klimatologi dan Geofisika (BMKG), temperatur udara di Indonesia (khusus nya) di pulau Jawa mengalami kenaikan rata-rata 0.05°C per tahun [1]. Kenaikan temperatur udara tersebut berdampak buruk bagi industri listrik yang menggunakan turbin gas sebagai penggerak *generator*.

Ketika temperatur *ambient* meningkat, aliran massa udara menurun dan berdampak pada penurunan performa turbin gas. Metode untuk meningkatkan performa turbin gas pada temperatur *ambient* tinggi seperti *wet compression* dan *water injection* telah dikembangkan di daerah timur tengah. Namun, metode tersebut memiliki kendala seperti mempersingkat umur pakai dan meningkatnya biaya pemeliharaan pada kompresor[2].

Beberapa jenis penelitian mengenai *turbin inlet cooling* telah banyak dipelajari secara ekstensif. Ibrahim dan Varnham[3] telah membuktikan bahwa sistem refrigrasi lebih baik menggunakan *absorption* atau *mechanical compression*. Biaya operasional *mechanical chiller* lebih murah dari *absorption chiller*, tetapi biaya awal dan konsumsi daya listrik sangat mahal yaitu mencapai 30% dari produksi listrik. Selain itu, Jaber et al [4] meneliti tentang pengaruh sistem pendingin udara masukan turbin gas dengan menerapkan *evaporative* dan *cooling coil*. Hasilnya menunjukkan bahwa, daya keluaran antara *evaporative cooling* dan *chiller system* berkisar 1.0-1.5 MW. Namun, daya yang digunakan *chiller auxiliary* tinggi dan menyebabkan penurunan total daya keluaran

Untuk menghindari kerugian yang terjadi dari beberapa penelitian terdahulu perlu dilakukan perencanaan *intercooler*. Perencanaan ini tidak menggunakan peralatan pendingin. Perencanaan *intercooler* dilakukan di PT MTW, dimana sebelumnya belum ada improvisasi mengenai TIAC. Media pendingin yang akan digunakan berasal dari air penampung yang disirkulasikan secara tertutup, dimana air pendingin akan dikembalikan ke tempat penampungan dengan prinsip *spraying*. Dengan merencanakan *intercooler* pada *inlet air* kompresor, diharapkan dapat menurunkan temperatur *ambient* sehingga dapat meningkatkan performa turbin gas.

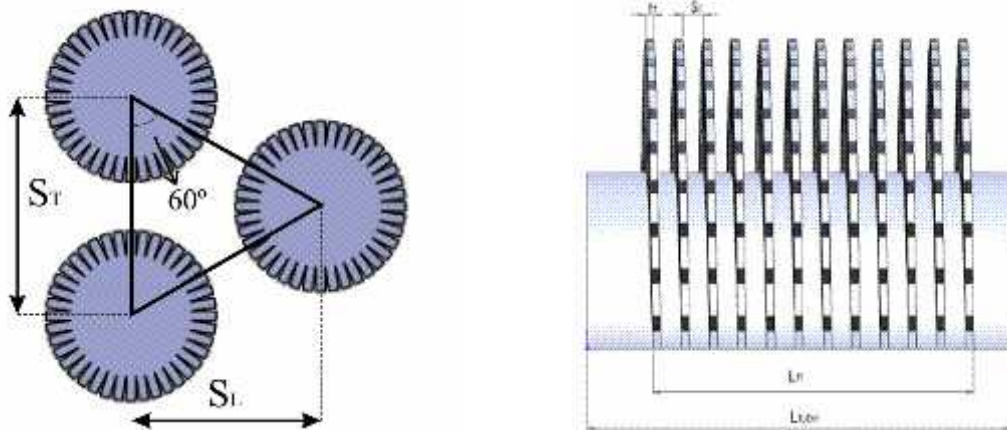
II. Metode Perencanaan *Intercooler*

2.1 Perencanaan Dimensi *Intercooler*

Tube dengan *fin* berbentuk *helical* menjadi pilihan untuk merencanakan *intercooler* pada *inlet air* kompresor. Pemilihan *fin* sebagai pelapis *tube* bertujuan untuk meningkatkan area permukaan sehingga perpindahan panas secara konveksi lebih optimal ketika bergesekan dengan udara masukan kompresor. Konfigurasi parameter geometrik *fin tube* meliputi data sebagai berikut:

Table 2-1 Dimensi *Fin and tube*

<i>Tube</i>		<i>Fins</i>		<i>Finned tube layout</i>	
D_o (mm)	50.8	D_{fin} (mm)	47,2	S_T (m)	0.3429
D_i (mm)	44	l_s (mm)	12.75	S_L (m)	0.29718
L_{tf} (mm)	3800	t_f (mm)	12	(°)	60
L_{tube} (mm)	3800	s_f (mm)	3	<i>Tube rows</i>	27
		d_f (fins/m)	433.07	<i>Tube per row</i>	30



Gambar. 2-2 *Fin Tube Arrangement*

2.2 Simulasi Perhitungan Perpindahan Panas.

Hasil perencanaan dimensi *intercooler* disimulasikan dengan menggunakan konsep perpindahan panas. Proses simulasi akan membandingkan laju energi pada kedua fluida dengan asumsi, kedua fluida pada bentuk ideal. Simulasi ini juga akan menentukan luas perpindahan panas dan jumlah *tube* yang dibutuhkan untuk perencanaan *intercooler* pada *air intake* turbin gas. Simulasi konsep perpindahan panas dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Perhitungan aliran massa udara pada *air intake* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:[5]

$$\dot{m}_{udara} = \rho \times \dot{V} \quad \text{[Persamaan 1]}$$

Persamaan termodinamika hukum ke-1 untuk menentukan aliran massa air[5]

$$\dot{Q}_{udara} = \dot{Q}_{air} \quad \text{[Persamaan 2]}$$

Massa aliran air pada *tube* dengan geometri yang telah di rencanakan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\dot{m}_{air} = \frac{\dot{m}_{udara} \times C_{p,udara} \times (T_{uin} - T_{uout})}{C_{p,air} \times (T_{ain} - T_{aout})} \quad \text{[Persamaan 3]}$$

Laju energi yang pada air dapat di hitung dengan persamaan berikut:

$$\dot{Q}_{air} = \dot{m}_{air} \times C_{p,air} \times (T_{ain} - T_{aout}) \quad \text{[Persamaan 4]}$$

Luas area perpindahan panas dihitung dengan persamaan berikut:[5]

$$A_{tube+fin} = \frac{\dot{Q}_{air}}{U \times (T_{ain} - T_{aout})} \quad \text{[Persamaan 5]}$$

Fin per inches pada *tube* [6]

$$FPI = 11 \quad \text{[Persamaan 6]}$$

Diameter *tube* untuk memenuhi luas area dihitung dengan persamaan berikut:[7]

$$D_{tube+fin} = n \times D_o \times l_{tube} + \left\{ FPM \left(\frac{1}{4} n \times (D_{fin}^2 - D_o^2) \right) \right\} \quad \text{[Persamaan 7]}$$

Perhitungan jumlah *tube* yang dibutuhkan[7]

$$n_{tube+fin} = \frac{A_{tube+fin}}{D_{tube+fin}} \quad \text{[Persamaan 8]}$$

2.3 Aplikasi Penurunan Temperatur *Ambient* terhadap Performa Turbin Gas

Pengaruh penurunan temperatur *ambient* terhadap performa turbin gas dapat dibuktikan dengan penurunan *heat rate* dan peningkatan efisiensi termal. Kenaikan performa tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

Temperatur udara tekan kompresor dihitung dengan persamaan berikut[5]

$$T_{2s} = T_1 \times \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad \text{[Persamaan 9]}$$

Temperatur ruang bakar dengan memasukan nilai kalor dihitung dengan persamaan berikut:[5]

$$T_3 = T_{2s} \times \left(\frac{m_{bb} \times LHV}{\dot{m}_{udara} \times C_{p,Udara}} \right) \quad \text{[Persamaan 10]}$$

Temperatur *exhaust* turbin gas dihitung dengan persamaan berikut:[5]

$$T_{4s} = T_3 \times \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad \text{[Persamaan 11]}$$

Kerja kompresor dapat dihitung dengan persamaan berikut[8]

$$W_c = \dot{m}_{udara} (h_2 - h_1) \quad \text{[Persamaan 12]}$$

Kerja turbin sebanding dengan aliran massa udara dan bahan terhadap selisih entalpi[8]

$$W_t = (\dot{m}_{udara} + \dot{m}_{bb}) (h_3 - h_4) \quad \text{[Persamaan 13]}$$

Total kerja keluaran sebanding dengan selisih kerja turbin dengan kompresor[8]

$$W_{net} = (W_t - W_c) \quad \text{[Persamaan 14]}$$

Persamaan berikut digunakan untuk menghitung kalor masukan ke dalam sistem[8]

$$Q_{in} = \dot{m}_{bb} \times LHV = (\dot{m}_{udara} + \dot{m}_{bb})(h_3) - \dot{m}_{udara}h_2 \quad \text{[Persamaan 15]}$$

Efisiensi termal turbin gas dapat dihitung dengan persamaan [2]

$$\eta_{th} = \frac{W_T}{Q_{in}} \quad \text{[Persamaan 16]}$$

Heat rate turbin gas dapat dihitung dengan persamaan berikut[2]

$$HR = \frac{860}{\eta_{th}} \quad \text{[Persamaan 18]}$$

III. Hasil dan Pembahasan

Diketahui bahwa turbin yang beroperasi pada putaran konstan memiliki aliran volume yang konstan. Sedangkan, kenaikan temperatur *ambient* dapat menurunkan densitas udara sehingga menyebabkan aliran massa udara menurun dan berdampak pada penurunan efesiesi termal turbin gas.

I. Simulasi Model *Intercooler*

Berdasarkan kalkulasi dan simulasi perhitungan, *design intercooler* pada *air intake* turbin gas terdiri dari 510 *tube*, dimana *tuberows* terdiri dari 10 *tube* dan setiap *rows* terdiri dari 51 *tube*. Jarak melintang antara *tube* satu dengan lainnya sebesar 120 mm, sedangkan jarak membujur setiap *tube* sebesar 100 mm.



Name	Type	Outer Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Transverse Pitch (mm)	Longitudinal Pitch (mm)	Fin Height (mm)
1- TubeType1	High-finned	60.0000	6.0000	120.000	100.000	23.0000

Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)	Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)
1	51	TubeType1	9.5250	6	51	TubeType1	69.5250
2	51	TubeType1	69.5250	7	51	TubeType1	9.5250
3	51	TubeType1	9.5250	8	51	TubeType1	69.5250
4	51	TubeType1	69.5250	9	51	TubeType1	9.5250
5	51	TubeType1	9.5250	10	51	TubeType1	69.5250

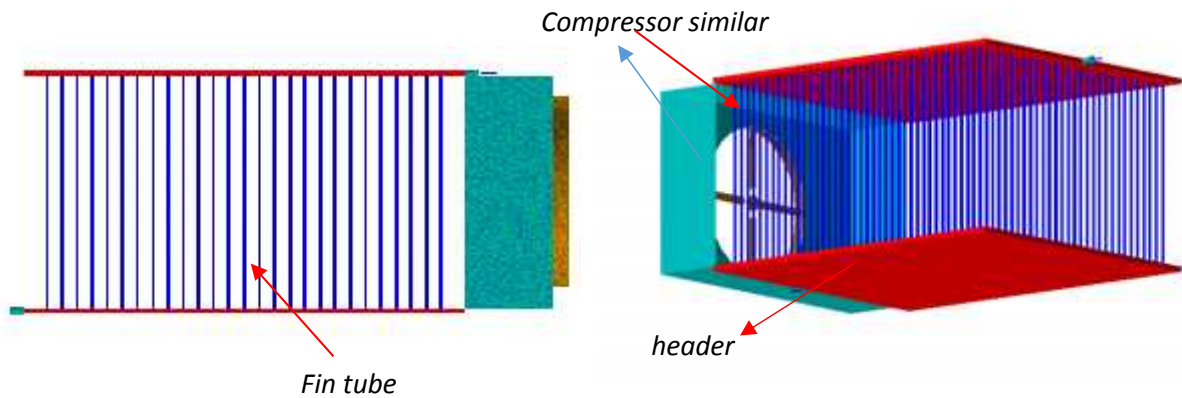
Bundle Information

Bundle width: 6.177 m
 Number of tube rows: 10
 Number of tubes: 510
 Minimum wall clearance:

- Left: 9.5250 mm
- Right: 9.5250 mm

Number of tubes per pass:

- TubePass # 1: 51
- TubePass # 2: 51
- TubePass # 3: 51
- TubePass # 4: 51
- TubePass # 5: 51
- TubePass # 6: 51
- TubePass # 7: 51
- TubePass # 8: 51
- TubePass # 9: 51
- TubePass # 10: 51



Gambar 3-1 Intercooler

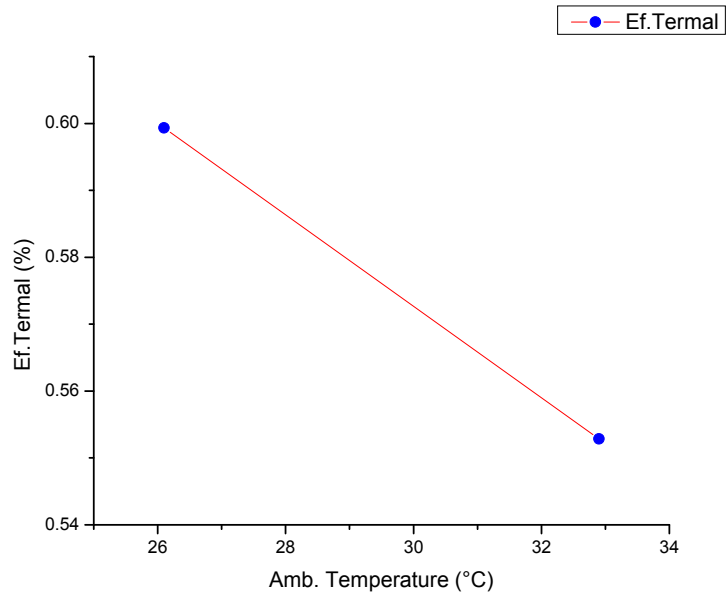
3.2 Kalkulasi dan Simulasi Perhitungan Performa Turbin Gas

Berdasarkan kalkulasi perhitungan dan simulasi perhitungan, peningkatan performa turbin gas dengan perancangan *intercooler* pada *air intake* turbin gas dapat ditinjau dari kenaikan efisiensi termal dan penurunan *heatrate*.

Parameter	Kalkulasi Perhitngan	Simulasi Perhitungan
Efisiensi Termal	62%	61.3%

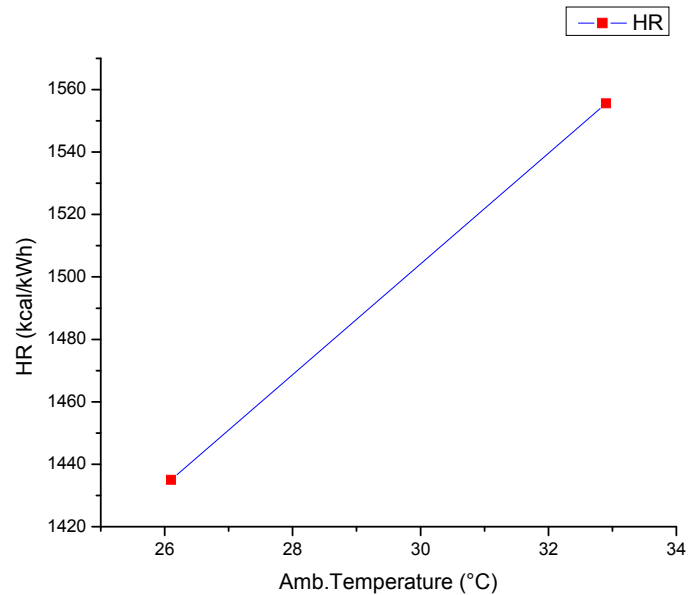
<i>Heatrate</i>	1510 kcal/hr	1513 kcal/hr
-----------------	--------------	--------------

Grafik 3.1 menjelaskan kenaikan efesisensi termal ketika temperatur udara masukan kompresor rendah. Perencanaan *Intercooler* bertujuan untuk menurunkan udara masukan kompresor.



Grafik 3.1 Ambient Temperature Terhadap Efisiensi Termal

Grafik 3.2 menjelaskan hubungan *ambient* temperatur terhadap *heatrate*. Rendah nya temperatur udara masukan kompresor dapt mempengaruhi nilai *heatrate* pada turbin gas. Sehingga dengan di rencanakan *intercooler* pada *air intake* turbin gas dapt menurunkan temperatur udara masuk kompresor dan menurunkan nilai *heatrate*.



Grafik 3.2 Ambient Temperatur Terhadap Heat Rate

IV. Kesimpulan

Performa turbin gas dapat dipengaruhi oleh temperatur *ambient*. Apabila temperatur *ambient* meningkat, maka aliran massa udara menurun, sehingga konsumsi bahan bakar meningkat. Perencanaan *intercooler* pada *air intake* turbin gas dapat menurunkan temperatur udara masukan kompresor rata-rata 26-27°C. Media air pendingin yang digunakan berasal dari air penampungan yang terdapat di PT MTW dengan temperatur rata-rata 25-27°C. Untuk menurunkan temperatur *ambient* dari 32°C menjadi rata-rata 27°C dibutuhkan *tube* berjenis *circular fin* yang mempunyai diameter $D_o = 50.8$ (mm), $D_{fin+tube} = 98$ (mm). Aliran massa air yang dibutuhkan pada *tube* sebesar 167 (kg/s) dengan luas area perpindahan panas sebesar 15207.75 m² sehingga membutuhkan *tube* dengan panjang $L_{fin+tube} = 3.8$ m sebanyak 510 *tube*. Turun nya temperatur *ambient* dapat meningkatkan efisiensi termal PLTG rata-rata 10% dan kenaikan *heat rate* berbanding lurus dengan efisiensi termal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Temperatur trend." [Online]. Available: <http://www.bmkg.go.id/iklim/trend-suhu.bmkg>.
- [2] A. A. El-Shazly, M. Elhelw, M. M. Sorour, and W. M. El-Maghlany, "Gas turbine performance enhancement via utilizing different integrated tur[1] A. A. El-Shazly, M. Elhelw, M. M. Sorour, and W. M. El-Maghlany, 'Gas turbine performance enhancement via utilizing different integrated turbine inlet cooling techniques,' *Alexa*," *Alexandria Eng. J.*, vol. 55, no. 3, pp. 1903–1914, 2016.
- [3] A. M. Al-ibrahim and A. Varnham, "A review of inlet air-cooling technologies for enhancing the performance of combustion turbines in Saudi Arabia," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 30, no. 14–15, pp. 1879–1888, 2010.
- [4] P. Using, D. Inlet, and A. Cooling, "Assessment of Power Augmentation from Gas Turbine Power," vol. 1, no. 1, pp. 7–15, 2007.
- [5] Y. A. Cengel, "A Practical Approach."

- [6] I. Carvajal-mariscal, F. Sanchez-silva, and I. Piro, *HANDBOOK FOR TRANSVERSELY FINNED TUBE HEAT EXCHANGER DESIGN* .
- [7] “Fundamentals of Heat and Mass Transfer - 6th Edition Incropera .pdf.” .
- [8] Maherwan P. Boyce, *Gas Turbine Engineering Handbook*. 2013.

PEMANFAATAN SENTRIFUGAL *FAN* MENJADI SIMULATOR PENYEIMBANG SATU BIDANG DENGAN *VIBSCANNER* DI PABRIK SEMEN CILACAP

Septian Lindhar Listio, Seto Tjahyono
Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
septianlindhar.holcim@gmail.com

Abstrak

Fan adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menghasilkan aliran fluida gas seperti udara. Di pabrik semen banyak dijumpai peralatan ini yang berfungsi sebagai alat pendingin mesin (*cooler*), dan pemindah bahan berbutir halus. Jenis *fan* yang digunakan di Pabrik semen Cilacap yaitu jenis sentrifugal *fan*. Masalah yang sering terjadi pada *fan* adalah bantalan rusak, poros bengkok dan tidak seimbang (*misalignment*). Banyak faktor yang menyebabkan kerusakan tersebut, satu diantaranya adalah tidak seimbang (*unbalance*). Kondisi tidak seimbang (*unbalance*) pada *fan* harus diatasi dengan cara menyeimbangkan *fan* tersebut. Untuk melakukan penyeimbangan, perlu pemahaman dan keahlian melalui pelatihan penyeimbangan, namun di Pabrik semen Cilacap belum ada fasilitas untuk melakukan pelatihan tersebut. Untuk meningkatkan kompetensi dan pengetahuan karyawan dalam hal penyeimbangan, maka perlu diadakan kegiatan *training*. Oleh sebab itu pemasangan simulator untuk *training* penyeimbangan sangat diperlukan. Di Pabrik semen Cilacap, terdapat peralatan eks-produksi yang masih disimpan karena masih bisa diperbaiki untuk suku cadang jika peralatan lain yang sejenis mengalami masalah dalam proses produksi ataupun untuk penggunaan yang lain. Tidak terkecuali sentrifugal *fan* dan motor listrik yang dapat digunakan sebagai media *training* penyeimbangan *fan*, sehingga bermanfaat dari sekedar asset pabrik yang disimpan di gudang. Sebagai alat simulator untuk penyeimbangan putaran dari motor harus bisa dirubah-rubah karena kondisi di lapangan setiap rotating equipment putaran nya bervariasi, sehingga alat simulator tersebut harus dihubungkan dengan VSD (*Variable Speed Drive*). Dengan dipasangnya simulator penyeimbangan *fan* tersebut, diharapkan dapat digunakan sebagai modul *training* penyeimbangan untuk meningkatkan kompetensi karyawan yang akan berimbas pada efektivitas dan efisiensi kegiatan *condition base maintenance*.

Kata Kunci : sentrifugal *fan*, *unbalance*, penyeimbangan.

Abstract

Fan is a device that serves to generate a flow of gas fluid like air. In the cement plant many found this equipment that serves as a cooling device (*cooler*), and the transfer of fine-grained material. The type of *fan* used in Cilacap cement factory is the type of centrifugal *fan*. Problems that often occur on the *fan* is a broken bearing, axle bent and not axis (*misalignment*). Many factors cause such damage, one of which is *unbalance*. *Unbalance* conditions on the *fan* must be overcome by balancing the *fan*. To do the balancing, it is necessary to have an understanding and expertise through balancing *training*, but at Cilacap cement plant there is no facility to conduct the *training*. To improve the competence and knowledge of employees in terms of balancing, it is necessary to hold *training* activities. Therefore, the installation of a simulator for *training* balancing is necessary. At the Cilacap cement plant, there are ex-production equipment that is still stored because it can still be repaired for spare parts if other similar equipment is experiencing problems in the production process or for other uses. No exception centrifugal *fan* and electric motor that can be used as media *training* balancing *fan*, so useful than just the factory assets stored in the warehouse. As a simulator tool to balance the rotation of the motor must be changed due to the conditions in the field each rotating equipment rotation varies, so the simulator tool must be connected with VSD (*Variable Speed Drive*). With the installation of the *fan* balancing simulator, it is expected to be used as a balancing *training* module to improve employee competence that will impact on the effectiveness and efficiency of *condition base maintenance* activities.

Keywords: centrifuge *fan*, *unbalance*, balancing.

1. PENDAHULUAN

Fan adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menghasilkan aliran pada fluida gas seperti udara. Di pabrik semen banyak dijumpai peralatan yang berfungsi sebagai alat untuk pendingin mesin (*cooler*), dan pemindah bahan berbutir halus. Masalah sering terjadi pada *fan* adalah bantalan rusak, poros bengkok, tidak seimbang (*misalignment*). Banyak faktor yang dapat menyebabkan kerusakan tersebut, satu diantaranya dari faktor tersebut adalah tidak seimbang (*unbalance*). Beberapa hal yang mengakibatkan tidak seimbang terjadi yaitu kesalahan saat proses pemesinan dan perakitan (*assembly*), eksentrisitas komponen, adanya kotoran saat proses pengecoran, korosi dan keausan, penumpukan material, misalnya debu pada *vane* kompresor, komponen yang bengkok atau patah. Ketika terjadi tidak seimbang pada *fan*, maka getaran naik dan bila

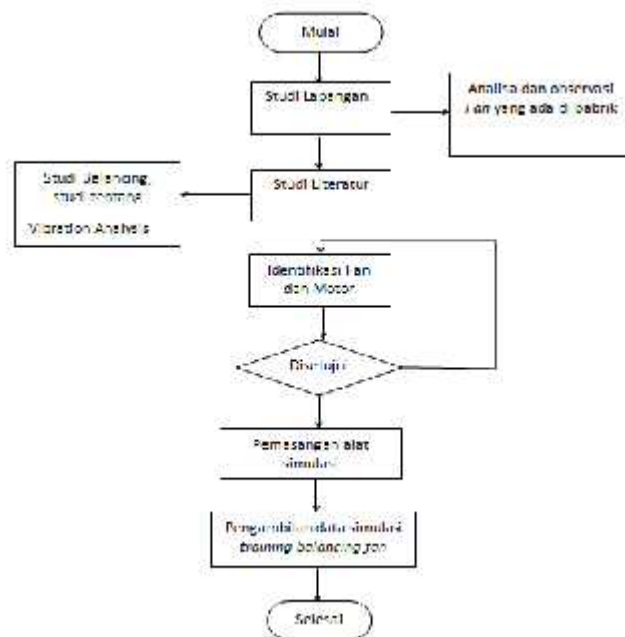
dibiarkan dapat menyebabkan terganggunya proses produksi. Oleh sebab itu harus dilakukan tindakan penyeimbangan pada *fan* tersebut.

Mengingat banyaknya peralatan *fan* yang ada di Pabrik semen Cilacap, maka diharapkan setiap mekanik *PM (Preventive Maintenance)* dapat memahami dan melakukan kegiatan penyeimbangan, namun di Pabrik semen Cilacap belum ada fasilitas untuk kegiatan pelatihan tersebut, maka pemasangan *simulator* untuk *training* penyeimbangan sangat diperlukan sebagai media pembelajaran penyeimbangan *fan* bagi karyawan perawatan di Pabrik semen Cilacap. Pemasangan alat simulator tersebut memanfaatkan peralatan yang sudah tidak digunakan lagi dalam kegiatan operasi. Agar peralatan tersebut dapat digunakan sebagai alat simulasi, maka perlu dihubungkan dengan *motor drive (VSD)*.

Dengan dipasangnya alat simulator tersebut diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan pengetahuan dan keahlian karyawan dalam hal penyeimbangan *fan* guna meningkatkan kompetensi karyawan yang akan berimbas pada kelancaran proses produksi pabrik.

2. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

2.1 Analisis dan observasi *fans* yang ada di pabrik holcim Cilacap

Jenis *fan* yang banyak digunakan di Pabrik semen Cilacap untuk kegiatan produksi adalah jenis sentrifugal *fan*. Sentrifugal *fan* di Pabrik semen Cilacap banyak digunakan sebagai *fan* untuk *air slide*, sebagai *fan cooler* dll.

2.2 Study teori penyeimbangan dan tentang analisis getaran

Mempelajari materi-materi teori tentang analisis getaran dan penyeimbangan dari referensi-referensi yang ada, dan juga menggali informasi dan pengetahuan tentang penyeimbangan dari karyawan yang menguasai tentang materi analisis getaran dan penyeimbangan tersebut.

2.3 Identifikasi *fan* dan motor

Mengidentifikasi jenis *fan* dan motor *ex-operasional* yang akan digunakan sebagai alat *training*, meliputi daya motor, *rpm* motor, frekuensi, *ampere* motor, dan jenis *fan*.

2.4 Pemasangan alat simulasi

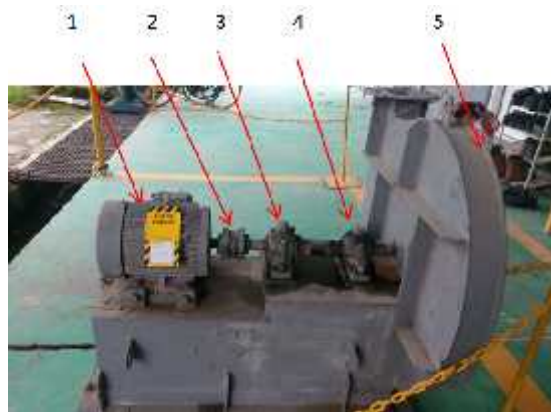
Pemasangan alat simulasi motor, *fan*, dan *Variable Speed Drive (VSD)*:

- 1) Motor dan *fan* yang digunakan untuk kegiatan *training* adalah asset pabrik yang sudah tidak digunakan untuk kegiatan produksi, sehingga motor dan *fan* tersebut dapat digunakan untuk kegiatan *training balancing* agar lebih bermanfaat, dan
- 2) *VSD* berfungsi sebagai *drive* motor, sehingga *rpm* dari motor dapat diubah-ubah untuk kegiatan *training*.

2.5 Pengambilan data kegiatan *training* penyeimbangan *fan*

Setelah alat simulasi selesai dibuat, maka kegiatan *training* penyeimbangan untuk pengambilan data siap dilaksanakan. *Fan* telah didesain sedemikian rupa agar penambahan bobot setimbang pada *fan* dalam kegiatan *training balancing* dapat menggunakan baut dan mur. Hal tersebut bertujuan agar penambahan bobot setimbang dalam kegiatan *training* menjadi lebih efektif.

Kegiatan *training* diawali dari pengukuran *vibrasi* awal *fan* sentrifugal tersebut, *fan* tersebut diatur (*set*) dengan kondisi getaran tinggi yang disebabkan oleh kondisi tidak seimbang (*unbalance*) (penempatan pemberat secara acak). Lalu kegiatan *training* tersebut bertujuan untuk belajar bagaimana cara melakukan penyeimbangan agar pada *fan* tersebut dapat turun pada kondisi normal (dapat diterima)



Keterangan:

1. Drive motor
2. Coupling (louver ring coupling)
3. Bearing MS (Motor Side)
4. Bearing FS (Fan Side)
5. Sentrifugal Fan

Gambar 2. Alat simulator penyeimbangan *sentrifugal fan*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Unbalance* (tidak seimbang) dan *Balancing* (seimbang)

Tidak seimbang (*unbalance*) adalah ketidaksamaan distribusi massa sistem poros rotor terhadap sumbu putar, hal tersebut dapat menyebabkan getaran. Getaran akibat komponen massa yang tidak seimbang terbaca pada arah *radial* (tegak lurus dengan sumbu putar) yang mana juga membangkitkan gaya sentrifugal pada peralatan. Selama komponen massa berputar, gaya juga akan berputar dan akan merambat sepanjang rotor dan *vibrasi* ini akan ditransfer pada bantalan (*bearing*) yang menjadi tumpuan rotor dan beberapa titik pada *bearing* akan mendapatkan gaya lebih tiap putaran.

Dengan adanya massa tidak seimbang pada rotor, menyebabkan beberapa masalah, yaitu: kerusakan struktur karena *fatigue* (kelelahan), beban lebih pada *bearing*, menambah tegangan pada rotor, memperbesar *power* yang dibutuhkan dan mengurangi umur peralatan.

Penyeimbangan adalah suatu proses memperbaiki distribusi massa pada rotor yang berputar dengan menambahkan atau mengurangi massa pada rotor yang bertujuan mengurangi gaya sentrifugal yang bekerja pada bantalan (*bearing*).

Beberapa hal yang dapat menyebabkan peralatan tidak seimbang, yaitu:

1. *Eccentricity* adalah garis pusat putaran poros tidak segaris dengan garis sumbu rotor. Hal tersebut merupakan sumber ketidakseimbangan.
2. Kekeloposan (gelembung udara) dan struktur bahan yang tidak merata. Pada pembuatan suku cadang seperti: *impeller* pompa, *pulley* penggerak yang dilakukan dengan pengecoran, udara yang terjebak menyebabkan kekeloposan/struktur yang tidak merata yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan.
3. Penambahan *key* (pasak) dan *keyways* (alur pasak). Beberapa rotor diseimbangkan dengan salah dengan tidak menyertakan beberapa bagian misalnya *key* (pasak), hal tersebut karena tidak ada standar untuk menambahkan *key* (pasak) dalam proses seimbangan. Contoh bila *pulley* diseimbangkan tidak dengan *key* (pasak) dan motor diseimbangkan tidak dengan *key* (pasak), maka bila dalam pemasangan kedua komponen terjadi tidak seimbang pada peralatan tersebut.
4. Korosi (*corrosion*) dan keausan. Bila peralatan bekerja pada fluida yang korosif dan abrasif lama-kelamaan terjadi pengikisan pada suku cadang yang menyebabkan tidak seimbang bila pengikisannya tidak merata.

5. *Deposit* yang menempel pada peralatan. Peralatan yang digunakan untuk penanganan bahan bisa menjadi tidak seimbang jika *deposit* menempel pada peralatan. Akibatnya peralatan tersebut menjadi tidak seimbang.
6. *Distortion*. Banyak suku cadang yang sudah diseimbangkan dengan baik selama pembuatan, perubahan bentuk selama operasi menyebabkan tidak seimbang hal tersebut disebabkan tegangan sisa dalam proses pembuatan dan distorsi karena temperature proses operasi. Tegangan sisa tersebut dapat dihilangkan dengan *treatment* tegangan sisa dan–bila hal tersebut tidak dilakukan dapat meningkatkan tegangan sentrifugal pada rotor dan menyebabkan perubahan bentuk. Ketidakseimbangan yang disebabkan ekspansi karena temperatur (perubahan bentuk) dapat diseimbangkan pada temperatur normal operasinya.
7. Toleransi *clearance*. Toleransi *clearance* pada beberapa komponen yang berbeda pada rotor bila dirakit menyebabkan tidak seimbang hal tersebut karena pusat garis putar tidak segaris dengan garis sumbu.

3.2 Vibscanner

Vibscanner adalah alat *condition monitoring* untuk mesin industri seperti motor, turbin, pompa, *pulley*, dan sebagainya. Alat tersebut dapat digunakan untuk mengetahui kondisi *bearing*, mengukur getaran mesin, mengukur *cavitasi* pada pompa, mengukur temperature, *balancing on-site 1 plane / 2 plane* melalui analisis getaran. Pengukuran analisis getaran memberikan parameter berikut: akselerasi getaran, kecepatan getaran, dan perpindahan getaran. Dengan cara menempelkan sensor yang dimiliki ke mesin (biasanya di *bearing house*) kemudian hasil dari getaran yang berupa angka akan muncul di layar. Getaran dapat berpengaruh negatif terhadap fungsi dari mesin dikarenakan dapat mengakibatkan keausan dan kerusakan pada elemen mesin.



Keterangan :
 1. Tombol *Knob* Kiri
 2. Tombol *Knob* Kanan
 3. *Joystick* dan Tombol *Enter*
 Gambar 3. Vibscanner

3.3 Pengambilan data kegiatan training

3.3.1 Lokasi

Kegiatan *training balancing* satu bidang sentrifugal *fan* menggunakan *vibscanner* dilakukan di depan *basecamp CBM dan PM team*.

3.3.2 Alat dan Bahan yang digunakan

Kegiatan Alat dan Bahan yang digunakan meliputi

- Alat simulator (*fan, motor, dan drive motor*)
- Kunci kombinasi 17
- *Vibscanner dan transducer*
- *Sensor velocity*
- Lakban dan *reflector*
- Timbangan
- *Bolt and nut*
- *Measuring tape*.

3.3.3 Pengaturan *Vibscanner* untuk kegiatan penyeimbangan

Pengaturan *Vibscanner* untuk kegiatan penyeimbangan meliputi:

1. Menghidupkan pada posisi *On* pada *Vibscanner*,
2. Pemilihan *balancing mode* (*click* “enter” 3 kali),



Gambar 4. Cara memilih *balancing mode*

Pemilihan *machine type* dengan menggeser *cursor* “*enter*“ ke bawah/keatas, pilih *machine type* yang sesuai dengan *type* mesin yang diseimbangkan,

3. Klik *knob* kanan, untuk memilih *Set Up mode* >>> *enter*,



Gambar 5. Pemilihan *machine type* untuk *set-up* keseimbangan

4. *Default Set-up:*

-) *Measurement* : *Balancing*
-) *Tranducer* : *6.140*
-) *Machine* : *Tulis HAC Code*

5. *Default “Measurement : Balancing “*

-) *Sign type* : *Balancing*
-) *Meas.Type* : *Velocity*
-) *Frek.from* : *2 Hz*
-) *Frek to* : *1 kHz*
-) *Number of av.* : *5*
-) *Av.delay (s)* : *1.0*
-) *Meas.range* : *Auto*
-) *Pulse/rev.* : *1*

7. *Default : Tranducer : 6.140*

-) *Meas.type* : *Acceleration*
-) *Signal type* : *Line drive*
-) *Sensitivity* : *1.000*
-) *Offset* : *0.00*
-) *Linear from* : *1*
-) *Linear to* : *20.000*
-) *Res. Freq* : *36.000*

8. *Default : Machine*

-) *Machine name* : *HAC Code*
-) *Plan* : *One*
-) *Correction* : *Free (sudut)*
-) *Trial* : *add (metode menambah massa), remove (metode mengurangi massa)*
-) *Bal.Quality* : *6.3*
-) *Foundation* : *Flex / rigid (pilih rigid)*

-) *Radius* : Jari-jari Blade (masukan nilai 320 mm)
-) *Rotor mass* : Berat rotor (200 kg) lihat data (jika ada)
-) *Trigger angle* : 0
-) *Speed* : Masukan speed motor sesuaikan dg pembacaan di Vib.scanner (1500 rpm)
-) *Check speed* : active
-) *Check Bad Inf* : active
-) *Recall.coeff* : active
-) *Auto trial mass* : active
-) *Check stable* : active

3.3.4 Pelaksanaan prosedur penyeimbangan

Pelaksanaan prosedur penyeimbangan meliputi:

1. Pemasangan lakban dan *reflector* pada poros untuk memantulkan sensor *velocity vibscanner* saat *fan* di-start,
2. Memastikan dulu bahwa *impeller fan* dalam kondisi bersih dari *coating material*,
3. *Setting* secara sembarang pemberat pada *impeller fan* agar didapat getaran dan ketidakseimbangan yang tinggi, lalu di-start *fan* dan mengukur getaran serta ketidakseimbangan nya menggunakan *vibscanner*,
4. *Start fan* untuk mengambil data *initial trial*. Tekan *start* pada *vibscanner* (tombol kuning) lalu mengarahkan sensor *velocity* pada lakban dan *reflector* (terpasang pada *shaft*), jika putaran sudah stabil, maka *pause* (tekan tombol kuning lagi). Lalu *stop fan*. Terbaca *initial* ketidakseimbangan: 6.51 mm/s



Gambar 6. Pengukuran *initial unbalance*

5. *Trial mount mass*. Setelah terbaca nilai *initial unbalance*, geser tombol kuning ke arah kanan. Ada dua kolom yang menunjukkan berat pemberat yang harus dipasang dan letak sudut. *Reset* sudut menjadi 0° dan berat pemberat (baut dan mur) yang akan di-pasang (15 gram).



Gambar 7. Trial mass hasil pengukuran



Gambar 8. Reset kolom trial mass

35	85°	Reset =>	15	0°
----	-----	----------	----	----

6. Pelepasan *cover fan*, lalu melakukan *static balancing* untuk menentukan titik 0° tempat pemasangan pemberat. Pemasangkan pemberat tersebut. Selalu diberi tanda tempat pemasangan pemberat. Lalu penutupan *cover fan*.
7. *Start* kembali *fan*, penggeseran tombol kuning ke kanan, lalu penekanan *start* seperti pada langkah ke 3, Terbaca *initial unbalance* menjadi 5.00 mm/s (*unbalance* turun) namun belum *perfect*.
8. Penggeseran tombol *joystick* (tombol kuning) ke kanan untuk melihat permintaan pemasangan pemberat yang diminta *vibscanner* (berat dan sudut). Muncul klarifikasi (*Remove: Yes or No* “Yes” jika getaran masih tinggi dan pilih “No” jika getaran turun).

9. Karena getaran masih tinggi, maka dipilih “Yes”. Lalu *vibscanner* menampilkan nilai dan letak pemberat yang selanjutnya harus dipasang. (2. *trim: mount mass*),



Gambar 9. Trial measurement



Gambar 10. Trim: mount mass

10. *Trim: mount mass* ke-2: 54 gram sudut 30° . Lepas *cover fan*, karena tadi dipilih “Yes” pada klarifikasi “*Remove*”, maka pemberat yang sebelumnya dipasang (di titik 0°) dilepas dulu. Lalu dipasang pemberat yang diminta dan ditentukan sudutnya (berlawanan arah putaran *fan*)



Gambar 11. Pemasangan pemberat di titik 0°



Gambar 12. Pemasangan pemberat hasil *trial mass* ke-2 (titik 30°)

11. Setelah pemberat dipasang, diulangi langkah ke-3, terbaca *initial unbalance* turun menjadi 2.86 mm/s, maka ketika klarifikasi “*Remove*”, pilih “No”, perintah permintaan pemberat : 41.39 gram sudut : 183° .
12. Setelah pemberat terpasang, tutup *fan cover* lagi dan ulangi langkah ke-3, terbaca *initial unbalance* naik menjadi :5.52 mm/s, saat klarifikasi *Remove*, pilih “Yes”, perintah permintaan pemberat: 33.69 gram, sudut : 123° .
13. Lepas pemberat yang sebelumnya terpasang pada sudut 183° , lalu dihitung 123° dari titik tersebut untuk memasang permintaan pemberat.
14. Tutup *fan cover* lalu diulangi langkah ke-3 lagi, terbaca *initial unbalance* : 0.56 mm/s (*good*)



Gambar 13. Trial measurement



Gambar 14. Trim mount mass sudah OK

15. Save data



Gambar 15. Save data

3.4 Hasil penelitian

Hasil dari kegiatan *training* adalah peserta *training* memperoleh pengetahuan dan keterampilan dalam hal *balancing fan* (menurunkan nilai getaran dan ketidakseimbangan dari *simulator fan* sesuai dengan standar yang ditentukan), sehingga dapat mengimplementasikan kegiatan ketidakseimbangan *fan* di area kerja masing-masing.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian berupa:

- 1) Sebelum melakukan penyeimbangan menggunakan *vibscanner*, perlu melakukan *set-up* terlebih dahulu yang meliputi: *Default set-up*, *Default Measurement Balancing*, *Default Transducer*, dan *Default Machine*,
- 2) *Set-up default* yang perlu diperhatikan adalah *Default Machine*, meliputi metode yang digunakan (*add or remove*), jumlah *plane*, berat rotor, jari-jari rotor *blade*, *speed* mesin, *balancing quality* (6.3 untuk *fan*) dan jenis pondasi mesin,
- 3) *Balancing Procees*:
 - a) pasang perangkat (*tranducer*, *reflector*, *sensor speed*) >> di-set sejajar, dilakukan *static balancing* untuk menentukan titik 0° (nol derajat),
 - b) **Start Fan** untuk mengambil data “*Initial trial*” >> tekan *Start* (Tombol warna kuning) dan jika putaran sudah stabil >> Tekan Tombol kuning sekali lagi >> geser ke kanan. >> **Stop Fan**,
 - c) *Trial Mount mass*: Sudut (sebelah kanan) di-*reset* : 0° (nol derajat) , Massa (kolom kiri) dituliskan dengan berat plat yang dipasang,
 - d) **Start fan** kembali jika pemberat (plat) telah dipasang >> **Trial Measurement 1** : Ulangi langkah 2 >> lakukan pemasangan pemberat sesuai dengan perintah (berat dan sudut) yang diminta *Vibscanner* (berlawanan arah terhadap putaran fan) >> muncul Klarifikasi (*Remove: Yes or no*) >>> pilih “ Yes “ jika getaran masih tinggi dan Pilih “No “ Jika getarannya menurun (kecil), manfaatkan menu klik tombol kanan atas,
 - e) Untuk memilih **Undo, safe** (semua *trial* dibiasakan untuk selalu di “*Save*”),
 - f) Ulangi Langkah 4 , sampai didapat nilai getaran yang terkecil (standar)
- 4) Jika pada alat *vibscanner* muncul simbol senyum, artinya hasil penyeimbangan sudah bagus, *initial unbalance* dan getaran sudah kecil (dijijinkan),
- 5) Untuk meningkatkan pemahaman dan kompetensi peserta training, kegiatan training dapat diulang-ulang dengan cara alat simulator di-*set* dengan perubahan beban pemberat agar didapat nilai getaran dan penyeimbangan yang berbeda, juga alat dioperasikan pada *rpm* yang berbeda dari kegiatan sebelumnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada:

1. Agung Wijayanto, Fathur Rahmat, Nana supriyatna, Vicky Primandani, Beton Martono, Joko Priyanto, Soleh atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan selama spesialisasi di departemen *Reliability Maintenance sector CBM dan PM* ,
2. EVE Team *Holcim Cilacap*
3. Sahabat EVE 10, dan karyawan PT *Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Duda, Walter H.1988. *Cement Data Book 1*. Berlin : Bauverlag
- [2] <http://www.vibrasi-alignment.com> (diakses 5 Desember 2016)

- [3] <https://muhal.wordpress.com/2011/03/15/pengaturan-motor-induksi-dengan-inverter-variable-speedmdrive/> (diakses 3/2/2017 15.30)
- [4] <http://vibrasialignment.blogspot.co.id/> (diakses 3/2/2017 15.30)
- [5] MobiusInstitute.2016.*Vibration Analysis Training Manual Categori*
1.Jakarta:MobiusInstitute

RANCANG BANGUN KIPAS PENDINGIN PADA BEARING ID FAN 542-FN1**Bagas Febryan Dwi Cahyo¹, Jauhari Ali², Suldiyono³, Agung Gunawan⁴**¹*Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424,*²*Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.*³*Condition Based Monitoring Team, Reliability Maintenance, PT Holcim Indonesia Tbk.*⁴*Condition Based Monitoring Engineer, Reliability Maintenance, PT Holcim Indonesia Tbk. bagasfdc@gmail.com, bagasfebryandc.holcim@gmail.com***Abstrak**

Dalam menjaga nilai ketersediaan dari sebuah alat, harus dilakukan metode perawatan yang tepat, guna mengetahui gejala kerusakan yang muncul pada suatu komponen alat tersebut. Komponen alat yang rentan mengalami kerusakan adalah bearing, dimana salah satunya ditandai dengan adanya kenaikan temperatur bearing. Kenaikan temperatur bearing fixed dan floated side ID Fan 542-FN1 dikarenakan adanya radiasi panas yang berasal dari hotgas yang dialirkan melalui ID Fan 542-FN1. Umumnya, kenaikan temperatur bearing dapat mencapai temperatur 70-90 °C, dimana temperatur tersebut telah melebihi temperatur yang direkomendasikan yaitu 65 °C. Apabila tidak dilakukan perbaikan, maka dapat menimbulkan kerusakan komponen alat lainnya, seperti poros bengkok atau terpuntir. Hal ini dapat diminimalisir dengan adanya penambahan sistem pendinginan untuk bearing tersebut. Oleh karena itu, dibuatlah kipas pendingin pada bearing fixed dan floated side ID Fan 542-FN1, kipas pendingin tersebut terdiri dari beberapa komponen seperti piringan, blade, hub, cover / casing dan baut. Kipas pendingin dipasang pada poros ID Fan, sehingga langsung terintegrasi dengan ID Fan 542-FN1.

Kata Kunci : Kipas Pendingin, ID Fan, Bearing, Temperatur.**Abstract**

To maintain equipment availability score, we must do maintenance correctly, so we know broken indication which can occur on that equipment components. The equipment components which suspect from broken indication is bearing, such as bearing rising temperature. The rising temperature of fixed side and floated side bearing in ID Fan 542-FN1 is caused by heat radiation from hotgas flow inside of ID Fan 542-FN1. The rising temperature usually reaches 70-90 °C, so the temperature is higher than the recommendation temperature, that is 65 °C. If it doesn't maintained, so it can make other equipment components broken too, such as bending or twisted shaft. This case will be reduced by adding cooling system of bearing. Therefore, we build cooling fan on fixed side and floated side bearing in ID Fan 542-FN1, the cooling fan consist of several components such as disc, blade, hub, cover / casing and bolts. Cooling fan mounted on ID Fan shaft, so it is integrated with ID Fan 542-FN1.

Keyword : Cooling Fan, ID Fan, Bearing, Temperature.**1. PENDAHULUAN**

Bearing merupakan komponen yang memiliki peranan penting pada setiap mesin atau peralatan mekanik karena mendukung kehandalan dan performa mesin. Kerusakan mesin sering dihubungkan dengan kerusakan bearing karena permasalahan/kerusakan pada bearing berkontribusi 40 % terhadap kerusakan mesin. [1] Dari beberapa kasus di plant, kasus peningkatan temperatur cukup sering terjadi, terutama pada komponen bearing, misalnya pada ID Fan 542-FN1 di area Finish Mill and Dispatch NAR 1 Plant

Dari analisa yang telah dilakukan, hal ini disebabkan efek perpindahan panas dari suhu material klinker halus yang melalui ruang dalam ID Fan 542-FN1 melalui proses konduksi pada poros ID Fan dan konveksi dari aliran fluida di dalamnya.

Maka rumusan masalah dan tujuan dari makalah ini yaitu memasang kipas pendingin yang terhubung langsung dengan ID Fan 542-FN1, sehingga proses penormalan temperatur akan lebih optimal dan tidak lagi menggunakan udara bertekanan dari plant. Selain itu, dapat diperoleh temperatur bearing yang sesuai dengan temperatur yang direkomendasikan.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Observasi

Pada tahap ini, penulis melakukan pengamatan kondisi *bearing* secara langsung dan melakukan pengambilan data temperatur *bearing* melalui pengecekan dan pengukuran terhadap objek yang dibahas pada makalah ini, yaitu *Bearing Fixed Side* dan *Bearing Floated Side* dari ID Fan 542-FN1. Data yang diperoleh diantaranya :

1. Data temperatur aktual *Casing* ID Fan, *Bearing Fixed Side* dan *Bearing Floated Side* dari ID Fan 542-FN1.
2. Dimensi *Pillow Block Bearing*, Diameter Poros ID Fan, *Space* penempatan kipas pendingin.



Gambar 1.(a) *Bearing Floated Side* dari ID Fan 542-FN1 dan 1.(b) *Bearing Fixed Side* dari ID Fan 542-FN1

2.2 Perancangan

Pada tahap ini, penulis melakukan perancangan berdasarkan kebutuhan konsumen, hasil pemilihan konsep dan studi literatur. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan, yaitu :

1. menghitung kebutuhan jumlah aliran udara (*airflow*) untuk melakukan pendinginan pada *bearing*, dengan menggunakan rumus :

Heat transfer rate secara aliran (konveksi) [2]

$$q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad \text{[Persamaan. 1]}$$

Mencari Volume Fluida pendingin berdasarkan *Heat load* per satuan waktu [2]

$$PV = \frac{\mu \cdot V \cdot c \cdot \Delta T}{\rho} \quad \text{[Persamaan. 2]}$$

2. menghitung dimensi piringan, *blade*, dan *hub* yang akan dibuat berdasarkan pembebanan yang diperhitungkan, dengan menggunakan rumus :

Mencari nilai tegangan geser dan momen puntir atau torsi [3]

$$\frac{\tau}{r} = \frac{T}{J} = \frac{C \cdot \theta}{L} \quad \text{[Persamaan. 3]}$$

Mencari diameter berdasarkan Inersia polar untuk poros berlubang (*hollow shaft*) [3]

$$J = I_{xx} + I_{yy} = \frac{\pi}{64} \cdot [(d_o^4) - (d_i^4)] \quad \text{[Persamaan. 4]}$$

Mencari diameter berdasarkan Momen Puntir atau Torsi pada poros berlubang (*hollow shaft*) [3]

$$T = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot (d_o^3) \cdot (1 - k^4) \quad \dots \quad [k = \frac{d_i}{d_o}] \quad \text{[Persamaan. 5]}$$

3. menghitung kekuatan las-lasan dan baut sebagai media *joint* yang digunakan, dengan menggunakan rumus :

Mencari Momen Inersia dari bagian las-lasan fillet melingkar [3]

$$J = \frac{\pi \cdot t \cdot d^3}{4} \quad \text{[Persamaan. 6]}$$

Mencari dimensi las-lasan fillet melingkar berdasarkan tegangan geser maksimum [3]

$$\tau_{max} = \frac{\tau_r}{J} = \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot t \cdot d^2} = \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot 0,707 \cdot s \cdot d^2} = \frac{2,83 \cdot T}{\pi \cdot s \cdot d^2} \quad \text{[Persamaan. 7]}$$

Mencari Momen Inersia dari bagian las-lasan fillet memanjang [3]

$$J = 2 \times \frac{t \times l^3}{12} = \frac{t \times l^3}{6} \quad \text{(untuk 2 sisi lasan)} \quad \text{[Persamaan. 8]}$$

Mencari dimensi las-lasan fillet memanjang berdasarkan tegangan geser maksimum [3]

$$\tau_{max} = \frac{3T}{0,707 \times l^2} = \frac{4,242 T}{s \times l^2} \quad \text{[Persamaan. 9]}$$

Mencari dimensi baut dan mur berdasarkan tegangan geser [3]

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_{allow} \quad \text{[Persamaan. 10]}$$

2.3 Realisasi

Pada tahap ini, penulis melakukan proses realisasi dari hasil perancangan, realisasi dilakukan dengan berbagai tahap, diantaranya :

1. persiapan dan penyediaan material yang dibutuhkan, seperti plat 6 mm dan 1,5 mm, *hollow bar* 5 inch, *welding rod* type RD 718-E7018, baut dan mur M8, dan peralatan untuk fabrikasi (gerinda, mesin potong, mesin bor, mesin bubut),
2. proses pemotongan material plat 6 mm sesuai dimensi piringan dan *blade*, material plat 1,5 mm sesuai dimensi *cover*, serta *hollow bar* 5 inch sesuai dimensi *hub*, untuk dilakukan proses fabrikasi,
3. proses fabrikasi piringan dan *hub* dengan metode bubut dan pengeboran, fabrikasi *blade* dengan metode penggerindaan, fabrikasi *cover* dengan metode *bending plat*,
4. proses *assembling* komponen piringan, *hub*, dan *blade* dengan metode pengelasan dan baut menjadi *fan* yang sesuai dengan hasil perancangan,
5. proses pemasangan kipas pendingin dan *cover* pada poros ID Fan 542-FN1 pada sisi *Bearing Fixed Side* dan *Floated Side*.

2.4 Uji Coba dan Pengamatan Hasil

Pada tahap ini, penulis melakukan uji coba dari kipas pendingin yang telah selesai direalisasikan dan dipasang pada ID Fan 542-FN1, dengan memperhatikan kesesuaian arah aliran udara (*airflow*) antara kondisi aktual dan hasil perancangan, memperhitungkan debit udara yang berkaitan dengan tingkat keberhasilan proses realisasi ini, serta melakukan pengamatan terhadap penurunan temperatur dari *Bearing Fixed Side* dan *Bearing Floated Side* dari ID Fan 542-FN1 dan peralihan penggunaan udara bertekanan sebagai media pendingin sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kriteria Pemilihan Desain

Pemasangan *Fan* dilatar belakangi oleh kondisi *high temperature* pada *bearing* ID Fan 542-FN1, serta bertujuan untuk menghilangkan penggunaan udara bertekanan dalam proses pendinginannya.

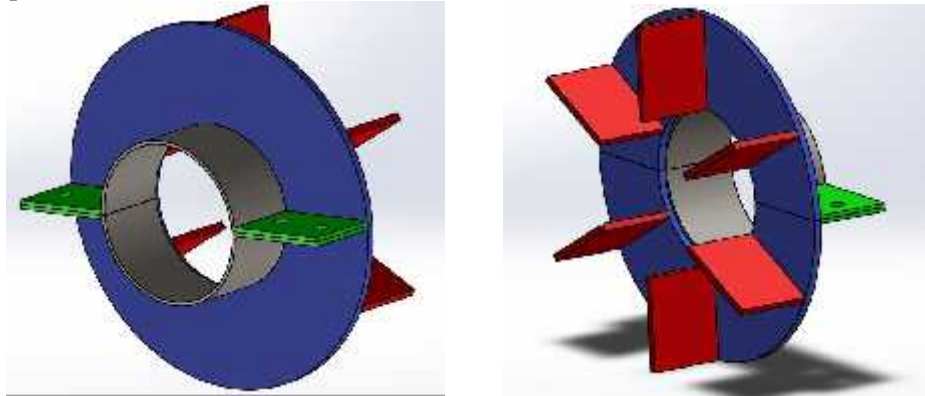
- a. Debu dan udara panas (*hotgas*) dari sisi / celah *Casing* tidak dapat menempel dan memasuki *Pillow Block Bearing*.
- b. Mencukupi *space* yang tersedia pada objek pemasangan (terutama *bearing free side*).
- c. Mudah dalam proses Instalasi dan Re-Instalasi.
- d. Mudah dalam proses perawatan.

- e. Komponen alat mudah didapat dan dioperasikan.
- f. Harga setiap komponen alat dapat dijangkau.

3.2 Konsep Desain Fan

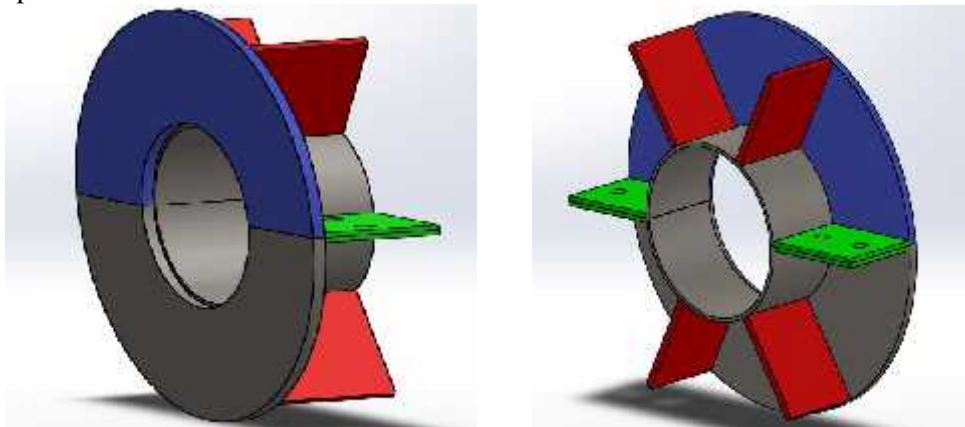
Berdasarkan data-data hasil observasi dan kriteria pemilihan desain, maka dibuatlah beberapa konsep desain fan yang akan dibuat, diantaranya :

1. Konsep pertama



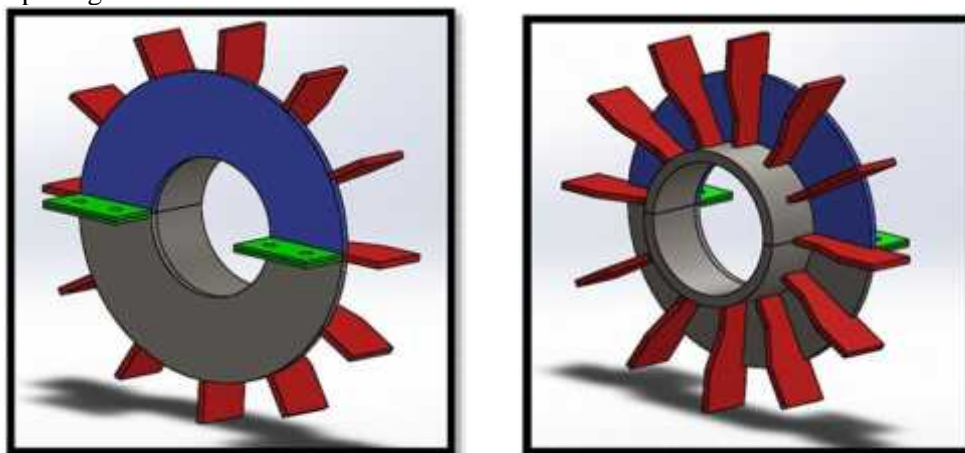
Gambar 2(a). Konsep Desain Fan pertama (tampak belakang) dan 2.(b). Konsep Desain Fan pertama (tampak depan)

2. Konsep kedua



Gambar 3.(a). Konsep Desain Fan kedua (tampak belakang) dan 3.(b). Konsep Desain Fan kedua (tampak depan)

3. Konsep ketiga



Gambar 4.(a). Konsep Desain Fan ketiga (tampak belakang) dan 4.(b). Konsep Desain Fan ketiga (tampak depan)

3.3 Realisasi

Berdasarkan hasil perancangan dan desain yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh data material yang dibutuhkan untuk proses realisasi dan fabrikasi, yaitu :

Tabel 1. Tabel Data Material yang dibutuhkan untuk proses realisasi

No	Nama Material	Jumlah	Keterangan
1	Steel Plate (122x244x6 mm)	1 eah	Untuk komponen Piringan dan <i>blade</i>
2	Steel Plate (122x244x1.5 mm)	1 eah	Untuk komponen <i>Casing / Cover</i>
3	Hollow Bar (5 inch)	1 eah	Untuk komponen <i>hub</i>
4	Baut dan Mur (M8)	4 eah	Untuk media <i>joint</i>
5	Welding Rode type RD 260-E6013	1 box	Untuk media <i>joint</i>
6	Welding Rode type RD 460-E6013	1 box	Untuk media <i>joint</i>
7	Grinding Disk	5 eah	
8	Oxy-acetylene torch	1 set	

Beberapa tahapan fabrikasi sudah dilakukan, diantaranya proses pemotongan material sesuai dengan dimensi / ukuran profil yang dibuat, proses pembubutan profil piringan dan *hub*, dan proses pemotongan piringan, kemudian beberapa tahapan fabrikasi lainnya masih dalam proses pengerjaan.



Gambar 5.(a) Proses penggerindaan profil Piringan setelah proses pemotongan dan 5.(b).Proses pembubutan profil Piringan setelah proses penggerindaan.



Gambar 6.(a). Proses pembubutan profil hub setelah proses penggerindaan dan 6.(b). Proses pemotongan profil Piringan menjadi dua bagian setelah dibubut

4. KESIMPULAN

Kipas Pendingin yang dirancang dan dibangun ditujukan untuk menjaga nilai temperatur *bearing fixed side* dan *floated side* pada ID Fan 542-FN1 agar sesuai dan tidak melebihi temperatur yang direkomendasikan, yaitu temperatur 65 °C. Serta dapat menggantikan penggunaan udara bertekanan pada media pendingin *bearing* yang sebelumnya diterapkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Naufal, Mustoffa. 2013. *Perancangan dan Pembuatan Sistem Pemanas Induksi untuk Bearing berbasis Mikrokontroller Arduino Uno*: Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- [2] J. P. Holman. 1986. *Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill Book.Inc.
- [3] J. G. R. S. Khurmi, 2015, *A Textbook of Machine Design (S.I. Units)*, Ram Nagar, New Delhi-110 055: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.

PEMBUATAN SISTEM INFORMASI COST ANALYSIS LABORATORIUM ALTERNATIVE FUEL AND RESOURCES

Farhan Tri Setiaji¹; Tri Widjatmaka²; Yayan Susanto³

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Laboratorium Alternative Fuel and Resources QC Superintendent, PT. Holcim Indonesia Tbk..

¹farhantrisetiaji@gmail.com

²widjatmaka@gmail.com

Abstrak

Perusahaan semen selain menggunakan bahan baku (raw material) utama dan bahan bakar utama seperti coal dan IDO, Perusahaan semen juga menggunakan bahan baku dan bahan bakar alternatif untuk menghemat biaya dan memaksimalkan produksi semen. Bahan baku dan bahan bakar alternatif yang dikelola oleh departemen Geocycle. Departemen Geocycle memiliki Laboratorium Alternative Fuel and Resources (AFR) yang memiliki tanggung jawab untuk mengendalikan mutu bahan baku dan bahan bakar alternatif. Cost Analysis di laboratorium AFR belum memiliki sistem pelaporan secara aktual dan tidak termonitor secara nyata. Dampak dari masalah tersebut menyebabkan pelaporan masalah biaya yang ada di laboratorium AFR tidak sinkron dengan perencanaan biaya yang disusun dan pengeluaran biaya yang terjadi. Dengan mengatur barang dan consumable part serta pelaporan setiap pemesanan barang biaya yang dikeluarkan dapat dikendalikan. Selain hal tersebut dengan memperhitungkan biaya yang dikeluarkan per parameter analisis (biaya operasional melakukan analisis) dapat mempermudah pelaporan biaya yang dikeluarkan. Metode pelaksanaan dilakukan dalam beberapa tahapan seperti identifikasi masalah, perumusan masalah, studi literatur, pembuatan sistem informasi meliputi pengumpulan database dan juga perhitungan biaya parameter, serta dilakukan uji coba.. Berdasarkan pembuatan sistem informasi Cost Analysis dapat diketahui telah terjadi peningkatan rata-rata akurasi 17.07% dalam pelaporan yang terperiode.

Kata Kunci : Rancang Sistem, Cost Analysis, Sistem Informasi

Abstract

Cement Industry besides uses main Raw Material and main fuel such as coal and IDO, cement industry also uses raw materials and alternative fuels to save cost and maximize cement production. These raw materials and alternative fuels are managed by the Geocycle department. The Geocycle Department has the Alternative Fuel and Resources (AFR) Laboratory which has the responsibility to control the quality of raw materials and alternative fuels. Cost Analysis in the AFR lab does not have actual reporting system and is not monitored significantly. The impact of the problem causes the reporting of cost issues in the AFR laboratory to be out of sync with the planned cost planning and expenses which incurred. By arranging goods and consumable parts and reporting any ordering of goods expenses can be controlled. In addition, by taking into account the costs incurred per analysis parameter (operational costs to analyze) can facilitate the reporting of costs incurred. The implementation method is done by several stages such as problem identification, problem formulation, literature study, information system development including database collection and also parameter cost calculation, and also pilot test. Based on the making of Cost Analysis information systems, the accuracy has been increased in average of 17.07% in the period reporting.

Keyword : Sistem Design, Cost Analysis, Information Sistem

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laboratorium Alternatif Fuel dan Resources (AFR) melakukan proses analisis sampel AFR untuk pengendalian mutu bahan baku dan bahan bakar, selain itu diperlukan perawatan, kalibrasi dan penggantian consumable alat alat penunjang analisis. Untuk melakukan analisis sampel, diperlukan pereaksi atau reagent. Saat ini proses tersebut belum terdapat pengendalian dari aspek ekonominya. Oleh karena itu, dibutuhkan pengendalian dari aspek ekonominya.

Awal mula Laboratorium AFR berada di bawah Technical Departement Perusahaan semen. Saat di Technical Departement, pelaporan biaya pada laboratorium AFR dilakukan hanya satu tahun sekali, karena Technical Departement melakukan pengumpulan biaya pengeluaran yang ada di semua laboratorium

kemudian laboratorium *AFR* memilah pengeluaran yang terjadi pada laboratorium dari hasil pengumpulan biaya pengeluaran pada *Technical Departement*.

Saat ini laboratorium *AFR* telah berada di bawah *Geocycle Departement*, tetapi metode pelaporan untuk pengeluaran biaya yang ada di laboratorium masih sama seperti saat laboratorium *AFR* berada di bawah *Technical Departement*, sehingga kesesuaian pelaporan yang terjadi belum sesuai dengan aktual pengeluaran biaya yang ada di laboratorium *AFR*.

Laboratorium *AFR* diharapkan dapat menjadi laboratorium jasa pengujian yang mana sampel external perusahaan semen dapat melakukan pengujian atau analisis di Laboratorium *AFR*.

Dalam proses pencapaian tujuan, setiap departemen memerlukan biaya. Pada departemen Laboratorium *AFR* biaya-biaya berupa biaya operasional, *maintenance* alat, *man power*, dan lain-lain. Oleh karena itu, pembuatan sistem informasi yang mengatur mengenai konsolidasi biaya pada departemen Laboratorium *AFR* perlu dibuat. Dengan adanya pengendalian biaya tersebut, maka dapat digunakan untuk memperhitungkan biaya untuk setiap parameter analisis di laboratorium *AFR*.

1.2 Perumusan Masalah

1. Tidak adanya sistem informasi pengendalian biaya pada Laboratorium *AFR*,
2. Kurangnya tingkat akurasi biaya yang dilaporkan selama ini, dan
3. Belum adanya perhitungan harga analisis per parameter.

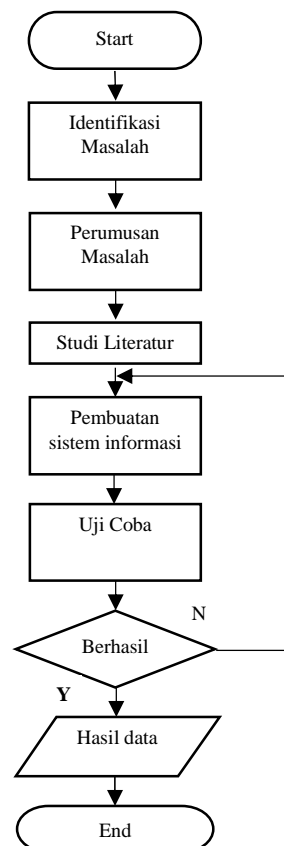
1.3 Tujuan

Tujuan pembuatan Sistem Informasi *Cost Analysis* diantaranya:

1. Memperoleh Sistem Informasi *Cost Analysis* di Laboratorium *AFR*
2. Memperoleh peningkatan akurasi dalam penghitungan biaya yang ada di Laboratorium *AFR*
3. Memperoleh perhitungan biaya analisis per parameter.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram alir

2.2 Identifikasi Masalah

Proses identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui latar awal masalah, sehingga dibuatnya penelitian ini. Melalui identifikasi masalah, dipilih masalah pada departemen Laboratorium AFR Geocycle di perusahaan semen Narogong Plant.

2.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah ditentukan setelah masalah teridentifikasi. Rincian masalah diperlukan untuk mengetahui pokok masalah. Tujuan penelitian yaitu memperoleh sistem informasi *cost analysis* yang ada di laboratorium AFR, serta menentukan harga jual per parameter analisis yang ada di laboratorium AFR. Dengan adanya sistem ini diharapkan pada laboratorium AFR dapat memonitoring keuangan yang ada dan dapat memberikan laporan yang akurat.

2.4 Studi Literatur

Literatur/pustaka yang dicari, setelah didapat dipakai untuk mengetahui dasar-dasar akuntansi, dari pengetahuan tersebut dicari metode yang digunakan pada perhitungan biaya analisis yang ada di laboratorium AFR, sehingga kebutuhan pengetahuan yang menunjang penelitian tersebut dapat terwujud.

2.5 Pembuatan Sistem Informasi

Pada pembuatan sistem informasi terdapat beberapa tahapan yang dilakukan agar terciptanya sistem tersebut. Tahapan untuk pembuatan sistem informasi meliputi: pengumpulan data, pembuatan database, analisis data

2.5.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh semua data yang diperlukan pada penelitian ini. Data didapatkan dari *manual book* yang ada pada setiap alat untuk mendapatkan kode penjualan atau nomor katalog, data biaya didapatkan dari penawaran yang ditawarkan oleh vendor maupun dari SAP (sistem penyimpanan data yang ada di perusahaan semen).

2.5.2 Pembuatan Database

Pembuatan database dimaksudkan untuk mempermudah pencarian pembuatan sistem informasi ini dan juga mempermudah memperbaharui data atau biaya yang ada di database. Data yang ada di database meliputi data barang atau bahan, spesifikasi, serta harga yang tercantum. Database dibuat berbasis excel karena kemudahan dalam pencarian dan juga dapat di *link* ke excel lainnya.

2.5.3 Analisis Data dan Perhitungan Analisis per Parameter

Data yang telah diperoleh dan telah dibuat database, kemudian dilakukan pembuatan *sheet* untuk melakukan order barang atau bahan, sehingga order barang atau bahan tersebut tercantum dan terhitung dalam pengeluaran pada bulan tersebut,

2.6 Pengamatan Hasil

Melakukan pengamatan terhadap alat tugas akhir selama periode bulan dengan mengambil data perbandingan waktu pembersihan dengan *purging* menggunakan sistem ini terhadap pembersihan manual menggunakan man power.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kebutuhan Konsumen

Dalam melakukan pembelian barang ataupun bahan yang diperlukan untuk analisis sampel yang ada di laboratorium AFR memerlukan biaya. Dimana biaya yang dikeluarkan merupakan budget yang ada di laboratorium AFR. Budget ini disesuaikan terhadap kebutuhan laboratorium AFR. Dalam pelaksanaannya, team leader melakukan analisa kebutuhan laboratorium (membuat *forecast*) per tiga bulan untuk membeli barang ataupun bahan sesuai kebutuhan. Terkecuali, ada saat dimana laboratorium memerlukan pemesanan barang atau bahan untuk keperluan analisis secara mendadak yang disebabkan oleh pemakaian bahan yang berlebih atau adanya *breakdown* alat. Kondisi tersebut mengakibatkan pengendalian biaya pada laboratorium AFR menjadi tidak terkendali.

Laboratorium AFR juga tidak memiliki pengendalian biaya secara operasional yaitu biaya yang dikeluarkan oleh analisa sampel yang dilakukan di laboratorium. Karena adanya sampel selain sampel rutin

yang harus dikerjakan di laboratorium *AFR* seperti sampel prospecting, incoming dan juga sampel project, sehingga pengontrolan biaya yang dilakukan secara operasional tidak dapat terlapor secara teratur.

Dengan masalah dan kondisi yang terjadi pada laboratorium *AFR*, maka diperlukan sistem informasi sebagai solusi masalah tersebut. Dengan adanya sistem informasi ini, pengendalian biaya dapat dimonitoring dalam pelaksanaannya. Selain hal tersebut, dengan memperhitungkan biaya yang terjadi dalam analisis sampel di laboratorium *AFR* agar dapat memperhitungkan pengeluaran biaya secara operasional. Dalam hal tersebut, biaya operational tersebut dapat dilaporkan secara aktual dan terbuka terhadap laporan ke departemen lain.

3.2 Pembuatan Sistem Informasi

3.2.1 Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaannya, penulis memerlukan data untuk menyelesaikan penelitian ini. Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa daftar barang dan bahan yang ada di laboratorium *AFR*, Alat-alat dan bagian dari alat yang ada di laboratorium *AFR*, kontrak *service* dan jadwal *service* dari setiap alat, serta daftar harga alat dan bahan yang ada di laboratorium *AFR*.

Pengumpulan data ini diperoleh dari berbagai sumber, untuk mengumpulkan data tentang daftar barang dan bahan, penulis melakukan pengumpulan data dan barang melalui observasi langsung di laboratorium *AFR* dan juga mengambil data dari database Inventory *AFR*.



Gambar 2. Inventory database Laboratorium AFR

Gambar 2 merupakan tampilan dari database inventory laboratorium *AFR*, tetapi tidak semua barang atau bahan terdapat dalam database tersebut, oleh karena itu dilakukan juga observasi langsung di laboratorium *AFR* untuk dapat mengumpulkan semua data yang diperlukan pada penelitian ini.

Pengumpulan data secara observasi juga dilakukan dengan kontrol langsung di laboratorium dan juga dengan pengumpulan data dari *manual book* masing-masing alat. Pengumpulan data melalui manual dimaksudkan untuk mencari bagian-bagian alat yang ada di laboratorium seperti alat *Inductively Couple Plasma (ICP)*, *Bomb Calorimeter*, *Karl Fischer*, *Spectrofotometer*, dan lainnya.

3.2.2 Pembuatan Database

Setelah dilakukan observasi dan pengumpulan data pendukung, maka dapat diperoleh data awal yang kemudian disusun dalam bentuk database. Database tersebut dipergunakan sebagai acuan untuk penyusunan sistem informasi mengenai biaya pengeluaran secara *real time*. Database dibuat dalam format Ms. Excell, yang mana database tersebut terdiri dari No. Kode Barang, Nama Barang, Equipment, Merk, Harga, dan beberapa identifikasi lainnya.

Database yang dibuat adalah pembaharuan dari Database Inventory AFR yang sebelumnya, dikarenakan adanya penambahan kolom harga dan data yang disajikan dibuat secara *real time*. Database dibuat dalam format ms. Excell disebabkan kemudahan dalam proses input dan edit data yang terkumpul di dalamnya, selain itu dapat dengan mudah di modifikasi jika sewaktu saat terdapat komponen database yang harus diubah.

Tabel 1. Tampilan database yang dibuat

No	Nama Barang	Kategori	Status	Harga	Unit	Stok	Warna	Material	Spesifikasi	Detail	Unit	Price
03	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
04	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
05	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
06	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
07	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
08	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
09	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
10	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
11	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
12	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
13	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
14	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
15	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
16	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
17	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
18	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
19	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
20	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
21	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
22	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
23	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
24	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
25	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
26	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
27	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
28	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
29	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
30	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
31	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
32	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
33	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
34	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
35	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
36	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
37	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
38	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
39	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
40	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
41	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
42	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
43	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
44	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
45	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
46	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
47	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
48	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
49	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
50	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
51	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
52	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
53	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
54	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
55	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
56	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
57	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
58	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
59	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						
60	Wol 1/2	Mesin jahit	Ada	100	kg	100						

3.2.3 Pelaksanaan Pembuatan Sistem Informasi

Dari data yang telah terkumpul dan telah dijadikan database untuk memudahkan input dan edit data secara real time, kemudian dibuat sheet untuk order atau pengeluaran barang atau bahan. Sheet order tersebut dibuat berdasarkan order per bulan. Data nama barang, merk, harga dan spesifikasi lainnya dapat otomatis terlihat jika kode barang diisi sesuai barangnya dengan menggunakan fungsi vlookup, sehingga saat membuat order barang hanya menuliskan nomor kode barang tersebut.

Tabel 2. Penggunaan fungsi vlookup

	A	B	C	D	M	Q	R
1	NomorKode	NamaBarang	NamaAlet	Merk		Price	Quantity
2	bc3ere	Reference electrode	TOX	Mitsubishi chemical	Utama	5671000	1
3							
4							
5							

Tabel 2 menunjukkan penggunaan fungsi vlookup yang bertujuan untuk mempermudah memasukkan data yang ingin dilakukan pembelian.

Dari sistem informasi yang dibuat dimaksudkan untuk setiap pengeluaran biaya yang terjadi dapat ter record dengan baik, yang dimaksudkan ketika pengeluaran biaya yang direncanakan pada bulan tersebut akan tetapi barang atau bahan datang dibulan berikutnya sehingga pengeluaran biaya yang terjadi tidak pada bulan yang direncanakan. Digunakan fungsi logika "if" untuk tujuan tersebut berhasil dengan baik.

Tabel 3. Tampilan penggunaan fungsi logika "if"



Dari hasil pemesanan barang dan barang yang telah diterima pada waktunya dapat terlihat pergerakan biaya yang terjadi. Oleh karena itu, biaya yang direncanakan pada pengeluaran tiap bulannya dapat di monitoring dan juga dicontrol agar pengeluaran biaya yang terjadi seimbang tiap bulannya dan tidak melebihi budget yang telah ditentukan.

Tabel 4. Pergerakan pengeluaran biaya

PERGERAKAN COST	
Januari	Rp820.000
Februari	Rp1.467.000
Maret	Rp1.916.000
April	Rp1.600.000
Mei	Rp0.000.000
Juni	Rp0
Juli	Rp0
Agustus	Rp0
September	Rp0
Oktober	Rp0
November	Rp0
Desember	Rp0

Dilihat dari tabel 4 merupakan pergerakan biaya pengeluaran dari laboratorium AFR dapat dimonitor agar tujuan pengontrolan biaya dapat terpenuhi.

3.2.4 Perhitungan Harga Biaya Analisa per parameter

Dari pembuatan sistem informasi, pembuatan database juga berguna untuk menentukan harga analisa per parameter dengan melihat harga dari masing-masing harga pereaksi, alat, dan hal yang berhubungan untuk perhitungan biaya analisis. Analisis yang dihitung untuk mendapatkan harga pokok yaitu analisis logam dengan menggunakan ICP, analisa *Biological Oxygen Demand* (BOD), analisa *Chemical Oxygen Demand* (COD), analisis kadar sulfat, analisis kadar chloride, analisis *Gross Calorific Value* (GCV), analisa *Toxicity Characteristic Leaching Prosedure* (TCLP), analisa kadar *total organic halogen* (sulfur dan chloride) dengan alat TOX-100, analisis kadar abu, analisa kadar air dengan oven dan Karl Fischer, dan analisis viscositas.

Dengan menggunakan sistem *Job Order Costing* pada perhitungan harga analisa maka dapat diketahui harga analisis dari masing-masing parameter^[4].

Salah satu contoh perhitungan harga pokok per analisis yaitu perhitungan harga untuk analisis logam dengan ICP dengan metode *Alternative Fuel* (AF)

Biaya bahan baku:

Tabel 5. Biaya Bahan Baku

Bahan baku	Harga (Rp)	Kuantitas (mL)	Pemakaian (mL)	Biaya bahan baku (Rp)
HNO ₃	687.000	2.500	20	5.496
H ₂ O ₂	1.105.000	1.000	5	5.525
Jumlah Biaya Bahan Baku				11.021

Biaya Tenaga Kerja Langsung:

Tabel 6. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Bagian	Upah per bulan (Rp)	Kebutuhan (jam)	Biaya per parameter (Rp)
Tenaga Tetap	8.000.000	4	44.444

Biaya Bahan Penolong:

Tabel 7. Biaya Bahan Penolong

Jenis Bahan	Harga per unit (Rp)	Masa Pakai (hari)	Pemakaian (jam)	Harga per parameter (Rp)
Argon	2.650.000	30	2	7.361
Nitrogen	80.000	6	2	1.111
Jumlah biaya bahan penolong				8.472

Biaya Listrik:

Tabel 8. Biaya Listrik

Alat	Daya (kW)	Pemakaian (jam)	Biaya Listrik (Rp)
ICP	5,1	2	10.472
Microwave	3,3	2	6.776
Komputer	0,45	2	924
Destillator	6	0,1	616
Lytron ICP	1,5	2	3080
Jumlah Biaya Listrik			21.867

Biaya Overhead:

Tabel 9. Biaya Overhead

Keterangan	Biaya Overhead (Rp)
Depresiasi ICP	11.547
Depresiasi Microwave	4.815
Depresiasi Komputer	185
Depresiasi Vessel Microwave	719
Depresiasi Timbangan	15
Depresiasi Destillator	14
Pemeliharaan ICP	10.208
Pemeliharaan Microwave	3.935
Standard	487
Jumlah Biaya overhead	31.952

Jadi, harga pokok untuk analisis logam menggunakan ICP dengan metode AF yaitu:
 $Rp11.021 + Rp44.444 + Rp8.472 + Rp21.867 + Rp 31.952 = Rp117.756$

4. SIMPULAN

Berdasarkan pembuatan sistem informasi *Cost Analysis* dapat diketahui telah terjadi peningkatan rata-rata akurasi 17.07% dalam pelaporan yang terperiode. Kemudian dari database dan sistem informasi yang dibuat dapat diperhitungkan biaya analisis per parameter yang ada laboratorium, sehingga pengeluaran biaya yang dilakukan pada laboratorium *AFR* dapat termonitoring dan juga terkontrol. Adapun biaya analisis per parameter lainnya yaitu: Finger Print: Rp90.134; GCV:Rp16.199; ICP *AF Methode*:Rp117.756; ICP *AR Methode*: Rp114.627; Viscosity:Rp5.696; *Moisture(Oven)*:Rp28.345; *Moisture(Karl Fischer)*: Rp17.380; Ash: Rp16.655; COD: Rp50.710; BOD: Rp218.763; Total Sulfur(spectro): Rp22.633; Total chloride(Titrasi): Rp22.450; Total Sulfur(TOX): Rp31.311; Total Chloride(TOX): Rp30.563; TCLP: Rp228.649

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Yayan Susanto, Bapak Tri Widjatmaka, Bu Siti Nurhayati dan Tim *Alternative Fuel and Resources Laboratory* Kang Ari Aripin, Kang Agus Setiawan, Kang Irpan Effendi, Pak Deni Mulyawan, Kang Sugeng Adi, Pak Dadan, Pak Andik, dan Kang Moch. Abas Riyadi yang telah memberikan support.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI.(2008).Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi. Jakara:BSN.
- [2] Yunita, Nurani. (2015). Optimalisasi *Cost Center Analysis* Berbasis VBA. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- [3] Rusmiati, Rusi. Pengaruh Keterlibatan Pemakai, Kapabilitas Personal Sistem Informasi, Ukuran Organisasi Dan Formalisasi Pengembangan Sistem Informasi Terhadap Kepuasan Pemakai Sistem Informasi Akuntansi. Bandung: Universitas Pasundan.2012.
- [4] Brajawidagda, Uuf. ”*Data Mining untuk Estimasi Biaya Produksi pada Industri Kecil dengan Sistem Produksi Job Order*”. Batam:Politeknik Negeri Batam.

RANCANG BANGUN *ELECTRICAL WIRING* PADA *PULSE CONTROLLER BAG FILTER 432-BF1* SESUAI *HOLCIM STANDARD DESIGN CRITERIA*

Triyan Afriantoro¹, P.Jannus²

¹Triyan Afriantoro, Jalan Salya RT 06/04 Gumilir, Cilacap Utara , 085877483475,
triyanafriantoro.holcim@gmail.com

²Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
jannusmarp@gmail.com

Abstrak

Bag filter adalah equipment yang berfungsi sebagai penyaring debu halus agar tidak terjadi peningkatan emisi debu yang berpotensi mencemari udara dan mengganggu proses produksi. Kasus bag filter 432-BF1 adalah tidak standarnya pulse controller dimana electrical wiring tidak sesuai Holcim Standard Design Criteria . Efek dari kondisi tersebut adalah , proses maintenance pulse controller yang sulit dan bisa menyebabkan pulse sequence tidak standard karena jumlah output terminal ke solenoid valve kurang serta bisa mengakibatkan nilai differential pressure 150 mmH₂O . Maka dengan demikian diadakan suatu rancang bangun yang bertujuan untuk men-standardkan pulse controller pada bag filter 432-BF1 dan mencegah terjadinya kerusakan unplanned .

Metoda yang akan dilakukan yaitu dengan melakukan rancang ulang dan upgrade sisi kelistrikan . Rancang ulang electrical wiring pulse controller pada bag filter harus sesuai Holcim Standard Design Criteria . Upgrade yang dilakukan dengan menambah suatu alat pada pulse controller yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja tanpa menghilangkan fungsi aslinya. Pada pulse controller sebelumnya menggunakan 2 buah timer board modul master yang kurang efektif karena hanya memiliki 20 valve output terminal sedangkan pada bag filter memiliki 22 input solenoid. Pada modifikasi ini akan di tambahkan slave timer board supaya jumlah valve output terminal sesuai kebutuhan .

Hasil dari rancang ulang dan upgrade pulse controller bag filter 432-BF1, electrical wiring diagram pulse controller yang baru , elctrical wiring pulse controller yang sesuai standard dengan bereferensi pada Holcim Standard Design Criteria, serta jumlah valve output terminal sudah sesuai kebutuhan dengan menggunakan 1 buah timer board module master dan 2 buah timer board module slave.Diharapkan pulse sequence sesuai standard dan nilai differential pressure 150 mmH₂O. Hasil tugas akhir tersebut langsung dapat diimplementasikan dan diharapkan dapat meningkatkan performa equipment serta mempermudah proses maintenance .

Kata kunci : Bag filter , pulse controller ,timer board .

Abstract

Bag filters are equipment that serves as a fine dust filter in order to avoid an increase in dust emissions that have the potential to pollute the air and disrupt the production process. Bag case filter 432-BF1 is not the standard pulse controller where electrical wiring does not match Holcim Standard Design Criteria. The effect of this condition is that the pulse controller maintenance process is difficult and can cause pulse sequences not standard because the number of terminal output to the solenoid valve is less and can result in differential pressure value 150 mmH₂O. Thus, a design was developed which aims to standardize the pulse controller in the bag filter 432-BF1 and prevent the occurrence of unplanned damage.

The method that will be done is by redesigning and upgrading the electrical side. The redesign of the electrical wiring pulse controller in the bag filter must conform to Holcim Standard Design Criteria. Upgrades are done by adding a tool to the pulse controller that aims to improve performance without eliminating the original function. In the previous pulse controller use 2 master timer board module less effective because it only has 20 valve output terminal while the bag filter has 22 input solenoid. In this modification will be added slave timer board so that the number of valve output terminal as needed.

The result of the redesigned and upgraded pulse controller bag filters 432-BF1, new electrical wiring diagram pulse controller, standard elctrical wiring pulse controller with reference to the Holcim Standard Design Criteria, and the number of valve output terminals are required by 1 timer board Master module and 2 timer board module slave. Expected pulse sequence according to standard and differential pressure value 150 mmH₂O. The results of the final task can be implemented immediately and is expected to improve equipment performance and simplify the maintenance process.

Keywords: Bag filter , pulse controller ,timer board

1. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Di Indonesia terdapat banyak perusahaan industri-industri modern. Salah satunya adalah perusahaan industri semen. Industri Semen di Indonesia dibidang cukup menjajikan, 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 kebutuhan pasar. Oleh karena itu bahan baku merupakan salah satu hal penting dalam pembuatan semen.

Terdapat 4 bahan baku utama yang digunakan di PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap antara lain:

- Batu kapur (*limestone*) dengan proporsi $\pm 70\%$ yang ditambang dari daerah Sodong, Pulau Nusakambangan.^[1]
- Tanah liat (*clay*) dengan proporsi $\pm 10\%$ diperoleh dari penambangan Jeruk Legi, Cilacap – Jawa Tengah.^[1]
- Pasir silika (*silica sand*) dengan proporsi $\pm 7\%$ didapat dari daerah Jatirogo, Jawa Timur.^[1]
- Pasir besi (*iron sand*) dengan proporsi $\pm 2\%$ diperoleh dari daerah Adipala, Cilacap – Jawa Tengah.^[1]

Proses pembuatan semen di pabrik ini menggunakan proses kering (*dry process*). Proses pembuatan semen tersebut memiliki kekurangan yaitu salah satunya menimbulkan banyak debu dalam proses pembuatannya. Maka dibutuhkan equipment *Dust Collector* untuk mengurangi emisi debu yang ditimbulkan selama proses produksi. Di Holcim Cilacap Plant ada dua jenis *Dust Collector*, yaitu *Electrostatic Precipitator* dan *Bag Filter*. Kedua equipment tersebut fungsinya sama tetapi bagian-bagian dan prinsip kerjanya berbeda.^[1]

Bag filter (BF) adalah suatu *equipment* 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 *equipment* yang diberlakukan sistem tersebut.^[2]

Dalam riwayat *equipment* tersebut, sistem *bag filter* telah mengalami beberapa modifikasi dari sisi *mechanical* maupun dari sisi *electrical*. Sebelumnya *pulse controller* pernah dimodifikasi. Namun modifikasi tersebut kurang difasilitasi dengan kelengkapan *electrical wiring diagram* yang *standard* (tidak mengacu pada *Holcim Standard Design Criteria*) dan kurangnya waktu dalam proses modifikasi. Pada modifikasi tersebut selain *electrical wiring pulse controller* tidak *standard*, juga mengakibatkan berkurangnya kerja komponen *bag filter*.

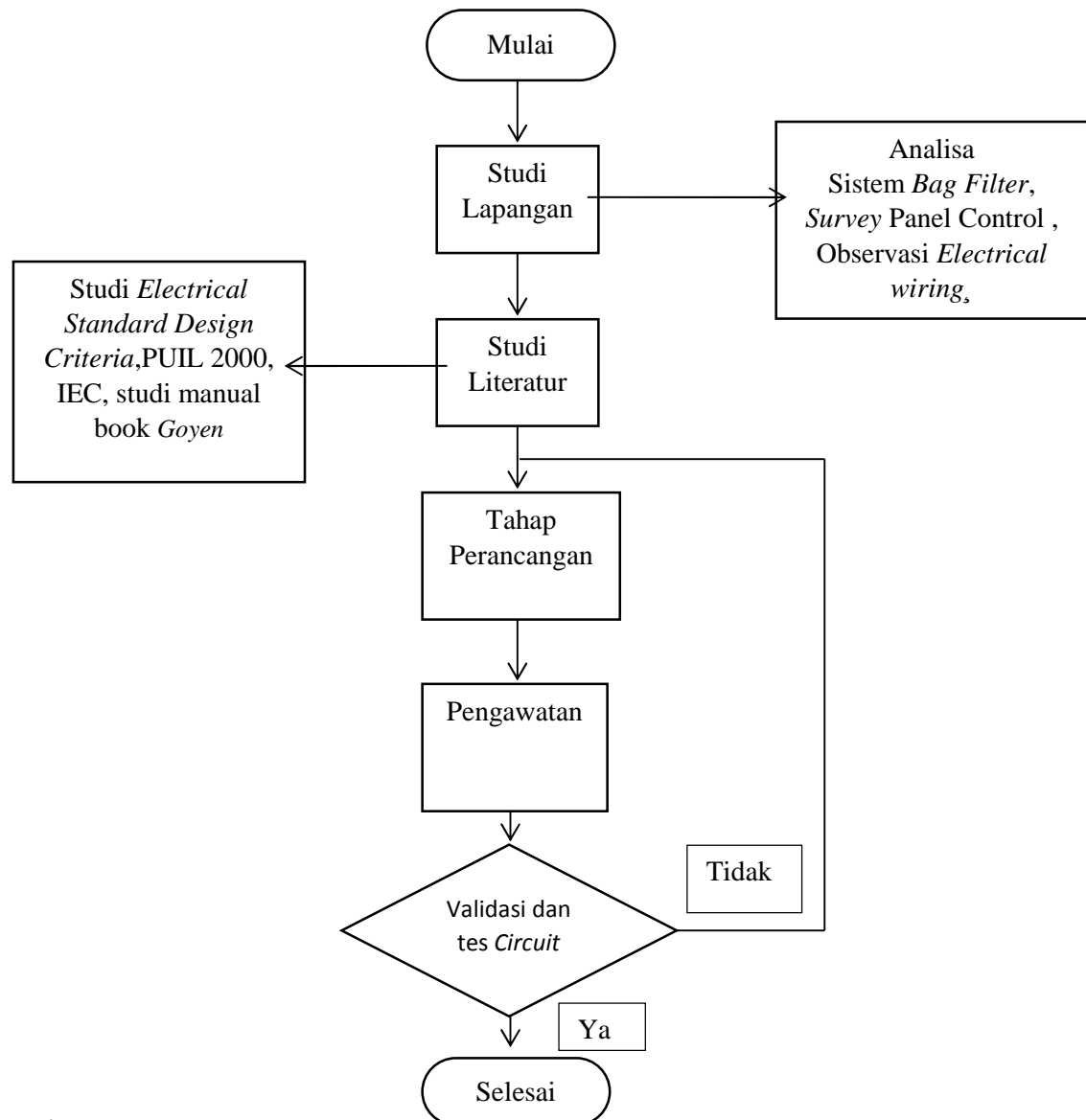
Pulse controller dikatakan tidak *standard* dikarenakan dalam tahap perancangan tidak mengikuti aturan yang sesuai, terkesan asal-asalan karena waktu modifikasi terbatas. *Pulse controller* saat ini hanya bisa mensuplai arus untuk 20 buah *solenoid*, sedangkan pada *bag filter* ini memiliki 22 buah *solenoid*. Pada saat ini 2 buah *solenoid* yang tersisa di hubung *parallel*. Hal tersebut bisa mengakibatkan rusaknya *goyen timer board master* pada *pulse controller* dan *pulse sequence* tidak sesuai seperti sebelumnya. Rusaknya *goyen timer board master* bisa merugikan perusahaan karena harganya yang cukup mahal. Dan *pulse sequence* yang tidak sesuai disebabkan oleh *solenoid* yang di hubungkan secara *parallel*, mengakibatkan efek domino, yaitu ada beberapa chamber yang *purgings* secara bersama kemudian mengakibatkan tekanan udara pada *reservoir* untuk membersihkan *filter bag* menjadi berkurang. Hal tersebut mempengaruhi sistem *purgings* untuk *filter bag* berikutnya dan mengakibatkan penyumbatan yang ditandai dengan *differential pressure* yang sering tinggi dan banyaknya jumlah partikel debu yang terbuang ke udara melebihi ambang batas maksimal.

Efek dari kondisi tersebut bisa menimbulkan banyak masalah salah satunya *electrical technician* kesulitan dalam proses *maintenance* dan bisa mengakibatkan *breakdown*.

Tujuan pembuatan tugas akhir ini untuk merancang dan membangun *electrical wiring pulse controller bag filter 432-BF1* sesuai *Holcim standard design criteria*.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan digambarkan dengan diagram alir dibawah ini :



2.1 Observasi Lapangan

2.2

Gambar. 1 Flow chart metode penyelesaian tugas akhir.

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap *pulse controller bag filter 432-BF1*, proses *pulse jet cleaning*, kondisi *pulse controller bag filter*, serta wawancara terkait komponen yang akan ditambahkan.

2.3 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*. Namun dalam makalah ini, literatur lebih mengacu pada literatur yang memuat konten standardisasi dalam bidang kelistrikan yang dianut oleh Holcim Indonesia, antara lain *standard design criteria*, PUIL2000, dan sebagian IEC (*International Electrotechnical Commissions*).

2.4 Metode Diskusi

Mengadakan pertemuan atau forum diskusi untuk mengumpulkan ide-ide dari banyak subyek untuk menemukan cara yang paling tepat untuk menyelesaikan sebuah masalah. Forum diskusi dilakukan biasa dengan supervisor lapangan bagian elektrik, patrol produksi *kiln area*.

2.5 Tahap Perancangan

Tahap perancangan dilakukan setelah observasi lapangan, studi literatur, dan diskusi bersama berbagai pihak. Pada tahap ini dilakukan perancangan *upgrade diagram pengawatan*.

2.6 Pengawatan

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

2.7 Validasi dan tes sirkuit

Tahap ini dilakukan setelah hasil perancangan *upgrade diagram pengawatan* dicek dan disetujui oleh *automation and instrumentation engineer*. Validasi adalah kegiatan pengecekan system *hardwire* dari *diagram pengawatan* yang sudah diperbarui. Sedangkan tes circuit ini dilakukan setelah kegiatan *wiring* selesai dan diawasi oleh *automation and instrumentation engineer, team leader area*, dan operator area.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Mengidentifikasi masalah pada pulse controller bag filter 432-BF1.

Masalah utama yang ada pada *pulse controller bag filter 432-BF1* saat ini yaitu kurang standardnya *electrical wiring* yang ada saat ini. Adapun masalah lain yang ditimbulkan karena kurang standardnya *electrical wiring* adalah :

1. Proses maintenance sulit.

Kurang standardnya *electrical wiring pulse controller* ditandainya dengan *wiring* yang kurang rapi dan kurang *safety* serta tidak dilengkapi dengan *wiring diagram* menyebabkan proses maintenance menjadi sulit dan bisa merusak komponen elektrik lainnya.

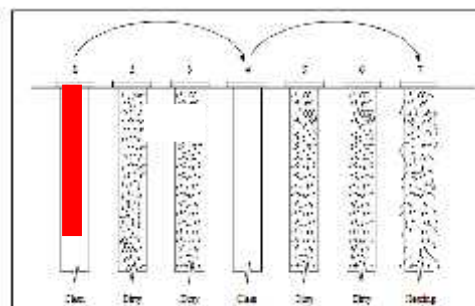
Gambar.1 Pulse controller tidak standard.

2. *Pulse sequence* menjadi tidak standard.



Pulse sequence merupakan urutan baris *bag* yang akan mengalami proses *cleaning*. *Pulse sequence* berperan penting dalam mengurangi penempelan kembali material halus pada *filter bag* yang sudah mengalami proses *cleaning*.

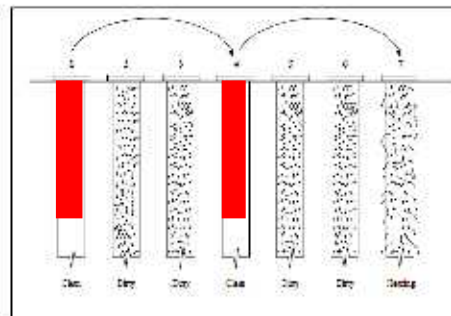
Pulse sequence yang standard yaitu proses *cleaning* pada setiap *bag* itu bekerja sendiri-sendiri sesuai dengan *pulse cycle*. Di bawah ini merupakan gambar *pulse sequence* yang standard.



Gambar 1 *Pulse sequence* yang standard

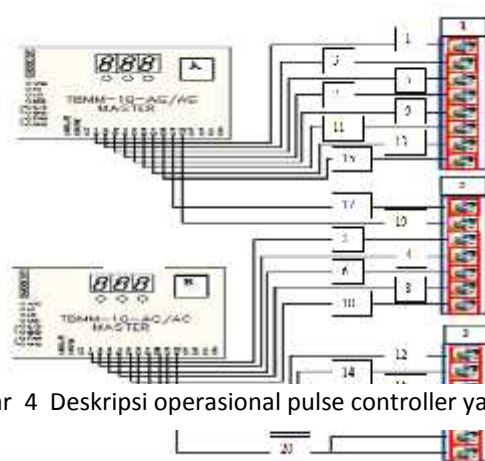
Sebagai contoh, pada *pulse sequence* yang standard , setiap *filter bag* dibersihkan sendiri-sendiri sesuai urutan seperti gambar diatas. Urutannya *chamber* nomor 1-4-7-2-5-3-6.

Dan gambar dibawah ini adalah *pulse sequence* yang tidak stadard.



Gambar 2 *Pulse sequence* yang tidak standard

Sedangkan *pulse sequence* saat ini tidak sesuai standard dikarenakan *pulse controller* yang tidak standard ditandai dengan kurang nya jumlah *valve output terminal*. Jumlah *valve output terminal* pada *pulse controller* saat ini hanya 20 *valve output terminal*, padahal jumlah *valve output terminal* yang dibutuhkan adalah 22 *valve output terminal*. Hal itu mengakibatkan beberapa *solenoid valve* harus dihubung *parallel* untuk bisa bekerja. Efek dari *solenoid valve* yang dihubung *parallel* adalah *pulse sequence* tidak sesuai standard.



Gambar 4 Deskripsi operasional *pulse controller* yang lama

3. Nilai *differential pressure* melebihi ambang batas.

Nilai *differential pressure* adalah salah satu parameter yang menunjukkan kinerja *bag filter*. *Bag filter* dikatakan beroperasi dengan normal jika nilai *differential pressure* $> 150 \text{ mmH}_2\text{O}$ dan debu yang dibuang ke lingkungan dibawah ambang batas standard.

Pada *bag filter 432-BF1* nilai *differential pressure* cenderung sering melebihi batas standard yang ada. Hal itu disebabkan karena tekanan pada compressed air header drop. Dropnya tekanan pada compressed air header terjadi ketika ada 2 atau lebih chamber filter bag yang di cleaning secara bersama.

Berikut beberapa data *differential pressure* dari pengoperasian *bag filter 432-BF1* dari Januari 2015 – Mei 2017 sebagai berikut :

Tabel. 1 Nilai *differential pressure* melebihi standard

No.	Waktu	Differential Pressure	No.	Waktu	Differential Pressure
-----	-------	-----------------------	-----	-------	-----------------------

		(mmH ₂ O)			(mmH ₂ O)
1	2-Juli-15	300	18	24-Oct-16	150
2	7-Juli-15	300	19	2-Des-16	200
3	16-Juli-15	170	20	8-Des-16	150
4	24-Juli-15	300	21	15-Des-16	160
5	28-Juli-15	180	22	20-Des-16	160
6	1-Sep-15	190	23	2-Jan-17	230
7	8-Sep-15	170	24	10-Jan-17	300
8	17-Sep-15	200	25	20-Jan-17	200
9	23-Sep-15	190	26	26-Jan-17	170
10	2-Mei-16	180	27	7-Apr-17	200
11	12-Mei-16	170	28	12-Apr-17	160
12	17-Mei-16	160	29	20-Apr-17	190
13	22-Mei-16	230	30	27-Apr-17	180
14	31-Mei-16	210	31	2-Mei-17	200
15	3-Oct-16	170	32	8-Mei-17	230
16	11-Oct-16	180	33	15-Mei-17	180
17	18-Oct-16	150	34	22-Mei-17	150



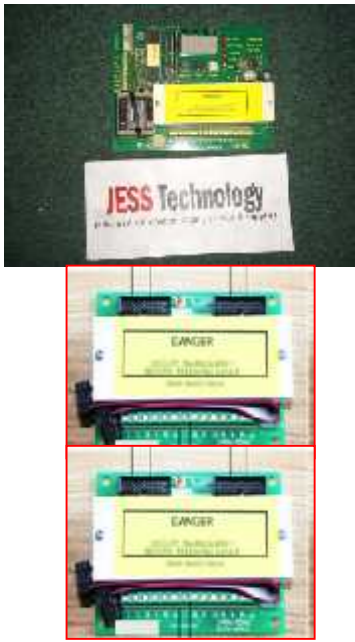
3.2 Perancangan Alat.

Pada tahap ini berisi tentang solusi, analisa kebutuhan,tabel kriteria dan perhitungan komponen

3.2.1 Solusi pilihan alat.

Ada 3 solusi yang bisa di pilih berdasar kebutuhan, kriteria , dan lain sebagainya. Berikut adalah komponen utama pada pulse controller yang bisa digunakan :

Tabe . 2 Pilihan solusi

Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
		

Tetap menggunakan 2 goyen timer board modul master	Menggunakan 1 goyen TBMM 24 AC/AC	Menggunakan 1 goyen TBMM 10 AC/AC dan 2 goyen TBMS 10 AC/AC
--	-----------------------------------	---

No	Kebutuhan	Kepentingan
1	Komponen utama pulse controller memiliki keamanan.	5
2	Komponen utama pulse controller bermutu awet.	4
3	Komponen utama pulse controller mudah di perbaiki.	5
4	Komponen utama pulse controller berharga murah atau terjangkau.	5
5	Komponen utama pulse controller tersedia.	4
6	Komponen utama pulse controller memiliki fungsi yang sesuai kebutuhan.	5

3.2.2 Analisa kebutuhan

Dari hasil analisa didapatkan kebutuhan yang dibutuhkan pada alat tersebut sebagai berikut :

Tabel. 3 Analisa kebutuhan

3.2.3 Kriteria Kebutuhan

Tabel. 4 Kriteria kebutuhan

No	Kriteria	Konsep		
		1	2	3
1	Mampu mensuplai arus ke solenoid valve secara seri	-	+	+
2	Penggantian atau perbaikan mudah dan aman	+	+	+
3	Efisiensi kerja	-	+	+
4	Perawatan	+	+	+
5	Konsumsi daya	+	+	+
6	Harga	-	-	+
7	Spare tersedia dengan mudah	+	-	+
Jumlah		1	3	7

Jadi dalam proses perancangan alat pada tugas akhir ini menggunakan konsep 3 yaitu menggunakan 1 goyen timer board master dan 2 goyen slave timer board.

3.2.4 Penentuan Komponen

- ⌋ Goyen Timer board master = TBMM-10-AC/AC.
- ⌋ Goyen timer board slave = TBMS-10-AC/AC.
- ⌋ Goyen solenoid valve = RCA3D2 with QT2 coil.
- ⌋ Electromagnetic relay = relay 240 VAC.
- ⌋ Luas penampang dan jenis penghantar = NYAF 0,5 mm².
- ⌋ Kapasitas MCB = 2 ampere.
- ⌋ Sepatu kabel = Jenis stick PKE 508.
- ⌋ Terminal block = MA 2,5/5.
- ⌋ Wire duct ukuran = 35 mm × 35 mm.

3.3 Hasil

3.3.1 Electrical wiring pulse controller sesuai standard.

Pada *electrical wiring pulse controller* yang baru sudah di sesuaikan dengan *Holcim Standard Design*

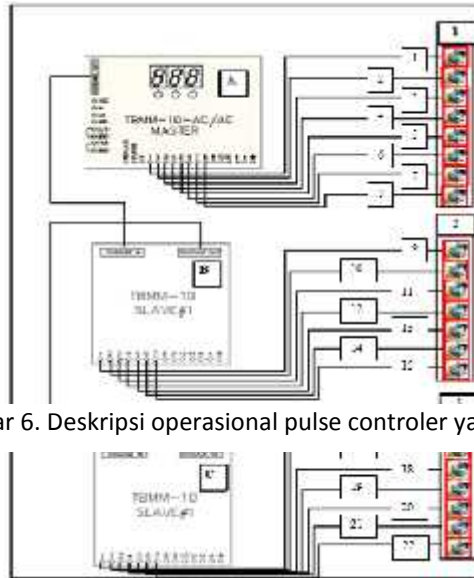


Criteria. Proses standardisasi wiring pulse controller meliputi perancangan sesuai standard dan perhitungan komponen yang sesuai kebutuhan.

3.3.2 Kerja solenoid valve seri supaya tidak mempengaruhi proses *pulse sequence bag filter*.

Pada *pulse controller* yang baru *valve output terminal* berjumlah 30 buah, tetapi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan hanya 22 buah *valve output terminal*. Dalam arti kerja *solenoid valve* sudah tidak ada yang aktif secara bersama lagi (secara *parallel*) karena jumlah *valve output terminal* sudah sesuai kebutuhan dengan menggunakan 1 buah *goyen master timer board* dan 2 buah *goyen slave timer board*.

Dibawah ini adalah gambar deskripsi kerja *pulse controller* yang baru.



Jadi,

Gambar 6. Deskripsi operasional pulse controller yang baru

1 buah *goyen board* dan 2 buah *goyen slave* proses maintenance rusak dan menghilangkan efek rusaknya *driver master timer*, secara bersamaan sehingga menyebabkan *pressure air drop* pada *compressed air header*.

Deskripsi operasional *pulse controller* yang baru.

Ketika panel man menekan tombol *start* dari *CCR* maka *relay* aktif, maka kontak *normally open* pada *relay* akan terhubung (*close*) sehingga arus dapat mengalir ke *timer board modul master A*, *slave timer B* dan *C*. *Master timer A* mengaktifkan *solenoid valve* (nomor 1 – 8) satu per-satu sesuai *setting-an*, dan setelah itu *slave timer B* aktif karena perintah dari *master timer A* dan mengaktifkan *solenoid valve* (nomor 9 – 15) satu persatu sesuai dengan *setting-an*, kemudian setelah itu *slave timer C* aktif karena perintah dari *master timer A* dan mengaktifkan *solenoid valve* (nomor 16 – 22) satu persatu sesuai dengan *setting-an*.^[7]

3.4 Perbandingan *pulse controller* yang lama dan *pulse controller* yang baru

a. Perbandingan instalasi dan penggunaan *TBMM (Timer board module master)*.

Pada *pulse controller* lama menggunakan 2 buah *goyen timer board master* dan instalasi *goyen* tersebut tidak sesuai dengan *Goyen Manual Book*, dan hanya bisa mensuplai arus untuk 20 buah *solenoid*, sedangkan pada *bag filter* ini memiliki 22 buah *solenoid*. Pada Saat ini 2 buah *solenoid* yang tersisa di hubung *parallel*. Hal tersebut bisa mengakibatkan rusaknya *goyen timer board master* pada *pulse controller* dan *pulse sequence* tidak sesuai seperti sebelumnya.

Pada *pulse controller* yang baru menggunakan 1 buah *goyen timer board master* dan 2 buah *goyen slave timer board* supaya jumlah *output terminal* sesuai dengan kebutuhan, serta instalasi *goyen* tersebut sesuai dengan *goyen manual book*.

b. Perbandingan pemasangan *timer board* pada *mounting plate*.

Pada *pulse controller* lama, *goyen timer board master* tidak terinstal dengan benar di *mounting plate panel box*, hanya dikat pada *wire duct* dengan menggunakan kabel ties. Hal tersebut sangat tidak *standard* karena apabila kabel ties putus maka *goyen timer board module master* bisa rusak karena *short* sirkit.

Sedangkan, pada *pulse controller* baru *goyen timer board master* terinstal dengan benar serta kencang di *mounting plate*.

c. Perbandingan penggunaan sepatu kabel.

Pada *pulse controller* lama, sepatu kabel yang digunakan tidak standard yaitu sepatu kabel tipe U yang salah satu ujungnya dipotong. Hal tersebut bisa mengakibatkan *short* atau *solenoid* bisa on bersamaan.

Pada *pulse controller* baru, sepatu kabel yang digunakan yaitu sepatu kabel tipe I atau tipe jari. Sepatu kabel jenis ini lebih aman digunakan pada terminal yang jaraknya terlalu dekat dengan terminal lainnya.

d. Perbandingan penggunaan *wire duct*.

Pada *pulse controller lama*, *wire duct* terlalu kecil dan tutupnya hilang yang mengakibatkan pengkabelan terlihat tidak rapih.

Pada *pulse controller* baru, *wire duct* dipilih berdasarkan dimensi panel dan rumah kabel sesuai kebutuhan.

e. Temuan bahaya.

Pada *pulse controller* lama, banyak kabel yang tidak dikonek serta masih terdapat arus listrik yang bisa membahayakan teknisi elektrik dan komponen. Hal tersebut terjadi karena *electrical wiring* tidak sesuai *wiring diagram*.

Pada *pulse controller* baru, *electrical wiring* sesuai dengan *wiring diagram* sehingga kabel dikoneksi sesuai kebutuhan

f. Perbandingan instalasi *grounding*

Pada *pulse controller* lama, tidak adanya *grounding* pada *electrical wiring*. Tidak adanya *grounding* bisa

mengakibatkan hal yang sangat fatal.

Gambar.6 Perbandingan penggunaan sepatu kabel.

Pulse controller lama tidak *standard* karena tidak ada *grounding* yang terpasang.

Pada *pulse controller* baru, sudah dilengkapi dengan *grounding*. *Electrical wiring pulse controller* menggunakan pembumian sistem IT (PUIL 2000 3.5.6).^[3]

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil tugas akhir rancang bangun *electrical wiring* pada *pulse controller bag filter 432-BF1* sesuai *Holcim Standard Design Criteria* didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancang bangun *electrical wiring* pada *pulse controller bag filter 432-BF1* sesuai *Holcim Standard Design Criteria* telah berhasil dilaksanakan, menghasilkan *elctrical wiring pulse controller* dan *wiring diagram* yang sesuai *standard* karena mengacu dalam aturan *PUIL 2000, IEC dan Holcim Standard Design Criteria*.
2. Rancang bangun *electrical wiring* pada *pulse controller bag filter 432-BF1* yang baru menggunakan 1 buah *timer board module master* (TBMM-10 AC/AC) dan 2 buah *timer board module slave* (TBMS-10 AC/AC) untuk memenuhi kebutuhan *output terminal*. *Electrical wiring* yang baru langsung dapat diimplementasikan dilapangan dan diharapkan dapat meningkatkan performa *equipment* serta mempermudah proses *maintenance*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, PT Holcim Indonesia Pabrik Cilacap, dan seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holcim Indonesia.” *Cement Manufacturing Process*”,2015,page 5-8.
- [2] De Luca, Arnaud, ‘Bag Filter’, Vol. 5, page 101-117, 2007.
- [3] Badan Standardisasi Nasional.2002.Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).Jakarta : Yayasan PUIL
- [4] Goyen, Operating Guide TBMM Sequential Timing Series,South Corp, page 2-10, 2000.
- [5] Goyen, Pilot Valves & NEMA Enclosures, South Corp, page 1-9, 2008.
- [6] R.Thomas and Kaminsky. J. C, Transport and Dust Collecting Manual, Holcim Group Support Ltd, , page 3-4, 2006.
- [7] P. Jatmiko, Training Basic PLC, page 15-18, 2015.
- [8] C. Heck, Magnetic Material and Their Application, Hungary: Buttherworth and Co, page 379, 1974.
- [9] Industry Air Sales Ltd, Goyen Dust Collector Valves & Cleaning System Component, Ontario, 2015 page 3-5.
- [10] Fuller. “Dust Collector Manual” ,1996, page 17-18.

PERANCANGAN SISTEM PELUMASAN OTOMATIS DI AREA CRUSHER QUARRY PT.HOLCIM INDONESIA Tbk PABRIK TUBAN

Ken Bima Prawira A.¹, R. Grenny Sudarmawan², Awang Darmawan³

¹ Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia, Telp: (62-21) 7863530,
Fax: (62-21) 7863530, kenbima.holcim@gmail.com

² Politeknik Negeri Jakarta

³ PT. Holcim Indonesia Tbk.

Abstrak

Pelumasan adalah upaya pemeliharaan yang sangat penting dilakukan untuk menjaga kinerja mesin selalu dalam kondisi terbaik. Di area Crusher Quarry PT. Holcim Indonesia Tbk., pelumasan semi padat masih dilakukan dengan metode manual yang mana masih mempunyai kekurangan karena dilakukan dengan tenaga manusia. Diperlukan adanya investasi berupa sistem pelumasan otomatis untuk meminimalkan kerugian akibat pelumasan secara manual. Perancangan dilakukan dengan observasi lapangan dan studi buku manual untuk mengetahui kebutuhan jumlah titik pelumasan. Dari data yang ada dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data interval pelumasan dan kuantitas pelumasan. Data interval pelumasan dan kuantitas pelumasan yang bervariasi pada setiap titik pelumasan sehingga dilakukan pemetaan dan perancangan diagram kerja auto grease. Grease Pump 1 melayani Crusher Limestone (211-RC1) dan Crusher Clay (221-RC1) dengan total 32 titik, grease Pump 2 melayani Crusher Premix (211-RC2) dengan total 24 titik. Dari pemasangan sistem pelumasan otomatis ini dihasilkan jumlah penurunan biaya pelumasan, penurunan faktor kecelakaan, dan kemudahan pemantauan sistem pelumasan.

Kata Kunci : pelumasan, bearing, crusher quarry, pelumasan otomatis.

Abstract

Lubrication is a very important effort undertaken to keep performance of equipment always in the best condition. In the Crusher Quarry area of PT. Holcim Indonesia Tbk., semi-solid lubrication is still being done by manual method which still has deficiencies because it is done with human power. Required investment in the form of automatic lubrication system to decrease losses due to manual lubrication. The design is done by field observation and manual study to determine amount point of lubrication. From the data there is done calculation for lubrication interval and lubrication quantity. Variable lubrication data and lubrication interval data at each lubrication point due to the mapping and design of the auto grease working diagram. Grease Pump 1 serves Limestone Crusher (211-RC1) and Crusher Clay (221-RC1) for a total of 32 points, grease Pump 2 serving Crusher Premix (211-RC2) for a total of 24 points. From the installation of automatic lubrication system result in decreased lubrication costs, decreased of accident factors, and ease to control and monitoring lubrication system.

Keywords: lubrication, bearing, crusher quarry, automatic lubrication system.

1. PENDAHULUAN

Crusher adalah *equipment* di area tambang yang berfungsi mereduksi ukuran *raw material* (limestone & clay) untuk di rubah ke ukuran yang lebih kecil. Di area Crusher Quarry PT. Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Tuban, pelumasan semi padat masih dilakukan dengan pelumasan manual menggunakan tenaga manusia. Karena jarak dan lokasi crusher yang jauh dari area pabrik, metode pelumasan manual kurang sesuai diterapkan di area tersebut. Dikarenakan kegiatan perawatan dan pelumasan yang lebih susah dibandingkan dengan pelaksanaan di area pabrik.

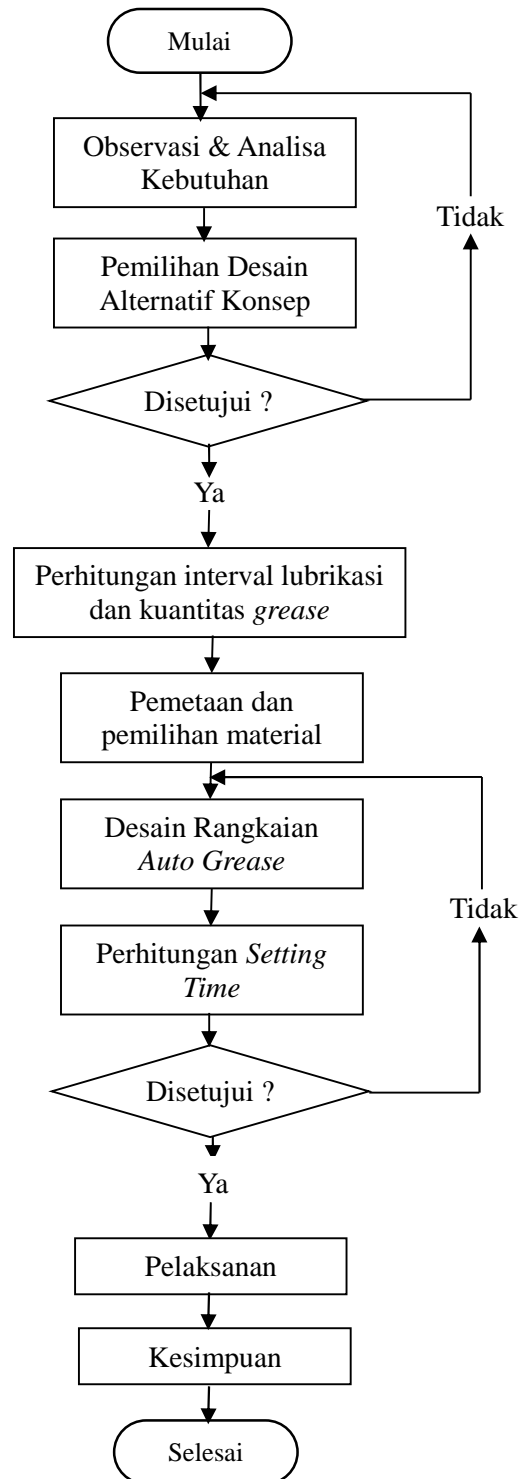
Pelumasan secara manual mempunyai beberapa kerugian diantaranya kebutuhan tenaga kerja untuk pelumasan manual, keselamatan pekerja karena pelumasan manual dilakukan saat operasi, riskan terhadap kontaminasi pada grease, pemeliharaan dan pelumasan yang kurang optimal karena dilakukan seminggu sekali berdasarkan jadwal *maintenance* di area crusher, dan meningkatnya biaya untuk tenaga kerja dan transportasi. Biaya yang dikeluarkan untuk pekerjaan pelumasan satu hari dalam seminggu dalam jangka waktu satu tahun adalah Rp. 31.387.387,00, terbilang Tiga puluh satu juta tiga ratus delapan puluh tujuh ribu tiga ratus delapan puluh tujuh rupiah. Biaya ini merupakan biaya tenaga kerja karyawan, kontraktor dan bahan bakar transportasi. Oleh sebab itu

diperlukan investasi sistem pelumasan di area *crusher* untuk meminimalkan kerugian karena proses pelumasan secara manual.

Merancang sebuah sistem *auto grease* untuk seluruh *equipment* di area *crusher* yang membutuhkan pelumasan secara berkala. Sehingga dapat meminimalkan biaya yang dikeluarkan dari sistem pelumasan secara manual.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan, digambarkan dengan diagram alir dibawah ini



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

Pada tahap ini dilakukan observasi lapangan tentang letak titik pelumasan, jumlah titik, *equipment* apa saja yang membutuhkan pelumasan secara berkala dalam interval lubrikasi yang

relatif pendek. Dilakukan juga studi buku manual untuk mengetahui jenis *grease* dan kuantitas pelumasan setiap titik serta diskusi dengan *supervisor* dan wawancara kepada pekerja *oil man* yang melakukan *regreasing* secara manual. Diskusi dengan *supervisor hydraulic & lubrication* untuk menentukan desain dan konsep sistem *auto grease* yang paling mungkin diterapkan di area *Crusher Quarry* dengan mempertimbangkan nilai kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif konsep. Dilakukan perhitungan interval lubrikasi dan kuantitas *grease* pada *bearing* yang memerlukan pelumasan secara berkala.

Survey lapangan dan diskusi dengan pembimbing lapangan untuk menentukan jumlah *grease pump* yang paling efektif untuk diterapkan di area *Crusher Quarry*. Pemilihan material dan alat berdasarkan pertimbangan kebutuhan pelumasan dan kemampuan alat. Dari perhitungan kuantitas *grease* dan interval lubrikasi tiap titik, dilakukan desain sistem dan skema gambar rangkaian kerja dari sistem *auto grease* yang akan diterapkan di area *Crusher Quarry*. Dari gambar, dapat di hitung durasi operasi dari *grease pump* setiap harinya.

3. HASIL & PEMBAHASAN

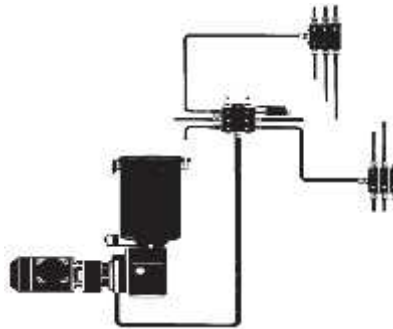
Berdasarkan observasi yang dilakukan di area *Crusher Quarry* terdapat beberapa *equipment* yang memerlukan pelumasan semi padat secara berkala. Dari data yang diperoleh, dipadukan dengan data dari buku *Polysius Stationary Crusher Lubrication* [8] terdapat 78 titik pelumasan dengan rincian sebagai berikut.

Table 1 Analisis Kebutuhan *Grease* di Area *Crusher Quarry*

HAC	Equipment	Detail Item	Polysius Standard Lubricants	Jumlah titik
211-RC1	<i>Limestone Crusher</i>	<i>Crushing roll bearing, Crushing roll bearing labyrints, Transmission bearing, Transmission bearing labyrints, Side rails, Taconite on gear shaft</i>	55	28
211-BC1	<i>Belt Conveyor</i>	<i>Taconite sealing – drive shaft, Pulley bearing drive</i>	55	6
221-RC1	<i>Clay Crusher</i>	<i>Crusher roll bearing, Crusher roll bearing labyrints</i>	55	8
211-RC2	<i>Crusher Premix</i>	<i>Crushing roll bearing, Crushing roll bearing labyrints, Transmission bearing, Transmission bearing labyrints, Side rails, Taconite on gear shaft</i>	55	28
291-BC1	<i>Belt Conveyor</i>	<i>Taconite gasket – drive shaft, Pulley bearing drive</i>	55	4
291-BC2	<i>Belt Conveyor</i>	<i>Pulley bearing drive, Snub pulley</i>	55	4
Total				78

Standar Pelumas Polysius no.55 berdasarkan *Polysius Lubricant Table* sama dengan *grease Shell Gadus S2 V2202*. Dari total 78 titik pelumasan pada 6 *equipment* yang ada di area *crusher*, dipilih 3 *equipment* yang akan dipasang sistem pelumasan otomatis dengan pertimbangan interval lubrikasi yang relatif pendek yaitu 211-RC1, 211-RC2, dan 221-RC1. Sedangkan *equipment* lain yang interval lubrikasinya lama, akan dilakukan pelumasan secara manual pada saat pengisian ulang *grease pump*.

Berdasarkan pertimbangan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing alternatif konsep, maka dipilih Konsep 3 yaitu *Single Line Progressive System* dengan menggunakan *distributor*. Merk yang di pilih adalah Bijur Delimon dengan pertimbangan kesamaan produk dengan yang ada di area *plant* sehingga memungkinkan kemudahan dalam pengadaan barang dan *sparepart*.



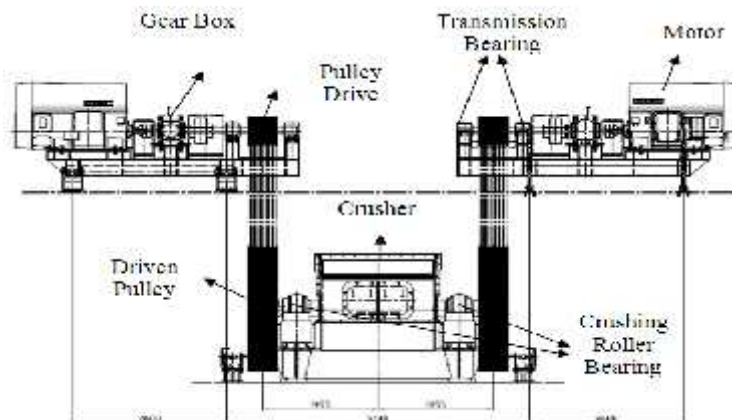
Gambar 2 Single Line Progressive System

Single line progressive menggunakan katup *metering* atau distributor. Katup terdiri dari piston yang bekerja bolak balik. Setiap piston tergantung pada aliran dari piston sebelumnya atau bekerja berurutan. Jika satu piston tidak bergerak maka piston selanjutnya tidak akan bergerak.

Operasi berawal ketika *timer* mengirim sinyal ke pompa untuk memulai. Pompa kemudian menyuplai pelumas ke jalur yang di hubungkan ke distributor utama, baik untuk jumlah terprogram waktu atau jumlah siklus yang dipantau melalui saklar siklus piston. Pelumas di umpangkan ke beberapa titik pelumasan secara berurutan melalui *progressive metering* sekunder yang di ukur untuk setiap seri pelumasan kemudian secara langsung di umpangkan melalui jalur umpan. [3]

Berdasarkan studi literatur *Polysius Stationary Crusher Lubrication* dan data *checklist* pelumasan yang dilakukan selama ini, ada 3 item yang belum ditentukan secara tepat interval lubrikasi dan kuantitas pelumasnya. Diantaranya adalah *Crusher Roll Bearing 211-RC1*, *Crusher Roll Bearing 211-RC2* dan *Transmission Bearing 211-RC1 & 211-RC2*.

3.1 Perhitungan Speed Factor



Gambar 3 Konfigurasi Komponen Penggerak Crusher

Interval Lubrikasi adalah jarak waktu pelumasan satu dengan waktu pelumasan berikutnya.

Gambar diatas adalah desain konfigurasi rangkaian komponen penggerak pada 211-RC1 dan 211-RC2. Konfigurasi pada ke dua *equipment* sama, hanya berbeda pada rasio pulleynya. Rpm *driven pulley* (n) dapat ditung dengan rumus sebagai berikut [1]

$$D_1 \times n_1 = D_2 \times n_2$$

$$n_1 = (D_2 \times n_2) / D_1$$

Keterangan : D_1 = *Driven Pulley*

D_2 = *Drive Pulley*

$n_1 = n$ = rpm *driven pulley* (kecepatan *crusher roll bearing*)

n_2 = rpm *drive pulley* (*speed output reducer* atau *transmission bearing*)

Untuk menghitung *interval relubrikasi* pertama harus menghitung *speed factor* dengan rumus sebagai berikut [2]

$$A = n \times dm = n \times (0,5(D + d))$$

Keterangan : A = *speed factor* ($\text{min}^{-1} \text{mm}$)

n = rpm bearing
D = Diameter luar (mm)
d = Diameter Dalam (mm)

Table 2 Perhitungan Speed Factor Bearing

Item	D ₂	D ₁	n ₂	n ₁	D	d	A
Bearing Roller 211-RC1	600	2600	242	55,846	540	320	24013,78
Bearing Roller 211-RC2	560	1500	242	90,3467	500	300	36138,67
Bearing Transmission 211-RC1 & 211-RC2	-	-	-	242	300	96	47916

3.2 Perhitungan Faktor X

$$X = A \times kf$$

Keterangan : X = factor x (min⁻¹ mm)

A = speed factor (min⁻¹ mm)

Kf = bearing factor

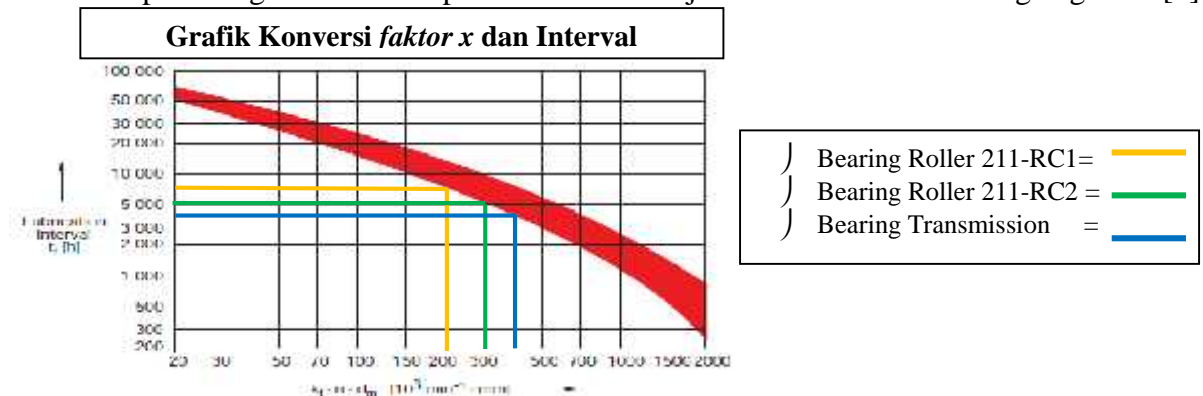
Dari tabel bearing factor, ketiga jenis bearing adalah bearing tipe spherical roller bearing dengan bearing factor (kf) adalah 9.[4]

Table 3 Perhitungan Faktor X

Item	A	kf	X
Bearing Roller 211-RC1	24013,78	9	216124,02
Bearing Roller 211-RC2	36138,67	9	352248,03
Bearing Transmission 211-RC1 & 211-RC2	47916	9	431244

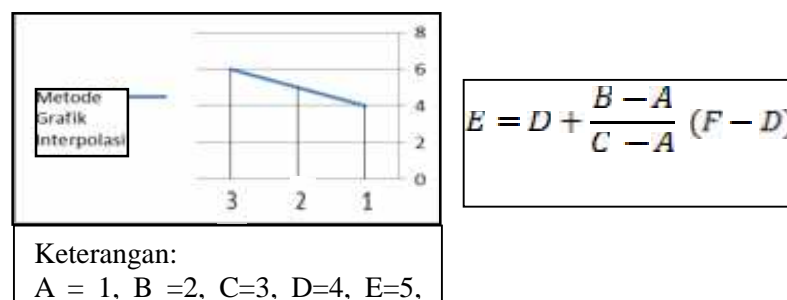
3.3 Perhitungan Interval Lubrikasi

Dari hasil perhitungan faktor x dapat dikonversi menjadi interval lubrikasi dengan grafik. [4]



Gambar 4 Grafik Konversi Faktor X dan Interval Lubrikasi [4]

Berdasarkan analisa grafik dan perhitungan dengan metode interpolasi, hasil interval relubrikasi (T₀). Rumus metode interpolasi sebagai berikut



Gambar 5 Grafik Metode Pendekatan Interpolasi

Table 4 Perhitungan Interval Lubrikasi (T0)

Item	A	B	C	D	F	E = T0 (jam)
Bearing Roller 211-RC1	300000	216124,02	200000	5500	8000	7597
Bearing Roller 211-RC2	500000	352248,03	300000	3000	5500	5184,4
Bearing Transmission 211-RC1 & 211-RC2	500000	431244	300000	3000	5500	3859,45

3.4 Faktor Reduction

Dari interval lubrikasi (T0) , dapat di hitung dengan persamaan berikut [4]

$$T_{act} = T_0 \times \text{Reduction Factor}$$

$$T_{act} = T_0 \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \times f_5 \times f_6$$

Table 5 Faktor Reduksi

Kondisi	Level	f
Efek debu dan kelembaban pada permukaan bearing	Menengah	f1 = 0,9 – 0,7
	Kuat	f1 = 0,7 – 0,4
	Sangat Kuat	f1 = 0,4 – 0,1
Efek Beban Kejut dan Getaran	Menengah	f2 = 0,9 – 0,7
	Kuat	f2 = 0,7 – 0,4
	Sangat Kuat	f2 = 0,4 – 0,1
Efek Temperatur Tinggi	Menengah (mencapai 75°C)	f3 = 0,9 – 0,6
	Kuat (75 – 85°C)	f3 = 0,6 – 0,3
	Sangat Kuat (85 – 120°C)	f3 = 0,3 – 0,1
Efek Beban Tinggi	P/C = 0,1 – 0,15	f4 = 1,0 – 0,7
	P/C = 0,15 – 0,25	f4 = 0,7 – 0,4
	P/C = 0,25 – 0,35	f4 = 0,4 – 0,1
Efek aliran udara	Aliran ringan	f5 = 0,7 – 0,5
	Aliran Deras	f5 = 0,5 – 0,1
Efek Centrifugal atau Poros Vertikal		f6 = 0,7 – 0,5

Kemudian dikalikan dengan faktor *reduction* sesuai tabel *reduction factor*. Penentuan nilai f1-f6 berdasarkan keadaan aktual di lapangan.

Table 6 Perhitungan Interval Lubrikasi (Tact)

Item	f1	f2	f3	f4	f5	f6	T0 (jam)	Tact (jam)	Tact (hari)
Bearing Roller 211-RC1	0,9	0,6	0,9	0,9	1	0,2	7597	664,6	33,2
Bearing Roller 211-RC2	0,9	0,6	0,9	0,9	1	0,2	5184,4	453,54	22,68
Bearing Transmission 211-RC1 & 211-RC2	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,2	3859,45	337,625	16,88

Catatan : Crusher beroperasi 20 jam perhari sehingga Tact (hari) = Tact (jam) : 20jam

3.5 Perhitungan Kuantitas Grease

Karena hasil perhitungan interval lubrikasi untuk masing-masing bearing mendekati 1 bulan, sehingga menggunakan rumus berikut.[4]

$$M = 0,003 \times D \times B$$

Keterangan : m = massa (gram)

D = Diameter Luar Bearing (mm)

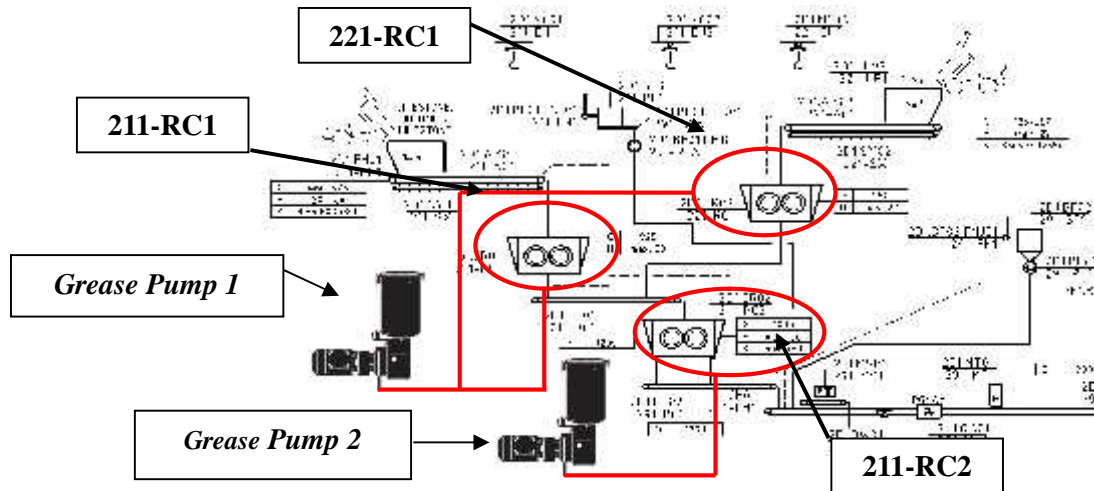
B = Lebar bearing (mm)

Table 7 Perhitungan kuantitas pelumasan

Item	Konst.	D	B	m
Bearing Roller 211-RC1	0,003	540	218	353,16
Bearing Roller 211-RC2	0,003	500	200	300
Bearing Transmission 211-RC1 & 211-RC2	0,003	300	96	86,4

3.6 Pemetaan

Dilakukan pemetaan berdasarkan kondisi aktual di lapangan sehingga di dapatkan jumlah *grease pump* yang paling optimal untuk melayani 3 *equipment*. Gambar di bawah adalah *flowsheet area Crusher Quarry* dimana terdapat 3 *equipment* yang akan di pasang sistem *auto grease* yaitu 211-RC1 (*Limestone Crusher*), 211-RC2 (*Clay Crusher*), dan 221-RC1 (*Crusher Premix*)



Gambar 6 Pemetaan Sistem Pelumasan Otomatis [9]
Table 8 Kebutuhan Grease 211-RC1

211-RC1 (Crusher Limestone)				
Poin Lubrikasi	Poin	Relubrikasi	gr/hari	Vol/hari
Crushing roll bearing	4	353,16 gr/33,2 hari	10,637 gr	11,82 cc
Bearing labyrints	6	15 gr/ 7 hr	2,143 gr	2,38 cc
Transmission bearing	4	86,4 gr/ 16,88 hari	5,12 gr	5,69 cc
Trans. Bearing labyrints	8	5 gr/ 7 hari	0,7143 gr	0,8 cc
Side rails of movable roll	2	1000 gr/ 14 hari	71,43 gr	79,36 cc
Total (grease per poin x jumlah poin)			224,46 gr	249,4 cc

Table 9 Kebutuhan Grease 221-RC1

221-RC1 (Crusher Clay)				
Poin Lubrikasi	Poin	Relubrikasi	gr/hari	Vol/hari
Crusher roll bearing	4	30 gr / 7 hari	4,286 gr	4,76 cc
Crusher roll bearing laby	4	10 gr / hari	10 gr	11,11 cc
Total (grease per poin x jumlah poin)			57,144 gr	63,493cc

Table 10 Kebutuhan Grease 211-RC2

211-RC2 (Crusher Premix)				
Poin Lubrikasi	Poin	Relubrikasi	gr/hari	Vol/hari
Crushing roll bearing	4	300 gr/22,68 hari	13,23 gr	14,7 cc
Bearing labyrints	6	15 gr/ 7 hr	2,143 gr	2,38 cc
Transmission bearing	4	86,4 gr/ 16,88 hari	5,12 gr	5,69 cc
Trans. Bearing labyrints	8	5 gr/ 7 hari	0,7143 gr	0,8 cc
Side rails of movable roll	2	1000 gr/ 14 hari	71,43 gr	79,36 cc
Total (grease per poin x jumlah poin)			234,8244 gr	260,92 cc

3.7 Pemilihan Material

Ada 2 pertimbangan dalam memilih *grease pump*, pertama adalah jenis dan seri yang sama dengan tipe *grease pump* lain untuk memudahkan dalam ketersediaan *sparepart*. Kedua adalah

dengan perhitungan kapasitas tangki berdasarkan kebutuhan *grease*. Tangki *grease pump* akan dilakukan pengisian *grease* dengan estimasi waktu 30 hari sekali. Sehingga *stock grease* dalam tangki harus mampu melayani proses pelumasan sepanjang 30 hari operasi.

) Estimasi Volume Grease Pump 1


$$\begin{aligned} V_{30 \text{ hari}} &= V_{\text{total}} \times 30 \\ &= (249,4 \text{ cc} + 63,49\text{cc}) \times 30 \\ &= 9,38517 \text{ liter} \end{aligned}$$

) Estimasi Volume Grease Pump 2

$$\begin{aligned} V_{30 \text{ hari}} &= V_{\text{total}} \times 30 \\ &= 260,92 \text{ cc} \times 30 \\ &= 7,8276 \text{ liter} \end{aligned}$$

Maka di pilih *grease pump* dengan tipe FZ-B merek *Bijur Delimon* dengan spesifikasi berikut [5]

Table 11 Spesifikasi Grease Pump

Spesifikasi		Gambar
Tekanan Operasi	200 bar, max 250 bar	 <p style="text-align: center;">Gambar 7 Pompa Grease</p>
Volume Feed	Max 1,2 ccm	
Kecepatan <i>plunger</i>	Max 10 rpm, 6 rpm (pendulum lever drive)	
Outlet bore	G ¼ female pipe thread, silinder	
Rasio Gear	345 : 1	
Volume Tangki	8 liter	
Tipe Pelumas	Grease (NLGI-class 2, DIN 51818)	
Suhu Operasi	-20°C s/d +80°C	

Berdasarkan *Bijur Delimon Desain, Grease Pump* tipe FZ-B sesuai dengan tipe *distributor* E4, ZP-A, ZP-B, atau PVB. Dalam perangkaian dipilih *distributor* dengan tipe ZPA/G untuk *distributor* grup dan ZPA, dengan spesifikasi berikut [5]

Table 12 Spesifikasi *Distributor*

Spesifikasi Distributor ZPA/G		Spesifikasi Distributor ZPA	
Produsen	Delimon GmBh	Produsen	Delimon GmBh
Type	Segment Distributor Controlled by 2/2 wvnc	Type	Segment Distributor
Outlet	Up to 24 (1 segmen 2 outlet)	Outlet	Up to 24 (1 segmen 2 outlet)
Metered Vol.	0.3 cm ³	Metered Volume	0.1 cm ³
Lubricant	Grease NLGI up to class 2 DIN 51818	Flow Volume	min 0,5 cm ³ /min, max 1000 cm ³ /min
Temperature	-20°C s/d +80°C	Lubricant	Grease NLGI up to class 2 DIN 51818
Pressure	Max 160 bar	Temperature	-20°C s/d +80°C
Pipe Outlet	Ø 6 mm	Pressure	Max 160 bar
Pipa Inlet	Ø10 mm, Ø8 mm, atau Ø6 mm	Pipe Outlet	Ø 6 mm
		Pipa Inlet	Ø10 mm, Ø8 mm, atau Ø6 mm

3.8 Desain Gambar Rangkaian & Setting Time

) Rpm Motor

Diperoleh data :

$$\begin{aligned} \text{Rasio Gear} &= 1 : 345 \\ \text{Rpm Motor} &= 1350 \text{ rpm} \\ \text{Rpm Output} &= \text{Rpm Motor} \times \text{Rasio Gear} \\ &= 1350 \times 1/345 \\ &= 3,913 \text{ rpm} \end{aligned}$$

) Waktu Siklus Pompa

Diperoleh data :

$$\begin{aligned} \text{ouput volume} &= 1,2 \text{ cm}^3 / \text{rpm} \\ V_{\text{perminute}} &= 1,2 \text{ cm}^3 / \text{rpm} \times 3,913 \text{ rpm} \\ V &= 4,7 \text{ cm}^3 / \text{per menit} \end{aligned}$$

3.8.1 Grease Pump 1

) Setting Time

$$\text{Siklus ZPA-G} = 40 \times \text{siklus Distributor ZPA-G}$$

$$V_{\text{Total}} = \text{Total siklus} \times \text{volume outlet} \times \text{jumlah outlet}$$

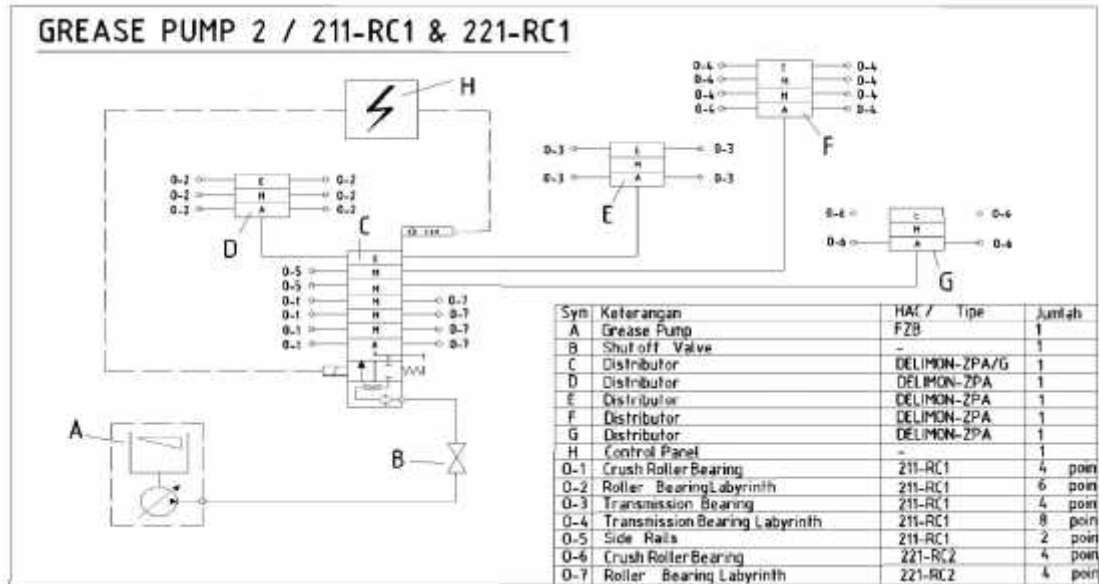
$$= 40 \times 0,3 \times 14$$

$$= 168 \text{ cm}^3$$

Running Time Pompa /hari = V total / V per minute

$$= 168 \text{ cm}^3 / 4,7 \text{ cm}^3 \text{ per menit}$$

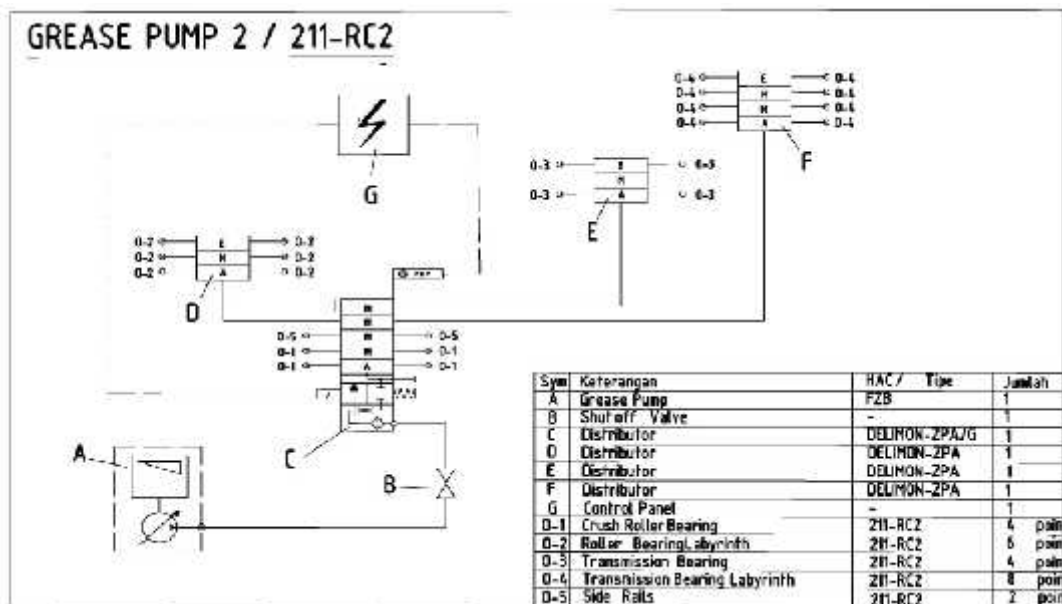
$$= 35,745 \text{ menit / hari}$$



Gambar 7 Deain Rangkaian Grease Pump 1
Table 13 Setting Time Grease Pump 1

Setting Time		
Outlet	Estimasi Grease/Hari	Kebutuhan
O - 1	12 cm ³	11,82 cm ³
O - 2	2 cm ³	2.38 cm ³
O - 3	3 cm ³	5,69 cm ³
O - 4	1,5 cm ³	0,8 cm ³
O - 5	12 cm ³	79,36 cm ³
O - 6	3 cm ³	4,76 cm ³
O - 7	12 cm ³	11,11 cm ³

3.8.2 Grease Pump 2



Gambar 8 Desain Rangkaian Grease Pump 2

Table 14 Setting Time Grease Pump 2

Setting Time		
Outlet	Estimasi Grease/Hari	Kebutuhan
O - 1	15 cm ³	14,7 cm ³
O - 2	2,5 cm ³	2,38 cm ³
O - 3	3,75 cm ³	5,69 cm ³
O - 4	1,875 cm ³	0,8 cm ³
O - 5	15 cm ³	79,36 cm ³

3.9 Pengisian Ulang Grease Pump

Berdasarkan perhitungan *setting time*, didapatkan konsumsi *grease* per hari pada *grease pump 1* sebanyak 168 cm³ dan *grease pump 2* sebanyak 150 cm³

Level minimum tangki = 40% x 8 liter = 3,2 liter

Maka volume pengisian = 8 liter – 3,2 liter = 4,8 liter

) *Grease Pump 1*

Volume pengisian : konsumsi perhari = 4,8 liter : 168 cc
= 4800 cc : 168 cc
= 28,6 hari

) *Grease Pump 2*

Volume pengisian : konsumsi perhari = 4,8 liter : 150 cc
= 4800 cc : 150 cc
= 32 hari

Sebagai tindakan perawatan, maka akan dilakukan pengecekan, pembersihan dan pengisian ulang *grease pump* settiap satu bulan sekali.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Pelaksanaan pemasangan sistem pelumasan otomatis di area *crusher quarry* adalah sebagai bentuk investasi yang dapat menekan biaya yang dikeluarkan untuk pelumasan secara manual.
2. Potensi bahaya dan kecelakaan kerja dapat dihilangkan karena tidak ada lagi pekerja yang melakukan pelumasan saat mesin sedang beroperasi.
3. Pelumasan di area *crusher* mudah di monitor dan dikontrol karena sistem pelumasan otomatis akan dipasang sensor dan dihubungkan ke panel dan *Central Control Room*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih di ucapkan kepada Bapak Drs. R. Grenny S, S.T, M.T., Bapak Awang D., karyawan dan kontraktor PT. Holcim Indonesia Tbk Pabrik Tuban atas kerja samanya di kegiatan ini.

6. DAFTAR ISI

- [1] Gupta,J.K.,Khurmi,R.S.2005.*A Textbook of Machine Design*. New Delhi:Eurasia Publishing House (PVT.) LT45D.
- [2] Noria Corporation.2013.*Fundamental of Machinery Lubrication*. Tangerang : PT. Data Raya Solusindo
- [3] Elakkiya, T. 2015. *Comparative Study of Manual Lubrication and Automatic Lubrication*. (5, Ed.) Int. Journal of Engineering Research and Applications(2), 18.
- [4] FAG OEM und Handel AG.2002. *Rolling Bearing Lubrication*. Publ. No.WL 81 115/4 EA.
- [5] Bijur Delimon. 2006. *Delimon Catalog Product*
- [6] Polysius. 2016. *Polysius Lubricant Table*.
- [7] Lincoln.2012.*Lincoln Automatic Lubrication System*.SKF Group
- [8] Polysius. 2016. *TKF-Stationary Crushing Plant – Lubric 003*.
- [9] Polysius. *Tubafa Plant Flow Sheet*

RANCANG BANGUN *ELECTRICAL CONTROL BELT WEIGHER T92-BC2* YANG BERFUNGSI UNTUK MENTRASNPORT AFR COCS DI AREA *LIMESTONE YARD*

Abdurrafi Najmudin¹, P.Jannus²

¹Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta

abdurrafinajmudin.holcim@gmail.com

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Dalam proses produksi pembuatan semen, terdapat beberapa bahan tambahan selain dari bahan baku utama pembuatan semen yang ditujukan sebagai AFR (Alternating Fuel Raw Material). Salah satu jenis AFR yang masuk kedalam proses produksi pembuatan semen yaitu COCS (Crude Oil Contaminated Soil). Sekarang ini sedang dibangun Belt Weigher baru yaitu T92-BC2 yang difungsikan sebagai alat transport dan penimbangan AFR COCS (Crude Oil Contaminated Soil). Sehubungan dengan ini diperlukan adanya rangkaian kontrol motor yang memiliki fungsi sebagai penggerak motor dan juga memiliki fungsi sebagai sistem penimbangan material secara berkelanjutan

Pengaplikasian rangkaian kontrol motor yang dilengkapi dengan Variable Speed Drive atau yang sering disingkat dengan VSD dan sensor berat load cell merupakan pilihan yang tepat sebagai rangkaian kontrol motor T92-BC2. Karena VSD memiliki fungsi untuk mengatur RPM motor dengan menggunakan prinsip perubahan frekuensi arus listrik dan load cell memiliki fungsi sebagai sensor berat untuk mengetahui berat material yang ditransport oleh T92-BC2. Selain VSD dan load cell, terdapat juga komponen-komponen electrical lain yang berfungsi sebagai rangkaian kontrol motor, seperti : Relay, Fuse, Circuit Breaker, safety device dan lain lain.

Dengan adanya rangkaian kontrol motor ini, maka motor dapat berputar dan menggerakkan Belt Weigher serta pula RPM dari motor dapat di atur sesuai dengan kebutuhan feedrate dari T92-BC2. Dengan kondisi seperti ini tentunya faderate dari T92-BC2 akan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan operasional pabrik.

Kata Kunci : Belt Weigher, Rangkaian kontrol motor, VSD, Load cell

ABSTRACT

In the production process of making cement, There are some additives other than the main cement making materials designated as AFR (Alternating Fuel Raw Material). One type of AFR that goes into the production process of making cement is COCS (Crude Oil Contaminated Soil). This is now being built new Belt Weigher T92-BC2 which functioned as a means of transport and weighing AFR COCS (Crude Oil Contaminated Soil). In relation to this it is necessary to have a motor controls circuit which has a function as a motor drive and also have a function as a continuous weighing system.

The application of motor control circuits equipped with Variable Speed Drive or often abbreviated with VSD and load cell is an appropriate choice as a T92-BC2 motor control circuit. Because VSD has a function to adjust the motor RPM by using the principle of changes in the frequency of electric current and load cell has the function as a sensor to determine the weight of the material transported by T92-BC2. In addition to the VSD and the load cell, there are also other electrical components that functions as motor control circuits, such as: Relay, Fuse, Circuit Breaker, safety devices and others.

With this motor control circuit, then the motor can rotate and drive the Belt Weigher as well as the RPM of the motor can be set according to the feedrate requirement of T92-BC2. With conditions like this of course feedrate of T92-BC2 will be arranged in accordance with the needs of plant operations.

Keywords: Belt Weigher, Motor control circuit, VSD, Load cell

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

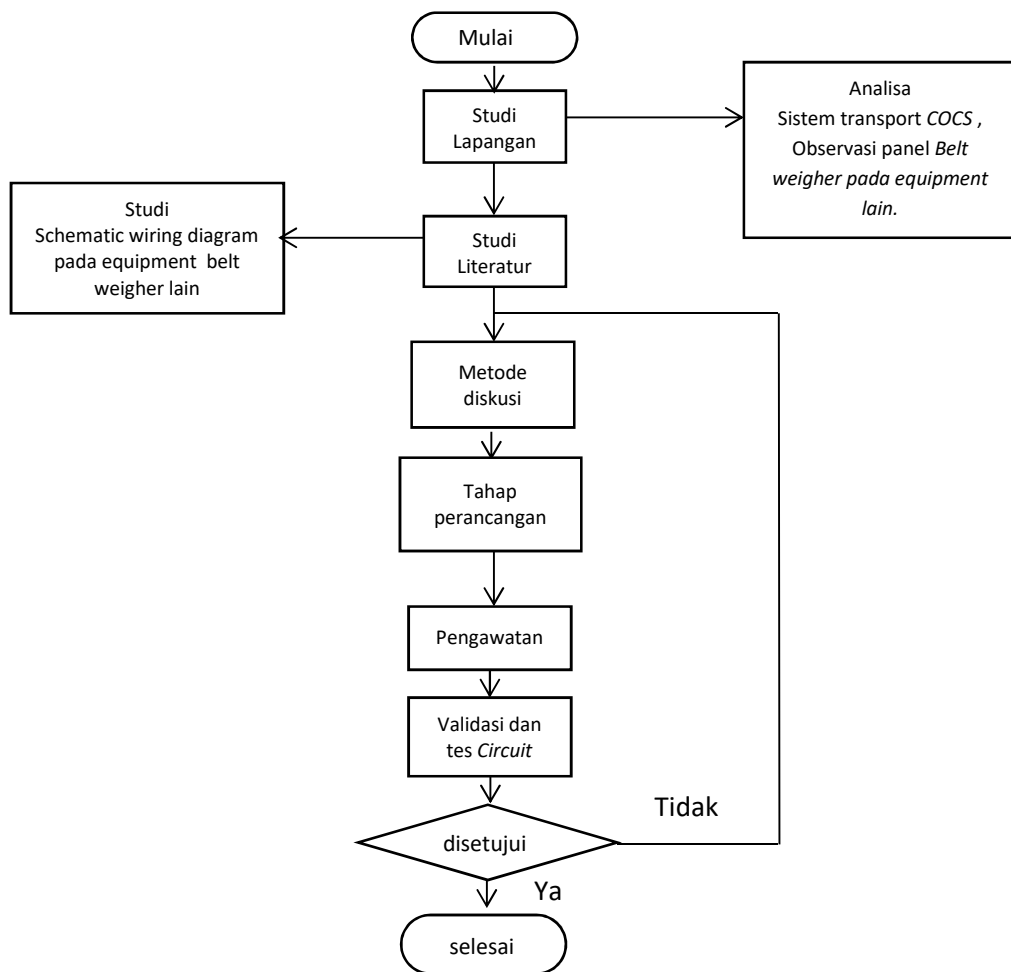
Pada penambahan *AFR COCS* dalam proses pembuatan semen, harus sesuai komposisi *Raw Mix design* yang telah ditetapkan oleh pihak produksi berdasarkan analisa yang telah dilakukan. Sedangkan metode untuk penambahan *AFR COCS* ke dalam proses itu sendiri dilakukan dengan mencampurkan kedalam jalur transport material *Limestone* pada *Limestone Storage* dengan menggunakan *Reclaimer*. Dengan keadaan seperti ini maka komposisi dari *AFR COCS* tidak bisa di kontrol dengan akurat sesuai dengan *Raw Mix Design*.

Sekarang ini sedang dibangun equipment *Belt Weigher T92-BC2* yang nantinya akan berfungsi sebagai equipment transport material *AFR COCS* yang masuk ke dalam proses produksi pembuatan semen. Selain itu, *Belt Weigher T92-BC2* juga memiliki fungsi sebagai equipment penimbangan material *AFR COCS* yang ditujukan agar *feedrate* dari *AFR COCS* dapat terkontrol. Sehingga kualitas dari produk semen bisa tetap terjaga.

Untuk menggerakkan *Belt Weigher* tentunya membutuhkan suatu penggerak, dan penggerak disini adalah motor listrik. Pengaturan *feedrate* *AFR COCS* yang masuk kedalam proses produksi dipengaruhi oleh RPM motor tersebut. Oleh karena itu, untuk menggerakkan motor listrik tersebut diperlukan adanya rangkaian kontrol motor yang memiliki fungsi sebagai pengaturan RPM motor dan sebagai sistem penimbangan juga. Agar fungsi utama dari *Belt Weigher T92-BC2* dapat tercapai.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan merupakan sebuah kerangka yang memuat tahap-tahap yang akan ditempuh untuk memecahkan masalah. Tahap yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Flowchart metode pelaksanaa

2.1 Observasi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap panel motor *Belt Conveyor / Belt Weigher* lainnya. Dengan melihat rangkain kontrol yang ada di dalam panel, yang nantinya akan dijadikan sebagai referensi dalam perancangan.

2.2 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*.

2.3 Metode Diskusi

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, patrol elektrik shifter, dan pihak lain yang terkait

2.4 Tahap 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 dan kebutuhan komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan rangkaian control motor.

2.5 Pengawatan

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

2.6 Validasi dan Tes circuit

Tahap ini dilakukan setelah hasil perancangan *upgrade diagram* pengawatan dicek dan disetujui oleh *electrical engineer*.

Validasi adalah kegiatan pengecekan sistem *hardwire* dari *schematic wiring diagram* untuk rangkain kontrol motor. Sedangkan tes circuit ini dilakukan setelah kegiatan *wiring* selesai dan diawasi oleh *electrical engineer, team leader area*, dan operator area.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi kerja sistem T92-BC2

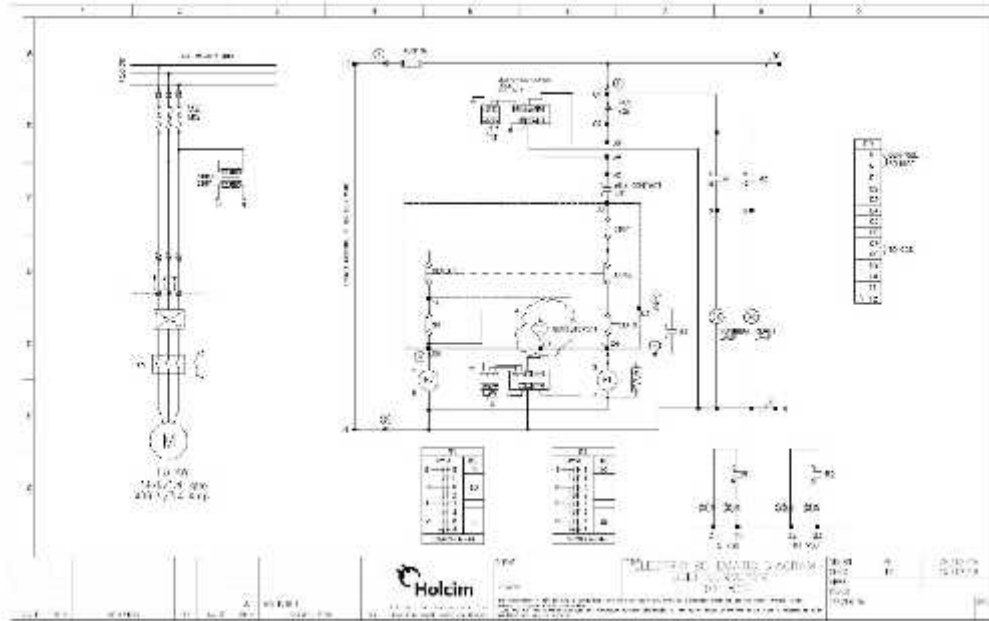
Yang dimaksud deskripsi kerja adalah pergerakan suatu equipment pada proses produksi yang dijalankan sesuai dengan objektif yang telah ditentukan, agar bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan oleh operasional. Sehingga mampu menjaga keberlangsungan proses produksi.

Deskripsi kerja yang diinginkan oleh operasional seperti berikut:

1. *Belt Weigher T92-BC2* harus mampu mentransport *AFR COCS* secara kontinyu dengan *feedrate* yang telah ditentukan untuk menuju equipment selanjutnya yaitu 312-BC1.
2. *Belt Weigher T92-BC2* memiliki *interlock system* dengan 312-BC1.
3. Pengoperasian T92-BC2 bisa dengan mode *local* dan *remote*. *Local* untuk pengoperasian secara manual dan *remote* secara otomatis.
4. Untuk pengaturan RPM motor listrik dengan menggunakan *VSD (Variable Speed Drive)* dapat menggunakan mode *local* ataupun *remote*. Mode *local* pengaturan menggunakan potensio (*Variable resistor*). Mode *remote* menggunakan *speed set point* dari CCR.
5. *Feedrate* dari *Belt Weigher T92-BC2* dapat termonitor di komputer CCR.
6. Setiap terdapat *safety device* yang aktif maka *Belt Weigher T92-BC2* akan langsung trip.

Setelah hasil deskripsi dari pihak operasional didiskusikan dengan penulis dan pihak *electrical team* maka menghasilkan *electrical wiring diagram* pada panel motor T92-BC2 seperti berikut:

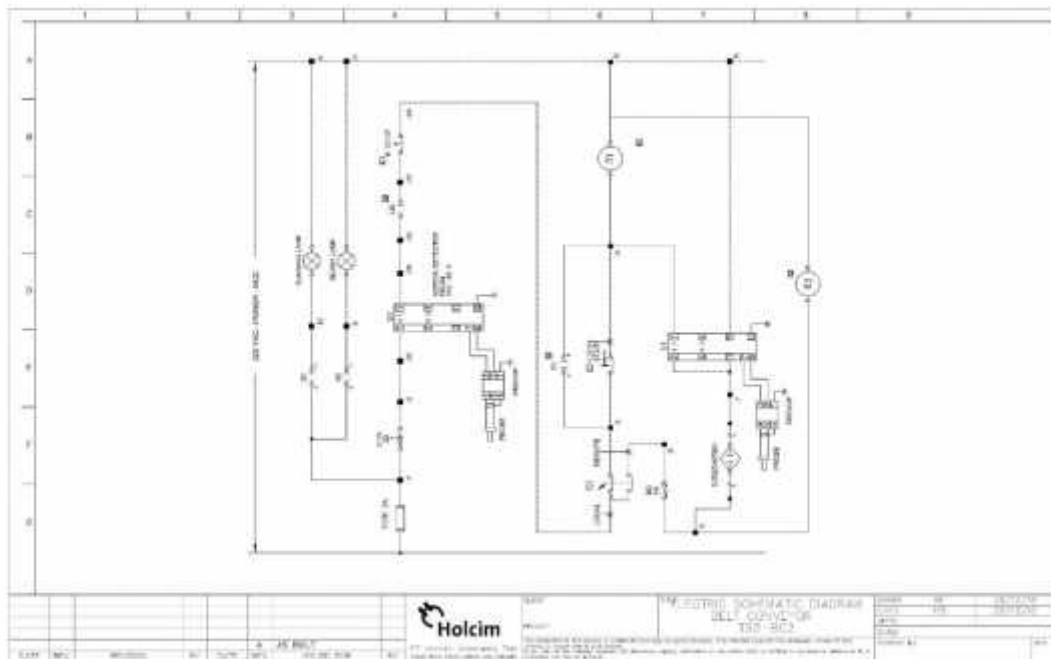
3.1.1 Schematic wiring diagram T92-BC2



Gambar 2. Schematic wiring diagram T92-BC2

Wiring diagram diatas menunjukkan rangkaian power motor dan juga rangkaian kontrol motor T92-BC2. Motor T92-BC2 mendapatkan power dari MCC (*Motor Circuit Control*) yang berada di LSS 3. Power dari MCC akan masuk keterminal power yang ada didalam panel, kemudaian melewati NFB (*No Fuse Breaker*) dengan kapasitas 50 A. Keluaran dari NFB ada yang masuk ke trafo Step down 380 VAC / 220 VAC untuk dijadikan tegangan 220 VAC sebagai sumber rangkaian kontrol dari motor T92-BC2. Setelah melewati pengaman NFB rangkaian power motor akan masuk kedalam VSD (*Variable Speed Drive*). Keluaran dari VSD kemudian akan masuk ke LIS (*Local Isolation Switch*). Setelah melewati LIS maka power akan langsung masuk ke motor dan akan menjalankan motor.

3.1.2 Sistem kontrol motor T92-BC2



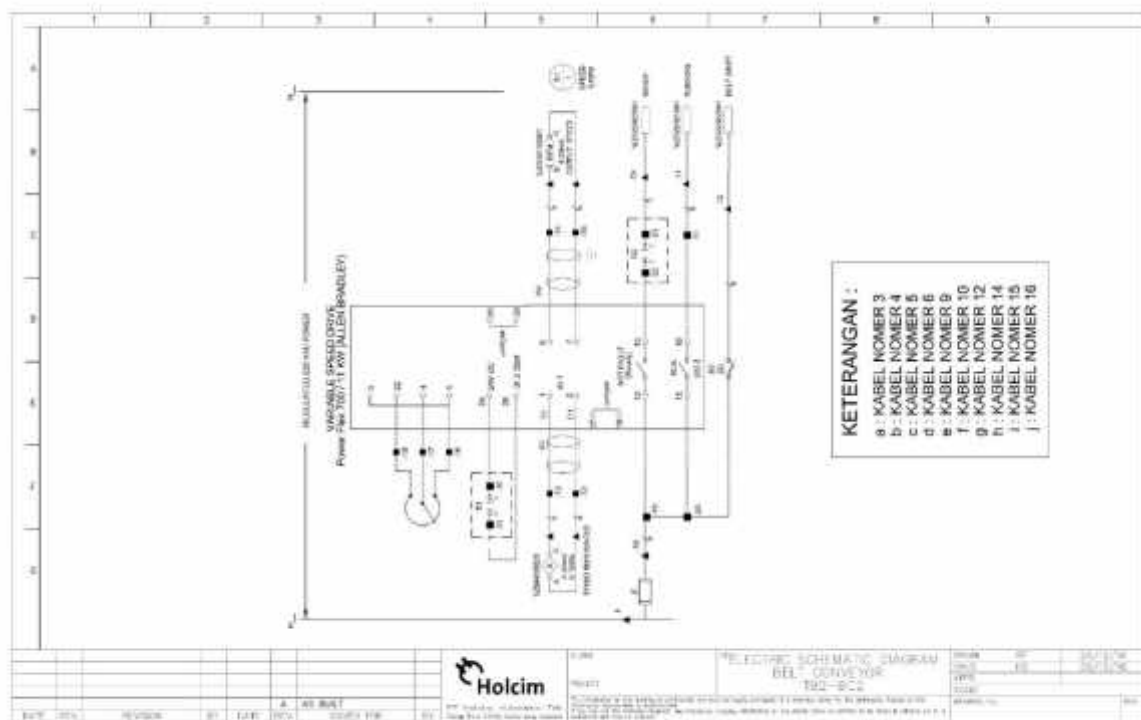
Gambar 3. schematic wiring diagram kontrol motor T92-BC2

Tegangan sumber 220VAC diambil dari keluaran Trafo step down 380V/220V yang kemudian masuk ke fuse (F) 2A. Keluaran dari Fuse diparalelkan ke *auxillary contact* NO R1 & NO R2 sebagai syarat untuk

menyalakan *running lamp* (R1) dan *ready lamp* (R2) dan *uxillary contact* COS, keluaran dari *uxillary contact* COS masuk ke *uxillary contact* dari *motion detector* 312-BC1 yang berfungsi sebagai *interlock system* dari T92-BC2. Kemudian masuk ke E-STOP. Dari E-STOP kemudian masuk ke selector switch *LOCAL* dan *REMOTE*. Fungsi mode *local* untuk mengaktifkan R1 yang merupakan syarat menjalankan motor. *Auxillary contact* NO dari R1 difungsikan sebagai *holding* dari *local start* (*momentary switch*). Sedangkan keluaran untuk mode remote akan masuk ke *auxillary contact* saefty device Belt Drift (BD) . Setelah melewati *auxillary contact* saefty device Belt Drift (BD) kemduian diparalelkan untuk mengaktifkan R2 sebagai relay untuk indikasi ready dan ke *command start* CCR. keluaran *command start* CCR masuk ke *auxillary contact* NO *motion detector* T92-BC2 dan akan mengaktifkan R1.

3.1.3 Sistem Kontrol VSD Power Flex 700

Fungsi dari rangkain I/O pada VSD itu sendiri adalah mengatur kecepatan putar (RPM) dengan prinsip kerja merubah nilai frekuensi yang masuk ke motor agar sesuai dengan kebutuhan operasional.



Gambar 4. Wiring Diagram Sistem Kontrol VSD Power Flex 700

Dalam kasus ini ada beberapa rangkain I/O yang memiliki fungsi berbeda-beda , diantaranya yaitu :

3.1.3.1 Rangkaian I/O potensiometer (variable resistor)

Pada rangkaian I/O potentiometer ada 4 terminal yang digunakan, yaitu terminal no '3' (Analog Input (-)), terminal no '4' (Analog input +), terminal no '5' (*Potensio Common*), dan nomor '22' (+ 10V *Potensio refernce*). Pada rangkaian terminal no 3 dan 5 di jumper dan dihubungkan ke salah satu kaki potensio yang terhubung dengan elemen resistif potensio. Terminal no '4' dihubungkan ke kaki potensio yang terhubung dengan wiper potensio, dan teminbal terakhir yaitu no '22' dihubungkan ke salah satu kaki potensio yang terhubung dengan elemen resistif potensio. [4]

3.1.3.2 Rangkaian I/O DI Start

Pada rangkaian ini kita menggunakan 4 terminal yang terdapat di dalam VSD, terminal no '24' (+24 VDC), terminal no 25 (DI common), terminal nomor '26' (24 VDC common), terminal no '28' (DI Start). Pada instalasinya terminal no '24' dihubungkan ke salah satu *auxillary contact* (NO) dari. Kemudian keluaran dari *auxillary contact* (NO) R1 masuk kedalam terminal no '28' yang merupakan terminal (DI Start). Terminal no '25' dan '26' di jumper sebagai syarat *common* antara terminal no '24' dan '28' harus sama. [4]

3.1.3.3 Rangkaian I/O speed setpoint & output speed (CCR)

Untuk fungsi rangkaian *Speed setpoint / speed references* motor di CCR adalah dari terminal no '1' masuk kedalam module AI terminal 'C' yang ada di R I/O (LSS3) kemudian dari terminal 'A' keluaran dari module AI akan langsung masuk ke terminal no '2' sebagai syarat untuk Analog Input pada VSD.

Sedangkan untuk rangkaian *Output speed* (RPM motor) yang termonitor oleh CCR adalah dari terminal no '6' masuk ke terminal 'B' Analog Output yang ada di R I/O (LSS3) kemudian dari terminal 'C' keluaran dari module AO akan langsung masuk ke terminal no '7' sebagai syarat untuk *Analog Output* pada VSD.

3.1.3.4 Rangkaian I/O Ready status to CCR

Pada kasus ini indikasi *ready* dilapangan dikirim melalui module DI optocoupler. Untuk mengaktifkan optocoupler, tegangan 220VAC diambil dari R I/O (Regulated 220VAC power). tegangan tersebut dihubungkan ke pengaman lebur (Fuse) 2A terlebih dahulu sebagai pengaman suatu rangkaian. Keluaran dari fuse akan masuk ke terminal VSD no '12' dan akan melewati kontak yang terdapat didalam VSD sebagai salah satu syarat untuk mengirim signal status ready ke CCR. Setelah itu dihubungkan ke terminal VSD no '13' dan masuk ke *auxillary contact* NO dari R2 yang berada dilapangan, karena sebagai salah satu syarat ready di lapangan. Keluaran dari *auxillary contact* NO dari R2 barulah masuk ke coil optocoupler yang akan mengirim signal ready ke CCR.

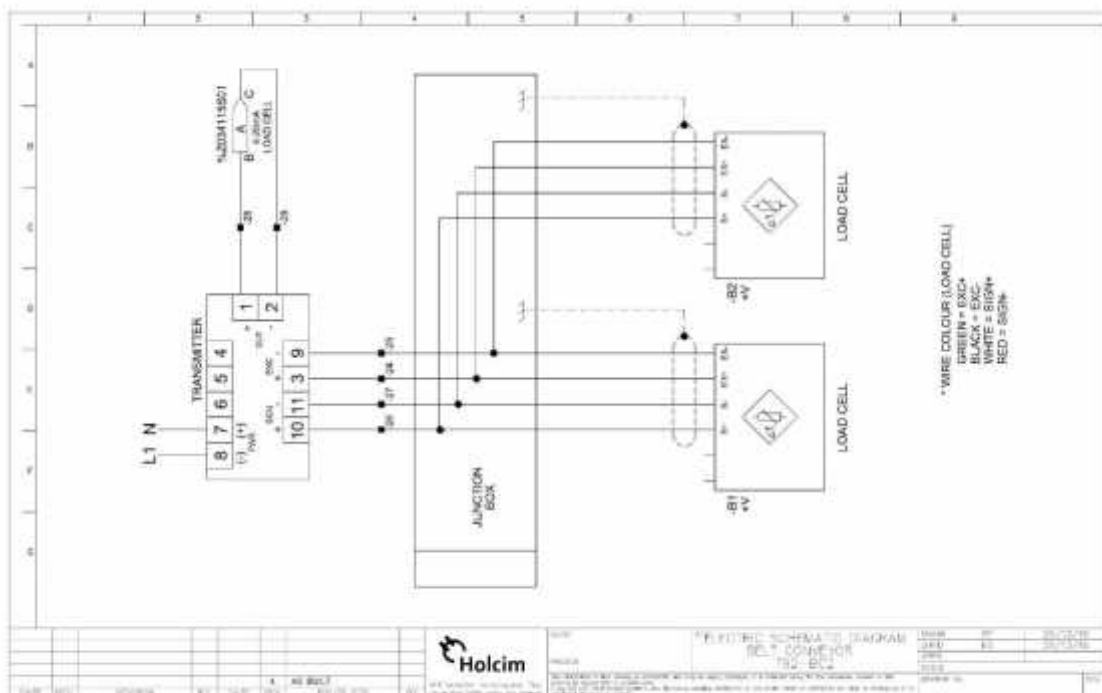
3.1.3.5 Rangkaian I/O Running status to CCR

Sama halnya seperti rangkaian *I/O* indikasi *ready*, status *running* dilapangan juga dikirim melalui module DI optocoupler. Untuk mengaktifkan optocoupler, tegangan 220VAC diambil dari keluaran fuse. Setelah itu akan masuk ke terminal VSD no '15' dan akan melewati kontak yang terdapat didalam VSD sebagai salah satu syarat untuk mengirim signal status *running* ke CCR. Setelah itu dihubungkan ke terminal VSD no '16' dan keluaran dari VSD akan langsung mengaktifkan optocoupler yang akan mengirim signal *running* ke CCR.

3.1.3.6 Rangkaian I/O Belt drift alarm to CCR

Untuk rangkainya hampir sama seperti DI pada umumnya, tegangan diambil dari 220 VAC R I/O, dalam kasus ini di ambil dari paralelan setelah fuse. Kemudian masuk ke *auxillary contact alarm* NO dari belt drift, dan setelah itu langsung terhubung ke koil DI optocoupler untuk mengaktifkan optocoupler yang akan mengirim signal belt drift alarm ke CCR.

3.1.4 Load cell & M-SYSTEM transmitter



Gambar 5. Wiring Diagram load cell & M-SYSTEM transmitter

Untuk wirringnya, koneksi untuk kedua load cell ini di koneksi sech ini dikoneksi didalan *junction box*. 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 berat* ke CCR, 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'.

3.2 Perhitungan dan penentuan komponen

3.2.1 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 242-BC6 yaitu, $I = 1500 / (\sqrt{3} \times 380 \times 0.83) = 2.745$ A (kapasitas NFB yang tersedia 4A). Berdasarkan spesifikasi diatas maka sesuai PUIL 2000 Tabel 5.5-2, maka kapasitas NFB yang dibolehkan minimal 3A(4A) dan maksimal $2,5 \times 3A = 7.5A$ (10A). [1]

3.2.2 Kebutuhan fuse

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

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

$$I = \frac{45.4}{220 \times 0.75} = 0.275 \text{ A (In b)}$$

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

Jika besar In beban adalah 0.275 A maka penulis menggunakan fuse dengan In 2A.

3.2.3 Kebutuhan VSD (*Variable Speed Drive*)

Dalam kasus ini penulis menggunakan VSD dengan type powerflex 700 Allen-Bradley karena ketersediaan stock yang terdapat di warehouse.

3.2.4 Kebutuhan jenis dan kapasitas *Load Cell*

Untuk pemilihan jenis load cell, penulis menggunakan *load cell* yang memiliki *wire rope*, jenis ini dipilih karena menyesuaikan konstruksi dari frame T92-BC2.

Kemudian untuk kapasitas dari load cell itu sendiri dapat dihitung karena kita sudah mengetahui feedrate maksimum dari T92-BC2 yaitu 30 T/H. Kebutuhan kapasitas *load cell* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$L_{\text{eff}} = \frac{l}{2} \dots \dots \dots [\text{Persamaan 2}] [6]$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{l}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ m}$$

$$I \text{ (Kg/H)} = \frac{Q}{L} \cdot v \cdot 3600 \dots \dots \dots [\text{Persamaan 3}] [6]$$

$$30000 \text{ Kg} = \frac{Q}{1 \text{ m}} \cdot 0.0454 \text{ m/s} \cdot 3600$$

$$QB = 183.55 \text{ (200 Kg)}$$

$$= 400 \text{ lbs (berat total material di area penimbangan)}$$

Sedangkan untuk berat total konstruksi di area penimbangan adalah 100 kg = 200 lbs. Jadi berat total di area penimbangan adalah berat total material + berat total konstruksi (frame). 400 lbs + 200 lbs = 600 lbs.

Jumlah load cell yang dipasang pada rangkaian kontrol ini berjumlah 2 load cell yaitu kanan & kiri yang dirangkai secara paralel. Jadi, setiap load cell diasumsikan akan menerima beban yang sama (setengah beban dari beban keseluruhan beban total). Sehingga setiap load cell akan menerima beban sekitar 300 lbs. Maka dalam hal ini pemilihan kapasitas dari load cell harus ≥ 300 lbs.

Pada pemilihan dilapangnya, penulis menggunakan load cell dengan kapasitas 1000 lbs dikarenakan stock *load cell* yang tersedia di *tool room* hanya tinggal yang berkapasitas 1000 lbs.

3.2.5 Kebutuhan transmitter

Transmitter yang digunakan dalam rangkaian ini yaitu transmitter yang memiliki signal output / keluaran 4-20 mA dan *transmitter* yang digunakan adalah *transmitter M-SYSTEM*. [2]

3.2.6 Kebutuhan relay

Kebutuhan relay untuk rangkaian ini hanya membutuhkan jenis relay dengan tegangan sumber 220 VAC. Sedangkan untuk jumlahnya hanya dibutuhkan 2 relay saja. Disini penulis memilih jenis relay sesuai dengan ketersediaan stock yang telah ada yaitu relay OMRON MY4N dengan jenis *Quadruple Pole Double Throw*(QPDT) yang memiliki 14 terminal (termasuk 2 untuk coil).

3.2.7 Kebutuhan potensiometer

Potensiometer yang digunakan disini adalah potensiometer jenis *rotary* (putar). Sedangkan untuk besarnya nilai dari potensiometer sendiri yang digunakan yaitu potensiometer 10K Ohm. Pemilihan besarnya nilai potensiometer ini didasarkan pada rekomendasi *manual book* tentang instalasi rangkaian I/O potensiometer pada VSD powerflex 700.

3.2.8 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 :

$$P = (2 \times \text{beban Relay} + \text{beban transmitter} + 2 \times \text{beban pilot lamp} + \text{beban MD})$$
$$P = (2 \times (1.2) + 16 + 2 \times (6) + 15) = 45.4 \text{ W}$$

Sebenarnya untuk pemilihan transformator bisa menggunakan transformator dengan kapasitas daya minimal sebesar 50 VA. Tetapi karena ketersediaan stock yang ada dan kebutuhan yang mendesak dipilihlah transformator dengan kapasitas daya sebesar 1000 VA.

3.2.9 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.

3.2.10 Kebutuhan safety device

Kebutuhan safety device disini adalah 2 *COS* , 4 *Belt Drift* , 2 *Set Motion Detector* (*Milltronics MFA 4P*). [3]

3.2.11 Kebutuhan penghantar

3.2.11.1 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 \text{Cos} \) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 4}]$$

Jadi arus nominal yang mengalir pada rangkaian power motor adalah $I = 1500 / (1.73 \cdot 380 \cdot 0.77) = 2.96$ 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 bisa menggunakan rumus :

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

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

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

3.2.11.2 Rangkaian kontrol motor

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

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

$$I = \frac{45.4}{220 \times 0.75} = 0.275 \text{ m (I)}$$

P = (2 x beban Relay + beban transmitter + 2 x beban pilot lamp + beban MD). Nilai KHA penghantar adalah $0.275 \times 125 \% = 0.35 \text{ A}$

Kemudian untuk luas penampang dari penghantar adalah :

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

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

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

3.2.12 Kebutuhan pilot lamp

Kebutuhan pillot lamp yang digunakan adalah pillot lamp dengan tegangan sumber 220 VAC. Untuk jumlah dan warnanya adalah 1 pillot lamp warna hijau (indikator running) dan 1 pillot lamp warna kuning (indikator ready).

3.2.13 Kebutuhan terminal block

Berdasarkan perhitungan luas penampang kabel, maka ukuran terminal kabel yang digunakan adalah jenis MA 2.5/5. [6]

Sedangkan untuk jumlah dari terminal kontrol motor berjumlah sekitar 40, jumlah 40 sudah termasuk untuk terminal cadangan (spare). Sedangkan untuk terminal power motor berjumlah 8 terminal.

3.2.14 Kebutuhan sepatu kabel

Terdapat 2 jenis sepatu kabel yang digunakan pada rangkaian ini yaitu untuk rangkaian power dan rangkaian kontrol. Untuk rangkaian power dengan luas penampang kabel 0.5 mm^2 penulis memilih sapatu kabel dengan jenis fork / speed dengan type RF-U 3. Sedangkan untuk rangkaian kontrol dengan luas penampang kabel 0.25 mm^2 , penulis menggunakan sepatu kabel dengan jenis PKE 508. [5]

3.2.15 Kebutuhan Wire Duct

Disini penulis menggunakan wire duct dengan ukuran luas 40×40 dengan keseluruhan luas penampang 1600 mm^2 . 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 mm^2 sebanyak 640 kabel.

3.2.16 Kebutuhan panel box

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

1. Trafo = $150\text{mm} \times 150\text{mm} = 22500\text{mm}^2$

2.	VSD	= 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 VSD dengan tinggi 200 mm. Dengan hitungan seperti diatas penulis menggunakan panel dengan ukuran 800mm x 600mm x 300mm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil tugas akhir rancang bangun *electrical control belt weigher T92-BC2* yang berfungsi untuk mentransport *AFR COCS* di area *limsetone yard* didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Rangkaian kontrol motor Belt Weigher T92-BC1 merupakan rangkaian kontrol motor yang dapat mengatur RPM dari motor Belt Weigher T92-BC1 dengan menggunakan prinsip kerja VSD dan dapat melakukan fungsi melakukan sensor berat material COCS pada Belt Weigher T92-BC1 dengan menggunakan sensor load cell.
2. Feedrate atau berat material COCS yang ditrasnport oleh Belt Weigher T92-BC1 dapat dimonitoring dengan menggunakan sensor load cell dan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan operasional pabrik dengan cara mengatur RPM dari motor Belt Weigher T92-BC1.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan makalah seminar nasional yang berjudul “Rancang Bangun Electrical Control Belt Weigher T92-BC2 yang Berfungsi Untuk Mentransport AFR COCS di Area Limestone Yard” ini tepat pada waktunya. Selama pembuatan makalah kami mendapatkan banyak bantuan dari banyak pihak, maka dari itu kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak P.Jannus, S.T. M.T. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberi saran dan memotivasi dalam mengerjakan makalah seminar nasional.
2. Bapak Priyatno, S.T. beserta EVE *team* selaku kordinator EVE program PT. LafargeHolcim yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan dalam pengerjaan makalah seminar nasional.
3. Bapak Juhartono, S.T. M.M. & Bapak Hendro Susyanto, S.T. selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan ilmunya dan memberikan arahan dalam pembuatan makalah seminar nasional ini

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga makalah ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*. Jakarta : Yayasan PUIL.
- [2] M-SYSTEM, *Transmitter model MXLCF*.
- [3] Miltronics MFA 4P, *Operating intructions*.
- [4] Bradley A, *PowerFlex 700 AC Drives*
- [5] Cembre, *General Catalouge*
- [6] ABB, *Terminal blocks entrelec*
- [7] SCHENK, *Intecont Pus Weighfeeder operations manual BV-H2215*

RANCANG BANGUN MESIN *LINE MARKING* SEMIOTOMATIS UNTUK PRODUK *HOSE* DI PT INDOKARLO PERKASA

Adib Sulthan Rabbani , Akhmad Reza Prabowo Indriyani Rebet , Dino Agung Adha
Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425,
Telepon (021) 7270036, Hunting, Fax (021) 7270034,
adib.sulthan86@gmail.com, rezaprbwo@gmail.com

Abstrak

Proses produksi hose di PT. Indokarlo Perkasa terdapat masalah diproses finishing khususnya pada proses line marking produk hose. Hasil marking tidak sesuai dengan standard yaitu hasil marking harus lurus, ketebalan marking stabil, hal ini di sebabkan karena masih menggunakan jig/alat bantu konvensional yang menyebabkan kurangnya efisiensi waktu ketika finishing berlangsung. Proses line marking sangat penting karena merupakan bagian dari permintaan customer yang berfungsi untuk mempermudah customer ketika proses assembly berlangsung.

Perancangan mesin line auto marking memiliki tiga elemen utama yaitu motor listrik sebagai penggerak holder produk, pneumatik untuk mengatur naik dan turunnya marker dan counter untuk mengintruksikan jumlah putaran yang di perlukan motor untuk proses marking produk. Mesin line automarking ini dapat menghasilkan marking yang lurus presisi dan ketebalan yang stabil serta dapat mempercepat produktifitas di line finishing produksi hose guna meningkatkan efisiensi waktu.

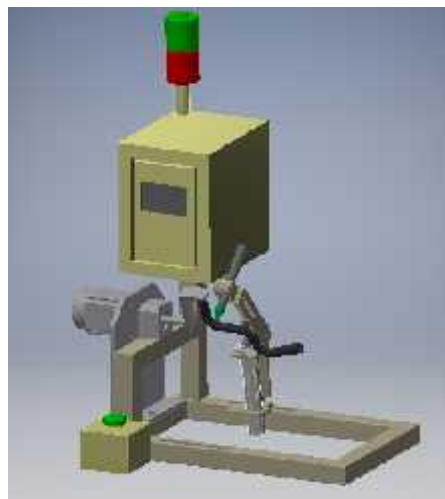
Kata kunci : *marking, hose, semiotomatis*

Abstract

Hose production process at PT. Indokarlo Perkasa has problem in finishing process especially on line marking process hose product. The marking result is not appropriate with the standard that the marking result should be straight, the thickness of marking should be stable, this is caused they still uses a conventional jig / tool that causes a lack of time efficiency when finishing takes place. Line marking process is very important because it is part of customer demand that serves to facilitate the customer when the assembly process takes place.

The design of the auto line marking machine has three main elements: the electric motor as the driving holder of the product, the pneumatic to adjust up and down the marker and the counter marker to instruct the number of turns required by the motor to the marking product process. This line automarking machine can produce precise straight marking and the thickness can be stable. This machine can accelerate productivity in the finishing line of hose production to improve time efficiency.

Keyword : *marking, hose, semiautomatic*



Gambar.1 Mesin *Marking* semiotomatis

1. Pendahuluan

PT. Indokarlo Perkasa (selanjutnya disebut IKP) adalah salah satu anak perusahaan Astra Otopart yang bergerak dalam bidang industri otomotif, khususnya pada pembuatan komponen otomotif kendaraan roda dua dan roda empat dengan bahan utamanya adalah karet. Produk yang diproduksi adalah produk *functional*, produk RVI (*Rubber Vibration Insulation*) dan produk *hose*.

Produk *hose* yang dihasilkan PT. Indokarlo perkasa memiliki beberapa jenis yaitu *single layer*, *double layer* dan *braiding layer*. Ketiga jenis produk *hose* tersebut memiliki proses *finishing* yaitu proses *marking paint*. Proses *marking paint* produk *hose* di PT. Indokarlo Perkasa memiliki beberapa tipe yaitu titik, garis diujung produk, garis mengelilingi permukaan produk dan spesifikasi serta tahun pembuatan produk. Setiap tipe *marking* memiliki fungsi yang berbeda, pada *marking* garis mengelilingi permukaan produk berfungsi agar pemasangan produk tidak terbalik dan juga menunjukkan batasan pada proses *assembly*. *Marking* garis mengelilingi permukaan memiliki masalah karena masih menggunakan *jig* manual sehingga proses *marking* tersebut kurang efisien dan menghasilkan produk yang tidak memenuhi spesifikasi dari *customer* seperti *marking* yang kurang presisi, ketebalan *paint marker* tidak stabil dan juga membutuhkan *cycle time* yang lama [30s].

Marking garis mengelilingi permukaan sangat penting agar produk *hose* dapat terpasang sesuai dengan *marking* yang sempurna sehingga tidak terjadi kebocoran yang dapat mengakibatkan rusaknya kendaraan. Oleh karena itu PT. Indokarlo Perkasa harus memikirkan bagaimana caranya guna memenuhi spesifikasi yang diminta oleh *customer*.

2. Metode Penelitian

Metode perancangan VDI 2221 merupakan metode perancangan yang digagas oleh Persatuan Insinyur Jerman (Verein Deutscher Ingenieure/VDI) yang dijelaskan oleh G. Pahl dan W. Beitz. Metode tersebut adalah “Pendekatan sistematis terhadap desain untuk system teknik dan produk teknik” (Systematic Approach to the Design of Technical System and Product) .

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah VDI 2221 yang terdiri dari 4 fase :

1. Penjabaran tugas (*Clasification of Task*)

Meliputi pengumpulan informasi dari permasalahan dan kendala – kendala yang dihadapi, kemudian disusun suatu daftar persyaratan mengenai rancangan yang akan dibuat

2. Penentuan konsep rancangan (*Conceptual design*)

Terdapat tiga langkah kerja yaitu :

- Menentukan fungsi dan strukturnya
- Mencari prinsip solusi dan strukturnya
- Menguraikan solusi menjadi varian yang dapat direalisasikan

3. Perancangan wujud (*Embodiment design*)

Pada perancangan wujud dimulai dengan menguraikan rancangan dalam modul – modul yang diikuti oleh desain awal dan desain jadi.

4. Perancangan rinci (*Detail design*)

Tahap ini merupakan proses perancangan dalam bentuk gambar yang tersusun dan gambar detail termasuk komponen, spesifikasi bahan, toleransi dan lainnya. Pada fase ini semua pekerjaan didokumentasikan sehingga pembuatan produk dapat dilaksanakan.

3. Hasil dan pembahasan

Sebelum membuat daftar spesifikasi perancangan di hadapan terhadap beberapa pertanyaan yang sifatnya mendasar dan kritis di bawah, diantaranya :

- Apa itu proses *Line Marking* ?
- Apa saja permintaan dari *customer* ?
- Apa saja yang harus di rancang ?

Proses *line marking* adalah suatu proses dimana produk di beri sebuah tanda sesuai dengan permintaan *customer*, yang bertujuan untuk memberikan informasi terhadap produk. Permintaan *customer* PT. Indokarlo Perkasa terhadap hasil *line marking* presisi dengan ketebalan 2,2-2,8 mm secara stabil. Untuk itu mesin yang di rancang meliputi *holder marker* guna mendapatkan hasil *marking* sesuai permintaan *customer* serta *jig holder* produk sebagai datum batasan produk yang

akan dimarking. Peralatan yang di rancang dapat di gunakan untuk keperluan proses *finishing* bagian *line marking* berbagai macam produk *hose*.

Selanjutnya dibuat spesifikasi menyeluruh dari mesin yang di rancang meliputi geometri, kinematika, gaya, energi, material, sinyal, keselamatan, produksi, control kualitas, perakitan, pengoperasian, perawatan dan biaya. Setiap spesifikasi dikelompokan sesuai dengan kebutuhannya yang meliputi kelompok demand (D) yaitu persyaratan yang harus dipenuhi oleh mesin dan kelompok wishes (W) yaitu persyaratan tambahan berupa keinginan dari perancang ataupun pengguna. Persyaratan ini di urut menurut derajat prioritas dan sedapat mungkin di sajikan secara kuantitatif. Dengan demikian ada kejelasan spesifikasi dari mesin yang akan dibangun.

Spesifikasi lengkap peralatan yang dirancang ditunjukan pada Tabel 1. Daftar spesifikasi diabstraksikan secara bertahap sehingga didapat abstraksi perancangan.

Abstraksi satu :

Abstraksi satu merupakan proses menghilangkan hal-hal yang bersifat subjektif dan hal-hal yang tidak berhubungan dengan fungsi peralatan. Demikian dengan data kuantitatif harus diubah menjadi data kualitatif. Daftar spesifikasi pada table 1 dapat diabstraksikan menjadi :

-) Dirancang dalam skala *finishing line* di PT. Indokarlo Perkasa.
-) *Holder marker* bergerak secara vertical dengan kecepatan konstan.
-) *Jig holder* produk berputar secara horizontal dengan kecepatan konstan.
-) Dengan menggunakan *holder marker* dan *jig holder* produk akan mendapatkan hasil *marking* sesuai permintaan *customer*.
-) *Jig holder* dilengkapi dengan peralatan sehingga frakuensi putaran dapat diatur
-) Dengan adanya *holder marker* dan *jig holder* produk proses *marking* akan lebih cepat dan hasil *marking* akan lebih stabil.

Abstraksi ke dua

Abstraksi ke dua adalah proses mengubah data kuantitatif menjadi data kualitatif (bila masih ditemukan).

-) Dirancang dalam skala *finishing line marking* di PT. Indokarlo Perkasa.
-) Menghasilkan *marking* dengan ketebalan 2,2mm-2,8mm dengan stabil.
-) Frekuensi putaran *jig holder* produk dapat diatur.
-) Dengan adanya *holder marker* dan *jig holder* proses *marking* akan berkurang *cycle time* nya dan kualitas hasil *marking* akan presisi dan stabil.

Abstraksi Perancangan

Abstraksi perancangan yang merupakan esensiil yang diabstraksikan dari abstraksikan dari abstraksi ke dua, berikut ini hasilnya :

Merancang peralatan dalam skala *finishing line marking* di PT. Indokarlo Perkasa guna mendapatkan hasil *marking* dengan ketebalan 2,2mm-2,8mm secara presisi dan stabil serta guna mengurangi *cycle time* proses *marking*.

Tabel 1 Daftar spesifikasi peralatan

Daftar Spesifikasi	D/W
Geometris	
Dirancang dalam skala <i>finishing line marking</i> di PT. Indokarlo Perkasa	D
Ukuran: Panjang: 40cm dan lebar 25cm	W
Menggunakan oriental motor dan pneumatik	D
Kinematika	
<i>Holder marker</i> bergerak vertikal dengan kecepatan konstan	D
<i>Jig holder</i> produk berputar mendatar	D

Frekuensi putaran <i>jig holder</i> produk dapat diatur	D
<i>Marking produk hose</i> dengan arah vertikal	D
Memasang dan melepas produk hose dengan arah horizontal	D
Gaya	
<i>Marking produk hose</i> sampai ketebalan 2,2mm-2,8mm	D
<i>Gaya tekan yang dihasilkan holder marker</i> membuat hasil <i>marking</i> stabil	D
<i>Jig holder</i> produk membuat hasil <i>marking</i> presisi	D
Energi	
Dilengkapi dengan peralatan guna mengatur frekuensi putaran <i>jig holder</i> produk	D
Material	
Peralatan dibuat dari bahan yang mudah didapat dipasaran	D
Tidak memerlukan perlakuan khusus (heat treatment)	W
Menggunakan produk hose yang tersedia	D
Signal	
Mengatur frekuensi putaran <i>jig holder produk</i>	D
Keselamatan dan ergonomis	
Tidak membahayakan saat pengoprasian	W
Tidak menimbulkan suara berisik	W
Tidak membahayakan saat pemasangan dan pelepasan produk	W
Perakitan	
Dapat di <i>assembly</i> dengan mudah	W
Waktu untuk <i>assembly</i> singkat	W
Pengoprasian	
Dapat dioprasikan untuk berbagai macam produk <i>hose</i>	D
Hasil <i>marking</i> dengan ketebalan 2,2-2,8mm	D
Perawatan	
Tidak memerlukan perawatan khusus	W
Biaya	
Tidak memerlukan biaya besar dalam pembuatan dan perawatan	W

Menyusun Struktur Fungsi

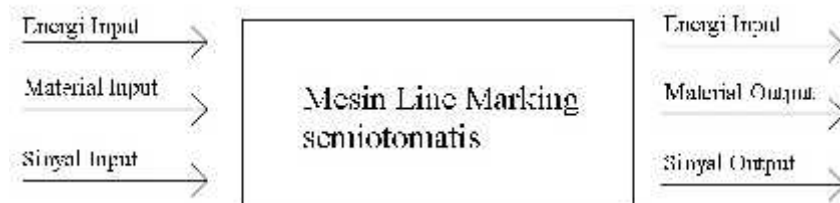
Struktur fungsi menggambarkan hubungan secara umum input dan output suatu system teknik yang akan menjalankan tugas tertentu. Struktur fungsi jika ditinjau dari fungsi keseluruhan merupakan kegunaan dari alat tersebut. Fungsi keseluruhan ini kemudian diuraikan menjadi beberapa sub fungsi yang memiliki tingkat kerumitan lebih rendah dalam penyelesaian masalah.

Sub Fungsi berperan dalam menjalankan elemen-elemen yang terdapat pada mesin tersebut. Beberapa sub fungsi dan rangkaian yang menjalankan tugas keseluruhan disebut struktur fungsi.

Tujuan sub fungsi akan tercapai dengan diuraikannya fungsi keseluruhan menjadi sub fungsi. Tujuan tersebut untuk mendapatkan definisi dari sub system yang ada maupun yang baru dikembangkan sehingga keduanya dapat diuraikan terpisah.

Fungsi Keseluruhan

Digambarkan melalui diagram blok yang menunjukkan hubungan antara *input* dan *output* yang berupa aliran energi, material, dan sinyal.

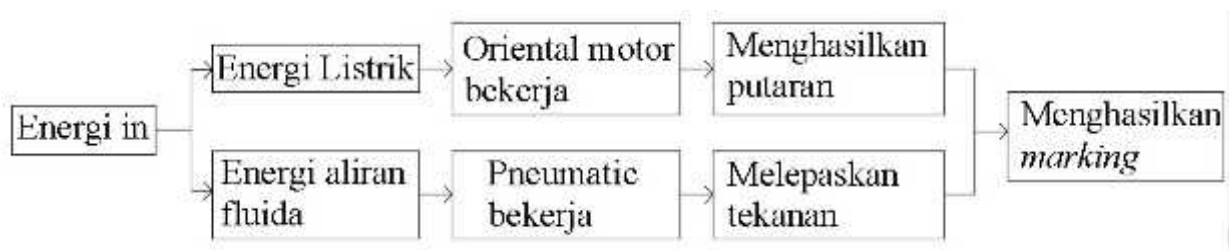


Gambar.3 Struktur Fungsi keseluruhan

Sub Struktur Fungsi

Pada diagram blok fungsi keseluruhan masih kurang detail sehingga perlu diperjelas lagi dengan menguraikan menjadi sub fungsi.

Struktur sub fungsi dimulai dari energi masukan menggunakan energi listrik (tegangan dan arus listrik) dan energi aliran fluida (tekanan dan laju aliran), selanjutnya energi listrik tersebut dirubah menjadi energi mekanis guna memutarakan produk yang akan *demarking* dan energy aliran fluida dirubah untuk melepaskan tekanan sehingga *holder marker* akan turun untuk memberikan *marking* pada produk.


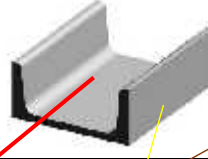
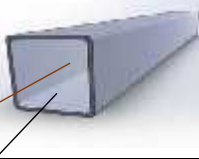
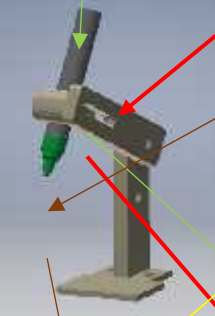
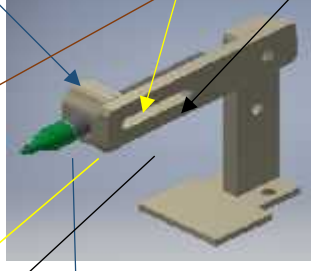
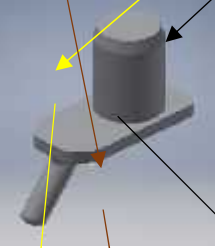
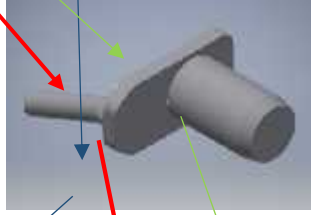



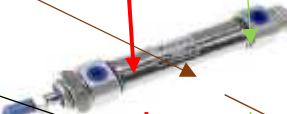





Gambar.4 Sub struktur fungsi

Prinsip Solusi

Prinsip solusi dari setiap sub struktur fungsi disusun dalam bentuk tabel kombinasi prinsip solusi sebagai dasar pemecahan masalah serta untuk menghasilkan kombinasi prinsip solusi.

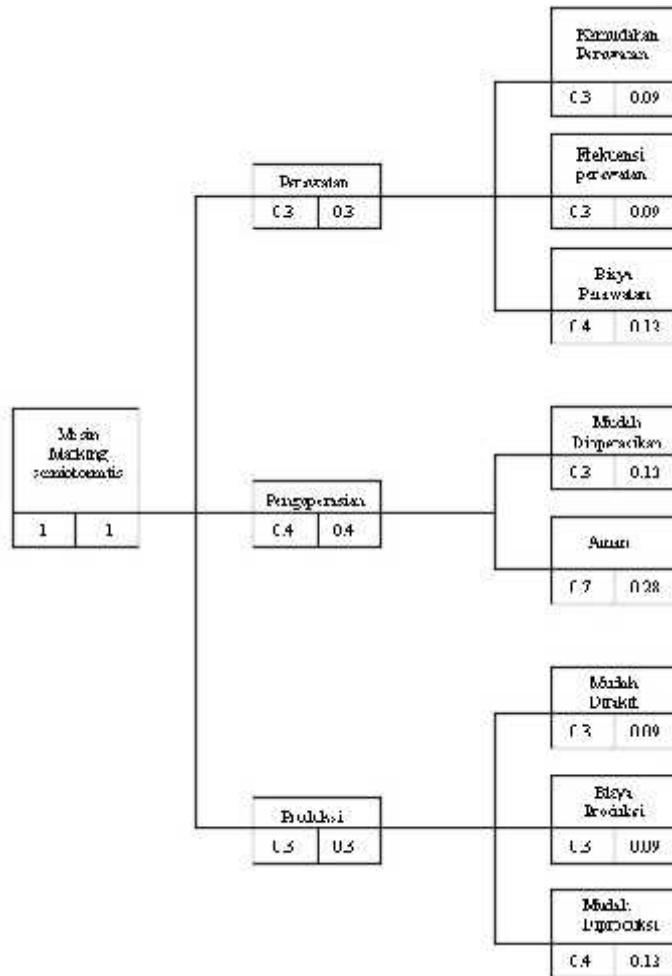
Tabel 2 Kombinasi Prinsip

No	Sub Fungsi	A	B	C
1	Rangka	<p>Profil L</p> 	<p>Profil U</p> 	<p>Profil Kotak</p> 
2	Holder Marker	<p>Posisi vertical</p> 	<p>Posisi Horizontal</p> 	
3	Jig Holder Produk	<p>Posisi Vertikal</p> 	<p>Posisi Horizontal</p> 	
4	Tipe Marker	<p>Snowman</p> 	<p>Unipaint</p> 	
5	Penggerak Holder Marker	<p>Hidrolik</p> 	<p>Pneumatik</p> 	
6	Penggerak Jig Holder Produk	<p>Motor Listrik</p> 	<p>Step Motor</p> 	<p>Servo Motor</p> 

Dengan prinsip-prinsip solusi yang ada diperoleh beberapa kombinasi :

1. Varian 1 : A1→B2→B3→A4→A5→A6
2. Varian 2 : B1→A2→B3→B4→B5→B6
3. Varian 3 : C1→B2→A3→B4→A5→C6
4. Varian 4 : A1→A2→B3→B4→B5→B6
5. Varian 5 : B1→B2→A3→A4→A5→A6
6. Varian 6 : C1→A2→A3→A4→B5→C6

Setelah itu membuat diagram pohon objektif dengan tiga bagian pokok yaitu perawatan, pengoprasian, dan produksi.



Gambar 5 Diagram Pohon Objektif

Kemudian dilakukan penilaian dengan table evaluasi penilaian yang berdasar pada diagram pohon objektif

Tabel 3 Evaluasi Penilaian

No	Kriteria	Bobot (w)	Varian 1		Varian 2		Varian 3		Varian 4		Varian 5		Varian 6	
			V 1	WV 1	V 2	WV 2	V 3	WV 3	V 4	WV 4	V 5	WV 5	V 6	WV 6
1	Kemudahan perawatan	0,09	7	0,63	8	0,72	8	0,72	8	0,72	7	0,63	8	0,72
2	Frekuensi perawatan	0,09	6	0,54	7	0,63	7	0,63	8	0,72	6	0,54	7	0,63
3	Biaya perbaikan	0,12	5	0,6	7	0,84	6	0,72	8	0,96	5	0,6	7	0,84
4	Mudah dioperasikan	0,12	8	0,96	8	0,96	8	0,96	8	0,96	8	0,96	7	0,84
5	Aman	0,28	6	1,68	7	1,96	7	1,96	7	1,96	6	1,68	7	1,96
6	Mudah di assembly	0,09	7	0,63	7	0,63	7	0,63	7	0,63	7	0,63	7	0,63
7	Biaya produksi	0,09	5	0,45	7	0,63	6	0,54	8	0,72	5	0,45	6	0,54
8	Mudah di produksi	0,12	7	0,84	7	0,84	7	0,84	7	0,84	7	0,84	7	0,84
JUMLAH		1	51	6,33	58	7,21	56	7	61	7,51	51	6,33	56	7

Varian yang akan dipilih adalah varian 4 karena memiliki nilai paling tinggi diantara varian lainnya. Varian 4 terdiri dari beberapa komponen diantaranya Rangka profil L, *Holder marker* dengan posisi vertical, *jig holder* produk dengan posisi horizontal, tipe *marker* yang digunakan unipaint, penggerak *holder marker* menggunakan pneumatic, penggerak *jig holder* produk menggunakan step motor.

Dimensi umum: panjang 400mm, lebar 250mm dan tinggi 600mm. Jenis rangka dengan profil L dipilih untuk meringankan berat mesin serta harga yang lebih murah dibanding profil yang lainnya. *Holder marker* dengan posisi vertical agar mencegah *marker* tidak cepat rusak dan hasil *marker* stabil. *Jig holder* produk dengan posisi horizontal dipilih agar memudahkan saat proses pemasangan produk. Tipe *marker* unipaint memiliki spesifikasi yang sesuai dengan permintaan *customer*. Penggerak *holder marker* menggunakan pneumatic agar proses *marking* berjalan lebih cepat. Penggunaan step motor dikarenakan mesin ini hanya membutuhkan putaran yang pelan.

1.5 Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari studi rancang bangun ini :

1. Telah dihasilkan rancangan wujud dari peralatan yang sederhana dan jelas, baik kejelasan bentuk, fungsi maupun hubungan antar fungsi.
2. Rancangan tersebut meliputi peralatan yang berfungsi untuk *marking paint* pada produk hose sesuai dengan permintaan konsumen, peralatan yang mempercepat proses *marking paint*.

1.1 Daftar Pustaka

- [1] G.Pahl, W.Beitz, J.Feldhusen, K.H.grote “ A systematic Approach third edition “ Engineering Design
- [2] Tugas Akhir Institut Pertanian Bogor “ PERANCANGAN KONSEP GUNA SIMULASI *SELF-EXCITED VIBRATION VIBRATION-TILLAGE* ”
- [3] Tugas Akhir Mercubuana “ PERANCANGAN ALAT PENERING KERTAS “

PERANCANGAN MESIN PEMBERSIH *KIRIKO* (BRAM) VALVE GUIDE CYLINDER HEAD BERBASIS SEMI OTOMATIS DI PT. X

Achmad Rofi`ul Fajri¹, Candra Damis Widiawaty²

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta Selatan, 085886332500
achmad.rofiul@gmail.com
Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia
Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

Abstrak

Pada salah satu industri otomotif terbesar di Indonesia yaitu PT. X terdapat alur produksi yang terdiri dari beberapa alur proses. Ada alur pengecoran, alur permesinan dan alur perakitan. Pada alur permesinan area Cylinder Head terbagi menjadi dua alur, yaitu rough line (pengasaran) dan finish line (penghalusan). Khusus di area finish line ini terdapat masalah, berupa temuan kiriko (bram) pada valve guide cylinder head setelah proses finish reaming, 88% merupakan total temuan kiriko di mesin IMSP (SP machine) dan 12% di mesin IMWB (Washing M/C). Hal ini akan mengakibatkan kerja piston menjadi berat sehingga kinerja engine menjadi kurang maksimal.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pembersih kiriko Valve guide di area finish line cylinder head yang mampu membersihkan lubang valve guide menggunakan perangkat lunak SolidworksTM. Metode penelitian ini menggunakan perhitungan mekanikal kemudian dianalisa menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA).

Penelitian ini menghasilkan rancangan Mesin pembersih kiriko yang mampu membersihkan 16 lubang Valve guide dengan derajat kemiringan berbeda, yaitu, 8 lubang intake kemiringan 11° dan 8 lubang exhaust kemiringan 12,3°. Sistem pembersihan ini menggunakan 2 alat penggerak, yaitu motor dan system pneumatic. Motor digunakan sebagai penggerak poros pencungkil dan sistem pneumatik sebagai lifter dan pengubah arah dalam menentukan lubang intake dan exhaust. Mesin Pembersih Kiriko ini memiliki dimensi panjang 596 mm, lebar 473 mm dan tinggi 870 mm.

Kata Kunci: Pembersih, Kiriko (Bram), Valve guide, Cylinder Head, Sistem Pneumatic, Semi otomatis

Abstract

In one of the largest automotive industry in Indonesia, PT. X there is a production flow consisting of several process lines. There are casting line, machining line and assembly line. In the line of the Cylinder Head area the engine is divided into two paths, namely rough line and finish line. Particularly in the finish line area there is a problem, in the form of kiriko finding (bram) on the valve guide cylinder head after the reaming process, 88% is total kiriko finding in IMSP machine (SP machine) and 12% in IMWB machine (Washing M / C). This will result in heavy piston work so that engine performance is less maximal.

This study aims to design a kiriko valve guide cleaning machine in the finish line cylinder head area that is able to clean the valve guide hole using SolidworksTM software. This research method uses mechanical calculation and then analyzed with Finite Element Analysis (FEA) method.

This study resulted in the design of a kiriko cleaning machine capable of cleaning 16 valve guide holes with different degrees of slope, ie, 8 ° 11° slope intake and 8 slope 12.3 exhaust slope. This cleaning system uses 2 motion tools, namely motor and pneumatic system. The motor is used as the driving of the scooping shaft and pneumatic system as a lifter and a directional modifier in determining the intake and exhaust holes. Kiriko Cleaning Machine has a length of 596 mm, 473 mm width and 870 mm height.

Keywords: Cleanser, Kiriko (Bram), Valve guide, Cylinder Head, Pneumatic System, Semi automatic

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan laju perkembangan Industri manufaktur yang semakin pesat dan kompetitif maka menuntut adanya peningkatan kualitas produk. Setiap proses produksi harus memenuhi indikator-indikator yang ditentukan seperti kebersihan produk yang dihasilkan. Ini merupakan modal awal untuk menjaga kepercayaan *customer*. Kualitas yang baik akan membuat produksi berjalan lancar sehingga dapat meningkatkan efisiensi baik dari segi material maupun biaya produksi..

Pada salah satu industri otomotif terbesar di Indonesia PT. X terdapat alur produksi yang terdiri dari beberapa alur proses. Ada alur pengecoran, alur permesinan dan alur perakitan. Alur permesinan area *Cylinder Head* terbagi menjadi dua, yaitu *rough line* (pengasaran) dan *finish line* (penghalusan). Khusus di area *finishing line* ini terdapat masalah, yaitu sering kali di temukan *kiriko* (bram) pada *valve guide cylinder head* setelah proses *finish reaming*. Umumnya ini merupakan permasalahan nasional pada industri otomotif khususnya di PT. X divisi *Engine Production plant 3 Karawang*.

Zero Kiriko pada lubang *Valve guide Cylinder Head* menjadi hal yang harus di fokuskan mengingat pentingnya area ruang pembakaran harus steril dari benda asing sekecil apapun yang dapat membuat putaran piston pada *engine* menjadi berat sehingga kinerja *engine* menjadi kurang maksimal.

Tujuan dari rancangan ini adalah untuk memenuhi kebutuhan mesin pada industri otomotif yang mampu membesihkan *kiriko* di area *finish line* secara cepat menggunakan motor dan system pneumatic dalam system otomasi sehingga tidak *mengganggu cycle time* produksi *cylinder head*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Observasi & Studi Literature

Mencari ide rancangan dari hasil observasi industri yang dituju dengan mengidentifikasi masalah yang ada dalam proses produksi. Studi literature dan melakukan studi literatur yaitu mencari informasi terkait kebutuhan produk serta produk sejenis dari paten, jurnal nasional maupun internasional.

2.2 Analisa Kebutuhan

Dari hasil observasi di PT. X, terdapat problem dimana selama ini mesin washing tidak mampu bekerja secara maksimal. Maka perlu adanya tambahan alat untuk membersihkan secara maksimal, cepat, dan efektif

2.3 Menentukan Spesifikasi

Dari analisis kebutuhan tersebut maka ditentukan spesifikasi alat pembersih *kiriko* pada *valve guide cylinder head* menggunakan cara kerja pencungkilan dengan system plug and rotary dan system pneumatic dalam otomasinya sehingga tidak menggunakan tenaga manusia.

2.4 Perancangan Konsep

Setelah menentukan spesifikasi maka dapat membuat beberapa konsep alat pembersih dengan metode pencungkilan yang dibutuhkan. Konsep dibuat menjadi 3 alternatif solusi rancangan berdasarkan kajian perbandingan dari transmisi daya dan sumber daya.

2.5 Analisis Perhitungan

Setelah menentukan salah satu dari beberapa alternatif solusi rancangan alat penyungkil *kiriko* maka untuk selanjutnya perlu dilakukan sebuah analisis perhitungan dan gaya-gaya pembebanan dengan komputer.

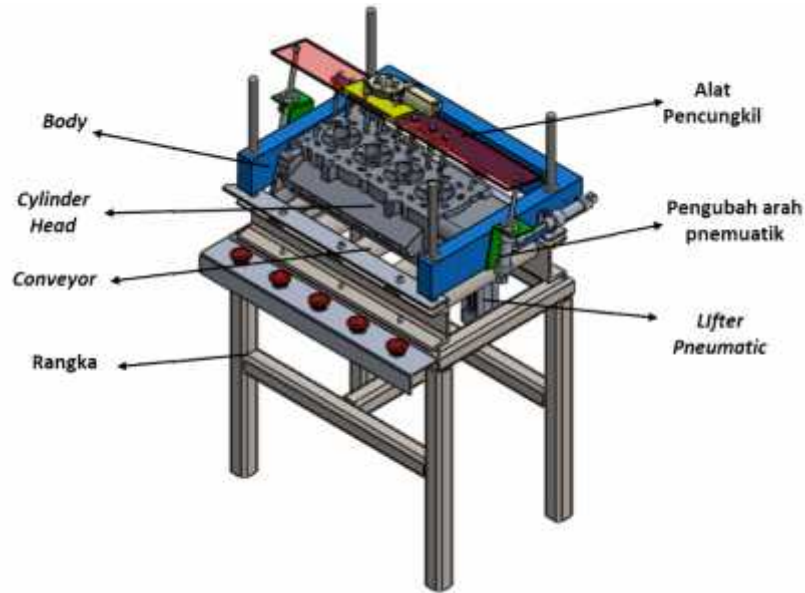
2.6 Simulasi Komputer

Setelah analisis dan perhitungan dilakukan maka desain alat di visualisasikan dalam bentuk simulasi gerakan.

2.7 Hasil

Hasil adalah menyangkut output yang dihasilkan dari penelitian berupa perancangan mesin, gambar kerja dan *bill of material*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar.1 Mesin Pembersih Kiriko tampak Isometrik

3.1 Perhitungan Daya Mesin

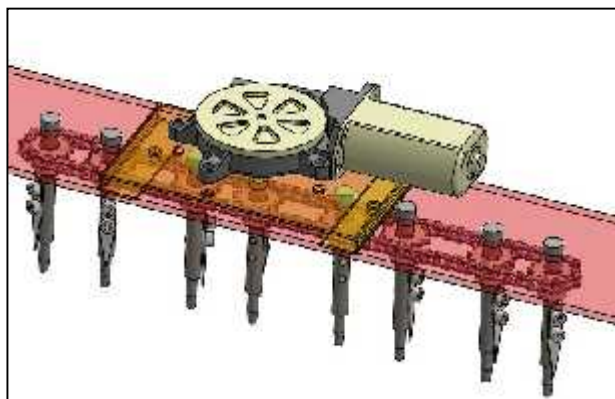
$$F_g = F \times \mu \quad \text{[Persamaan 1]}$$

$$= 2,7856 \text{ [N]}$$

$$T = F \times r_{pitch} \quad \text{[Persamaan 2]}$$

$$= 31,3943 \times 10^{-3} \text{ [Nm]}$$

Didapat gaya (F) dalam membengkokkan pipa sebesar 91 kg. Kebutuhan daya motor penggerak dapat dihitung dengan proses sebagai berikut:



Gambar.2 Ilustrasi gaya yang dialami motor

Jika, $T = \frac{P_d}{\omega}$; $P_d = P \times F_c$; dan $\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$

$$\text{Maka, } P = T \times \left(\frac{2 \times \pi \times n}{60 \times f_c} \right) \quad \text{[Persamaan 4]}$$

$$= 0,263 \text{ [Watt]}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat diketahui daya yang dibutuhkan untuk melakukan pengerolan, adalah sebesar $6.90930 \times 10^{-2} \text{ [Watt]}$. Melihat daya motor yang ada di pasaran, faktor keamanan dan keawetan motor listrik maka digunakan motor listrik dengan Spesifikasi motor listrik yang digunakan:

3.2 Perhitungan Poros Pencungkil

- 1) Daya yang ditransmisikan
 Daya motor (P) = 8.3775 [Watt] atau 1.123×10^{-2} [HP]
 Putaran Poros (n) = 80 rpm
- 2) Faktor Koreksi yang digunakan (f_c), adalah 1
- 3) Daya rencana (P_d), (Sumber: Sularso dan Kyokatsu Suga, 2002:21

$$P_d = P \times f_c \quad \text{[Persamaan 5]}$$

$$= 8.3775 \times 10^{-3} \text{ [KW]}$$

Bahan Poros S45C

Bahan yang digunakan adalah S45C dengan spesifikasi Menurut G. Niemann (1996:96) dalam tabel baja JIS4051, bahan dengan HB 201-269 H. Besarnya kekuatan tarik bahan $\sigma_t = 625 \text{ [MPa]}$, Shear Modulus = $8000 \text{ [N/mm}^2]$, Yield = $> 490 \text{ [MPa]}$

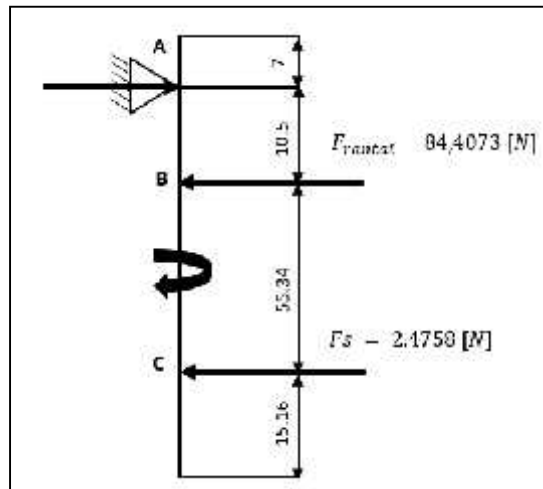
- 4) Diameter poros Diketahui

Rumus :

$$d_s = \left[\frac{51}{\tau_{ijin}} K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{[Persamaan 6]}$$

$$d_s = 4,0896 \text{ [mm]}$$

- 5) Pembebanan yang terjadi pada poros utama (lihat Gambar 4)
 Poros Mengalami beban tekanan dari gaya pada rantai sprocket dan gaya gesek antara *kiriko*



(bram) dengan poros (F_s)

Gambar 4 Freebody diagram pencungkil

Diameter Poros dari Tegangan Bending Equivalent

$$\frac{\pi}{32} \times \sigma \times d^3 = \frac{1}{2} (M_A + \sqrt{M_A^2 + T^2}) \quad \text{[Persamaan 7]}$$

$$d = 4,3336 \text{ [mm]}$$

Diameter Poros dari Tegangan Puntir Equivalent

$$\frac{\pi}{16} \times \sigma \times d^3 = \sqrt{M_A^2 + T^2} \quad \text{[Persamaan 8]}$$

$$d = 4,55474 \text{ [mm]}$$

3.3 Analisis Perencanaan Transmisi Alat/Mesin

1. Perhitungan kecepatan rantai (11:11)

Menurut Sularso dan Suga (1985) Kecepatan *linear* rantai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus:

$$V = \frac{(P) \times (z) \times (n)}{60 \times 1000} \quad [\text{Persamaan 9}]$$

$$V = 9.931333 \times 10^{-2} \text{ [m/s]}$$

Jadi kecepatan *linear* pada rantai sebesar 0,16 m/s. Kecepatan rantai tersebut tidak melebihi dari kecepatan rantai yang diijinkan, kecepatan rantai yang diijinkan sebesar 4- 10 m/s maka dapat dikatakan kecepatan aman.

2. Perhitungan beban yang bekerja pada rantai (11:11)

Perhitungan daya rencana sudah didapat dari perhitungan sebelumnya, (P_d) = 0,746 [KW]. Setelah itu, besarnya beban yang bekerja pada satu rantai dapat dihitung menggunakan persamaan rumus:

$$F = \frac{(102) \times (P_d)}{v} \text{ [Kg]} \quad [\text{Persamaan 10}]$$

$$F = 8,60413 \text{ [Kg]}$$

Jadi besarnya beban yang terjadi pada rantai 1 adalah 8.60413 kg. Besarnya beban pada rantai lebih kecil dari beban yang diijinkan (476 kg < 520 kg), maka dapat dinyatakan rantai yang digunakan aman/baik.

3. Menghitung *breaking load* untuk rantai

Kekuatan putus rantai / kekuatan maksimal gaya yang mampu diterima rantai dapat dihitung dengan rumus:

$$WB = 106 \times p^2 \quad [\text{Persamaan 11}]$$

$$= 4274.185 \text{ [N]}$$

4. Menghitung daya maksimal yang ditransmisikan oleh rantai.

Untuk menentukan daya maksimal yang ditransmisikan oleh rantai terlebih dahulu menentukan *Service factor*.

$$P = \frac{WB \times v}{n \times 1875} \quad [\text{Persamaan 12}]$$

$$P = 32.34 \text{ [Watt]}$$

Jadi beban yang digunakan 8.3775 [Watt] < 32.34 [Watt] dari beban maksimal maka, rantai aman.

5. Menghitung daya maksimal yang ditransmisikan oleh rantai

Daya maksimal yang ditransmisikan dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{WB \times v}{n \times K_s} \quad [\text{Persamaan 13}]$$

$$P = 32.34 \text{ [Watt]}$$

6. Menghitung Beban Total yang diterima oleh rantai.

Menghitung Beban Total yang diterima oleh rantai dengan menjumlah semua gaya yang bertitik tumpu pada rantai dapat dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{F}{v} \quad [\text{Persamaan 14}]$$

$$W = 325.636 \text{ [N] (Tanpa beban)}$$

Jadi transmisi rantai ini AMAN menahan beban 330.42224 N Karena tidak melebihi *breaking load* (Wb) yaitu 4274.185 [N]

3.4 Analisa Perhitungan Plat

Bahan plat yang digunakan adalah Alumuium 6061 T6 dengan spesifikasi:

Tegangan Tarik : 310 [N/mm²]
 Poisson : 0.33 [N/A]
 Yield steght : 275 [N/mm²]
 Density : 2700 [kg/m³]
 Hardening Factor : 0.85 [N/A]

Analisa Pembebanan :

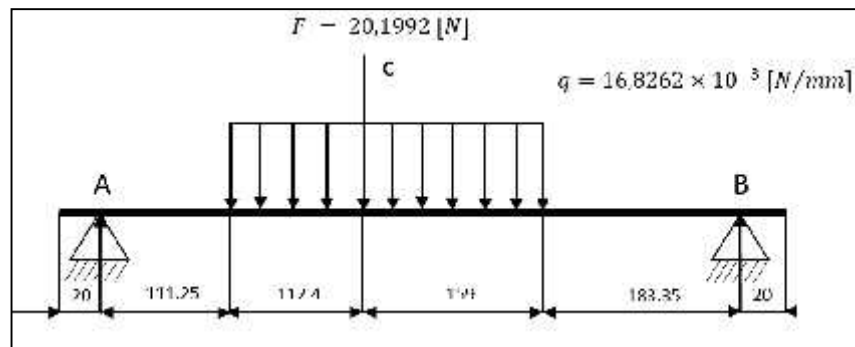
$$\begin{aligned}
 \text{Massa(plat + motor)} &= 2,05905 \text{ [kg]} \\
 F \text{ (plat + motor)} &= m \times g \\
 &= 2,05905 \times 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} \\
 &= 20,19928 \text{ [N]} \\
 \text{Massa (poros+rantai + sprocket)} &= 0,46551 \text{ [kg]} \\
 F \text{ (poros+rantai + sprocket)} &= m \times g \\
 &= 0,46551 \times 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} \\
 &= 4,4666 \text{ [N]}
 \end{aligned}$$

Jika gaya pada poros dan sprocket dianggap beban merata maka dapat dirumuskan :

$$q = \frac{F}{L} \quad \text{[Persamaan 15]}$$

$$q = 14.9587 \text{ [N/m]} \approx 0.0149587 \text{ [N/mm]}$$

Gambar 5 Skema Pembebanan pada Plat



Momen maksimum plat :

$$\begin{aligned}
 M_B &= F \times l \quad \text{[Persamaan 16]} \\
 &= 8372,1796 \text{ [Nmm]}
 \end{aligned}$$

Moment Inersia plat :

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{h^2 \times b}{6} \quad \text{[Persamaan 17]} \\
 &= 15 h^2
 \end{aligned}$$

Mencari Tebal Plat

$$\begin{aligned}
 \sigma_b &= \frac{M}{Z} \quad \text{[Persamaan 18]} \\
 &= 3,4896 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

3.5 Menentukan Umur Bearing

Menentukan beraing poros pencungkil diketahui data diameter shaft 8 [mm] c = 0,3 {kN}

$P_{ballbearing} = 3 P_{rollerbearing} = \frac{10}{3}$ Untuk menentukan umur bearing maka, diperlukan rumus :

$$L = \left(\frac{c}{s}\right)^p [10^6 \cdot \text{putaran}] \quad [\text{Persamaan 19}]$$

$$= \left(\frac{0,3 \times 10^3 [N]}{86,883 [N]}\right)^{1,5} [10^6 \cdot \text{putaran}]$$

$$= 41,16726 \times 10^6 \cdot [\text{putaran}]$$

$$Lh = \frac{L \times 10^6}{N \times 60} [\text{jam}] \quad [\text{Persamaan 20}]$$

$$= \frac{41167263,82 \times 10^6}{80 [\text{rpm}] \times 60} [\text{jam}]$$

$$= 8576,51329 \quad [\text{jam}]$$

$$= \frac{8576,51329 [\text{jam}]}{8 \times 5 \times 4 \times 12 \left[\frac{\text{jam}}{\text{tahun}}\right]}$$

$$= 4,46693 [\text{tahun}]$$

3.6 Analisa Perhitungan Baut

Baut Pneumatik Lifter

Menentukan tegangan geser baut pneumatik lifter menggunakan baut M6 sebanyak 2 buah, bahan terbuat dari low carbon dengan property 4,6 (lampiran) dengan tegangan geser ijin 50 [N/mm²]

Perhitungan tegangan yang terjadi pada penampang baut pneumatik :

$$\tau_g = \frac{F_{geser} \times 4}{\pi \times d^2 \times n} \quad [\text{Persamaan 21}]$$

$$\tau_g = 1,2666 [N/mm^2]$$

a) Menentukan Tegangan Tarik Baut *Lifter*

$$\sigma_t = \frac{F \times n}{\pi \times d_t^2} \quad [\text{Persamaan 22}]$$

$$\sigma_t = 0,1 [N/mm^2]$$

b) Menentukan Tegangan geser maksimum

$$\tau_{g(\max)} = \sqrt{\tau_g^2 + \left(\frac{\sigma_t}{2}\right)^2} \quad [\text{Persamaan 23}]$$

$$\tau_{g(\max)} = 1,2675 [N/mm^2]$$

c) Menentukan Tegangan Tarik maksimum

$$\sigma_{t(max)} = \frac{\sigma_t}{2} + \sqrt{\tau_g^2 + \left(\frac{\sigma_t}{2}\right)^2} \quad \text{[Persamaan 24]}$$

$$\sigma_{t(max)} = 1,3175 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai $\sigma_{t(max)} = 1,3175 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ dan karena $\tau_{g(max)} = 1,2666 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ tegangan tarik dan geser maksimum yang diterima tiap baut $< \tau_{bahan\ baut}$ sehingga baut yang digunakan pada penampang pneumatic lifter aman.

3.7 Analisis Perhitungan Kekuatan Las

Kekuatan lasan pada poros sliding akan dibahas untuk mengetahui lasan ditinjau dari tegangan bending dan tegangan geser. Tebal lasan minimum 3 [mm] (lampiran)

- a. Pengelasan pada poros *slider*

Ditinjau dari tegangan bengkok maka dirumuskan :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} \\ &= \frac{F_{normal} \times s \times 3\sqrt{2}}{t \times l^2} \\ &= 0,0374 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

Menentukan tegangan geser maka dirumuskan :

$$\begin{aligned} \tau_g &= \frac{F}{A} \quad \text{[Persamaan 25]} \\ &= \frac{F_{normal}}{\sqrt{2} \times t \times l} \\ &= 0,0196 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

- b. Menentukan Tegangan bengkok maksimum :

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{\sigma_b}{2} + \frac{1}{2} \times \sqrt{\sigma_b^2 \times 4 + \tau_g^2} \quad \text{[Persamaan 26]} \\ \sigma_{max} &= 0,04578 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

- c. Menentukan Tegangan geser maksimum :

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{1}{2} \times \sqrt{\sigma_b^2 \times 4 + \tau_g^2} \quad \text{[Persamaan 27]} \\ \sigma_{max} &= 0,02708 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

- d. Menentukan Tegangan Ijin Banahn Elektroda

Jika elektroda yang digunakan E90XX $\sigma_t = 620,973 [N/mm^2]$ dengan safety factor = 4

maka dirumuskan :

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_t}{v} \quad \text{[Persamaan 28]}$$

$$= \frac{620,973 [N/mm^2]}{4}$$

$$= 155,24325 [N/mm^2]$$

$$\tau_g = 0,5 \times \sigma_{ijin} \quad \text{[Persamaan 29]}$$

$$= 77,6216 [N/mm^2]$$

Setelah didapat nilai $\sigma_{max} = 0,04578 [N/mm^2]$, $\tau_{max} = 0,0278 [N/mm^2]$ nilai

$\sigma_{ijin} = 155,24325 [N/mm^2]$, dan $\tau_g = 77,616 [N/mm^2]$ maka nilai $\sigma_{max} < \sigma_{ijin}$ dan

$\tau_{max} < \tau_{gijin}$, sehingga lasan yang digunakan aman.

3.8 Analisis Perhitungan Sistem Pneumatic

Dalam perancangan mesin pembersih kiriko ini digunakan sistem pneumatic dalam sistem otomasinya sehingga mesin mampu bekerja tanpa tenanga manusia. Diketahui tekanan standar pada PT. X adalah 4-6 bar, diambil tengah-tengan sehingga $p = 5 \text{ bar}$ atau $500000 [N/m^2]$.

Perhitungan diameter pada pneumatic.

$$F_a = A \times p \quad \text{[Persamaan 30]}$$

$$14,4522 [N] = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 500000 [N/m^2]$$

$$D = \sqrt{3,68022 \times 10^{-5}}$$

$$D = 6,0664 \times 10^{-3} [m]$$

Secara teori didapat diameter silinder $3,90797 \times 10^{-3} [m]$ secara actual , silinder yang dipakai adalah 10 [mm] sehingga aman.

e. Gaya dorong Silinder 1

Diketahui diameter yang digunakan adalah 10 [mm] dan $p = 500000 [N/m^2]$

$$F_a = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p \quad \text{[Persamaan 31]}$$

$$F_a = 39,2699 [N]$$

f. Effectife Piston Force

$$F_r = (\text{ambil rata - rata } 10\%)$$

$$F_r = 3,92699 [N]$$

Dihitung melauai rumus :

$$F_a = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p - F_r \quad \text{[Persamaan 32]}$$

$$F_a = 35,3429 [N]$$

Maka besar gaya dorong yang dihasilkan piston adalah 35,3429 [N] karena lebih besar dari perhitungan gaya yang dibutuhkan, sehingga silinder yang digunakan aman.

g. Gaya Tarik Silinder 1
$$F_a = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times p \quad \text{[Persamaan 33]}$$

$$F_a = 14,13766 \text{ [N]}$$

h. Effectife Piston Force
$$F_r = (\text{ambil rata - rata } 10\%)$$

$$F_r = 1,413766 \text{ [N]}$$

Dihitung melauai rumus :

$$F_a = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times p - F_r \quad \text{[Persamaan 34]}$$

$$F_a = 12,72345 \text{ [N]}$$

Maka besar gaya dorong yang dihasilkan piston adalah 12,72345 [N] karena lebih besar dari perhitungan gaya yang dibutuhkan, sehingga silinder yang digunakan aman.

i. Konsumsi udara tiap langkah piston

Kebutuhan udara mampat untuk silinder kerja ganda digunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$Q = 2 \times (s \times n \times A) \times \frac{P_s + P_{atm}}{P_{atm}} \quad \text{[Persamaan 35]}$$

$$Q = 2 \times (8,5 \times 300 \times 0,785) \times 5,9$$

$$Q = 23629,65 \text{ [cm}^3/\text{menit]}$$

$$Q = 23,62065 \text{ [l/menit]}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka jumlah udara yang harus dialirkan kedalam silinder pneumatic tersebut adalah **23,62065 [l/menit]**.

4. KESIMPULAN

1. Terdapat Mesin Pembersih *Kiriko* di area Finish Line *Cylinder Head*.
2. Tidak ditemukan lagi *kiriko* di *valve guide* baik lubang *intake* maupun *exhaust*
3. Proses yang dilakukan cepat tidak mengganggu cycle time produksi cylinder head
4. Menggunakan motor dan pneumatic dalam sistem otomasinya sehingga tidak menggunakan tenaga manusia.

5. 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. Ibu Candra Damis Widiawaty, S.TP., MT., sebagai dosen pembimbing Skripsi.
2. Bapak Gazali S.T, sebagai pembimbing indutri selama magang di PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia.
3. Bapak Oktavian Heru, sebagai Departement Head Engineering Service PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sularso. Kyokatsusuga. 1978. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Praditya Paramita : Jakarta.
- [2] Khurmi, R S. Gupta, J K. 1982. Machine Design. Eurasia Publishing House (Pvt) ltd: Ram Nagar. New Delhi. India.
- [3] Parr, Andrew, 2003. Hidrolika Dan Pneumatika Pedoman Untuk Teknisi dan Insinyur Edisi II (terjemahan), Erlangga : Jakarta
- [4] Pramono, Modul Pneumatic, 2008. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Tekni Universitas Negeri Semarang : Semarang
- [5] Karl T. Ulrich dan Steven D. Eppinger, 2001. Perancangan dan Pengembangan Produk. Salemba Teknika : Jakarta
- [6] Prasetyo Awaludin adi, Skripsi (2016). RANCANG BANGUN SIMULATOR LIFT PENGIRIM BARANG DENGAN PNEUMATIK. Jurnal Online Fakultas Teknik UNNES.
- [7] W.K Lai, M.F.R. and N.A.W., 2012. MODELING AND CONTROLLER DESIGN OF PNEUMATIC ACTUATOR SYSTEM WITH CONTROL VALVE. *International Journal*, 5(3).
- [8] Marroquin, J.N. et al., 2011. Combined Pneumatic Vehicle Jack And Compressor. , (12).
- [9] Campbell., A. h., 1917. Crowbar. , pp.1–2.
- [10] E.C.Carlson, 1928. Crowbar Attactment. , 6, pp.6–8.
- [11] Bond, W.R., 2001. Crowbar. , (12), pp.1–3.

RANCANG BANGUN MEJA KALIBRASI 3 DOF DENGAN PENGATURAN SUDUT SEBAGAI PENUNJANG PERANGKAT 3D SCANNER

Muchammad Fadzilah¹, Ika Nur Karima¹, Sonki Prasetya²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia
Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530, muchammadfadzilah@gmail.com

² Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Proses kalibrasi 3D scanner merupakan proses penentuan posisi kamera terhadap koordinat referensi. Posisi kamera terhadap koordinat ini yang nantinya akan dijadikan acuan sebagai pengukuran benda saat proses pemindaian berlangsung. Kalibrasi dilakukan secara manual dengan mengatur sudut putaran dan sudut kemiringan papan kalibrasi sesuai dengan posisi yang diinstruksikan pada software. Penentuan sudut putar serta sudut kemiringan papan kalibrasi ini dinilai kurang efisien karena memakan waktu lama serta banyaknya gerakan yang dilakukan.

Melihat permasalahan tersebut maka dibutuhkan alat bantu proses kalibrasi berupa meja putar kemiringan yang mampu mengatur sudut putaran dan kemiringan dengan pengaturan kontrol. Meja putar kemiringan dibuat memiliki 3 DOF, sesuai dengan kebutuhan proses kalibrasi. Sistem kontrolnya menggunakan input berupa sensor accelerogyro yang diatur mikrokontroler arduino uno dengan penggerak motor DC. Pergerakan motor DC diatur agar memenuhi kebutuhan sudut proses kalibrasi yaitu 25° dan 40° serta memenuhi kebutuhan sudut proses pemindaian dengan pergerakan sudut setiap 5° yang memiliki toleransi $\pm 0.5^\circ$.

Kata Kunci : 3D Scanner, Kalibrasi, Meja putar kemiringan

Abstract

The calibration process on 3D scanner is process of positioning the camera against the reference coordinates. Camera position to this coordinate which will be used as a reference as a measurement of objects during the scanning process. Calibration is done manually by adjusting the angle of rotation and the angle of the calibration board in accordance with the position instructed in the software. Determination of turn angle and the angle of this calibration board is considered less efficient because it takes a long time and the number of movements performed.

Seeing these problems then needed tool a calibration process in the form of a tilting swivel table that is able to adjust the angle of rotation and tilt with the control settings. Tilting rotary table made 3 DOF, in accordance with calibration requirement. The control system uses Accelerogyro sensor input which is arranged by arduino uno microcontroller with DC motor drive. The movement of DC motor is arranged to meet the need of calibration angle of 25° and 40° and to meet the need of scanning angle with angle movement every 5° which has tolerance $\pm 0.5^\circ$.

Keywords: 3D Scanner, Calibration, Tilting Rotary Table

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Dalam industri dan sistem pembentukan saat ini penting adanya sistem pengukuran yang teratur. Salah satu alat pengukuran yang digunakan dalam proses pembentukan digital suatu objek ialah 3D scanner [1]. 3D scanner berfungsi mendigitalkan dunia nyata agar memungkinkan untuk dihubungkan dengan software [2]. Prinsip kerja 3D scanner ialah memindai suatu objek dari jarak jauh tanpa harus menyentuh objek. Sehingga pengukuran pada objek tersebut di dapatkan akurat. Sebelum 3D scanner digunakan untuk memindai terdapat satu proses penting yang harus dilakukan yaitu proses kalibrasi [3].

Proses kalibrasi 3D scanner merupakan proses penentuan posisi kamera terhadap koordinat referensi [3]. Posisi kamera terhadap koordinat ini yang nantinya akan dijadikan acuan sebagai pengukuran benda saat proses pemindaian berlangsung. Kalibrasi dilakukan secara manual dengan mengatur sudut putaran dan sudut kemiringan papan kalibrasi sesuai dengan posisi yang diinstruksikan pada software. Penentuan sudut putar serta sudut kemiringan papan kalibrasi ini dinilai kurang efisien karena memakan waktu lama dengan banyaknya gerakan yang dilakukan.

Proses kalibrasi dapat dilakukan dengan bantuan meja putar kemiringan. Kebanyakan meja putar kemiringan digunakan sebagai pegangan ragum dalam pembuatan komponen mesin dengan

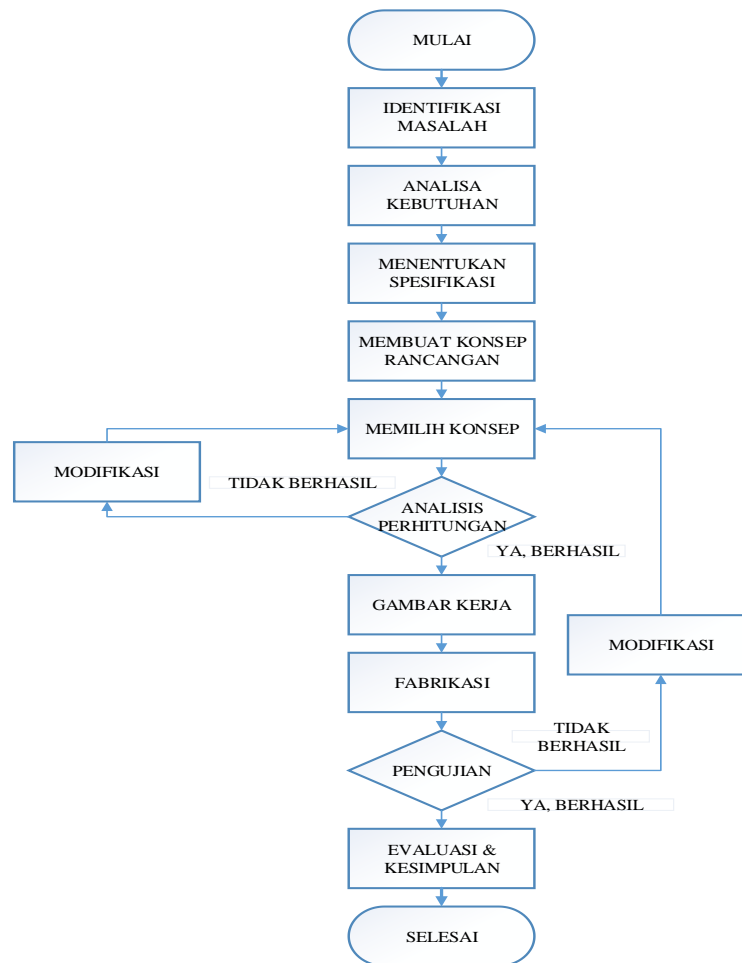
dua sumbu rotasi. Ukuran terkecil diameter meja putar kemiringan ialah 10 [cm] dengan ukuran keseluruhan sebesar 59 x 45 x 26 [cm] dan ukuran diameter terbesarnya 120 [cm] dengan ukuran meja sebesar 262 x 82 x 112 [cm] [4]. Selain digunakan sebagai pemegang ragam dalam pembuatan komponen mesin terdapat juga meja putar kemiringan yang digunakan sebagai motion simulator. Motion simulator ini digunakan untuk pengujian produk dengan ruang suhu yang dapat memberikan suhu tinggi dan rendah yang ekstrim. Ruangan suhu tersebut di gerakan dengan tiga sumbu rotasi menggunakan sistem meja putar kemiringan. Pengaturan sistem kontrol meja putar tersebut sudah di otomasi dengan kontroller ACUTROL@3000e yang memungkinkan tepatnya pengukuran dan kontrol loop tertutup terhadap posisi [5].

Namun meja putar kemiringan yang sudah ada tidak dapat digunakan untuk membantu proses kalibrasi pada 3D scanner. Sehingga dibutuhkan meja putar kemiringan dengan control sebagai perangkat pendukung proses kalibrasi pada 3d scanner. Meja putar kemiringan dengan kontrol ini diharapkan dapat mengefisiesikan waktu dari proses kalibrasi serta membantu proses pemindaian.

2. Tujuan

Tujuan dari pembuatan meja putar kemiringan ialah membuat meja yang dapat diatur sudut putar dan sudut kemiringannya dengan kontrol yang perubahan sudutnya sebesar 5° . Serta beberapa sudut istimewa sesuai kebutuhan yaitu 25° , 40° , dll dengan toleransi ± 0.5 . Sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu proses kalibrasi.

II. Metodologi



Gambar.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap proses kalibrasi dalam penggunaan 3D scanner di Lab. Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Berdasarkan diskusi yang dilakukan dengan dosen matakuliah reverse engineering yang bernama Bapak Drs. Mochammad Sholeh, S.T, M.T. untuk memepermudah dan memepercepat proses kalibrasi 3D scanner dibutuhkan sebuah alat sebagai pembantu perangkat 3D scanner, berupa meja kalibrasi. Dalam penggunaannya meja kalibrasi di harapkan dapat memenuhi permintaan posisi kalibrasi serta pemindaian 3D scanner.

2. Analisa Kebutuhan

Analisa kebutuhan merupakan proses yang dilakukan untuk mencari informasi serta solusi dari permasalahan yang terjadi. Informasi yang dicari ialah informasi yang berkaitan dengan kebutuhan produk serta produk sejenis. Informasi akan kebutuhan di dapatkan dari survei langsung kepada pengguna 3D scanner di BPPT, PNJ dan PT. HENINDO. Sedangkan informasi produk sejenis diambil dari beberapa katalog.

a. Hasil survei

Tabel.1 Hasil survei yang dilakukan pada BPPT, PNJ, HENINDO

Tempat	BPPT	PNJ	PT. HENINDO
Kemiringan	Bebas (setiap 5) , 40, dan \perp kamera	Bebas (setiap 1) 40,	Bebas (setiap 1) 40, 25
Sudut putar	Bebas (setiap 5), setiap 90°	Bebas (setiap 1), setiap 90°	Bebas (setiap 5), setiap 90°
Beban	1 kg	2 kg	
lain –lain	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah di bawa • Mudah di pindah • Mudah dirawat • Dapat di gunakan untuk scanning 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah di pindah • Mudah dirawat • Dapat di gunakan untuk scanning 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah di bawa • Mudah di pindah • Mudah dirawat • Dapat di gunakan untuk scanning
Efisiensi	Operator satu dengan banyak gerakan /operator 2		

b. Analisa kebutuhan

Informasi kebutuhan yang di dapat dari hasil survei kemudian disajikan dalam tabel indikator disertakan nilai kepentingannya

Tabel.2 Indikator Kepentingan

Indicator	Nilai
Penting sekali	5
Penting	4
Cukup penting	3
Kurang penting	2

Tabel.3 Analisa Kebutuhan dan Nilai Kepentingan

No	Analisa kebutuhan	kepentingan
1	Mekanisme	5
2	Tahan beban	4
3	Mudah dibawa	3
4	Mudah di pindah (geser)	4
5	Mudah dirawat	4
6	Bisa digunakan untuk scanning	5
7	Otomasi (mudah digunakan)	5
8	Harga	4

c. Analisa Kemampuan Produk

Setelah analisa kebutuhan dilakukan, kemudian di buat analisa kemampuan produk yang dilengkapi nilai kepentingan. Kemampuan produk ini dibuat berdasarkan analisa kebutuhan yang dibuat sebelumnya.

Tabel.4 Analisa Kemampuan Produk dan Nilai Kepentingan

Kebutuhan	Analisa kemampuan produk	Kepentingan	Satuan
1,6	Kemiringan	5	° (derajat)
1,6	Berputar	5	° (derajat)
1	Menjaga posisi tengah	3	-
1	Presisi	5	± 0.5 ° (derajat)
1,2,6	Torsi motor	5	Nm
1,6	Naik turun	3	-
1,3,4	dimensi mesin (p,l,t)	4	mm
1,2,6	Dapat menaham beban objek scanning	4	kg
3,4	Berat alat	4	kg
5	Perawatan standar (pembersihan)	3	-
5	Material anti karat	3	-
7,	Mengurangi gerakan dan jumlah operator	5	orang
7,	Mengurangi waktu kalibrasi	5	s
7,	Mudah digunakan (otomasi)	5	-
8	Biaya produksi	4	Rp





d. Analisa Produk Sejenis

Setelah ditentukannya spesifikasi produk kemudian dicari alat – alat yang sejenis untuk dilakukan kajian pembandingan berdasarkan kebutuhan. Kajian pembandingan dilakukan dengan menjelaskan kemampuan produk.

Tabel.5 Indikator Kepentingan

Indicator	Nilai
Baik Sekali	5
Baik	4
Cukup Baik	3
Kurang Baik	2
Tidak Baik	1

Tabel.6 Perbandingan Alat Sejenis

Indikator	Alat 1	Alat 2	Alat3	Alat4
Gambar	 Motion Simulator BD 357 TCG	 Rotary Table 5AX-550FA-M	 Bench Model Positioners	 ATOS GOMROT 640
Mekanisme	4	3	3	2
Tahan beban	3	3	4	3
Mudah dibawa	1	2	3	4
Mudah di (geser)	1	2	3	4
Mudah dirawat	3	3	4	4
Bisa digunakan untuk scanning	1	2	3	5
Otomasi (mudah digunakan)	5	5	4	3
Harga	1	2	3	4
Jumlah	19	22	27	29

3. Menentukan Spesifikasi dan Konsep rancangan

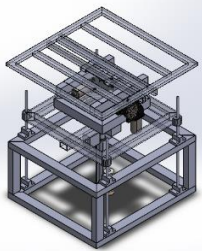
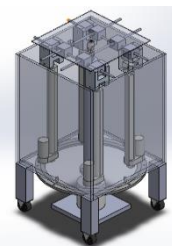
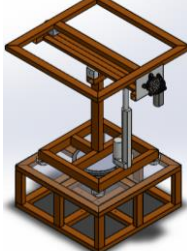
Setelah dilakukan kajian pembandingan kemudian dapat ditentukan spesifikasi target dari alat yang akan dibuat.

Tabel.7 Analisa Kemampuan Produk dan Nilai Ideal

Analisa kemampuan produk	kepentingan	satuan	Nilai ideal
Kemiringan	5	°(derajat)	0 - 45
Berputar	5	°(derajat)	360
Menjaga posisi tengah	3	-	✓
Presisi	5	°(derajat)	0.5
Torsi motor	5	Nm	3
Naik turun	3	-	✗
dimensi mesin (p,l,t)	4	mm	Max 750, 750, 750
Dapat menaham beban objek scanning	4	kg	2
Berat alat	4	kg	7
Perawatan standar (pembersihan)	3	-	-
Mengurangi gerakan dan jumlah operator	5	orang	1
Mengurangi waktu kalibrasi	5	s	420
Mudah digunakan (otomasi)	5	-	✓
Biaya produksi	4	Rp	5.000.000

Setelah spesifikasi ditentukan selanjutnya dibuat konsep rancangan. Pembuatan konsep rancangan merupakan tahap pencarian model alat yang akan dibuat. Beberapa alternatif perancangan dibuat sesuai dengan kebutuhan mekanisme.

Tabel.8 Perbandingan Konsep Rancangan

Indikator	Disain 1	Disain 2	Disain 3
Gambar			
Mekanisme	5	4	4
Tahan beban	3	3	3
Mudah dibawa	3	3	3
Mudah di (geser)	3	3	3
Mudah dirawat	4	4	4
Bisa digunakan untuk scanning	5	1	1
Otomasi (mudah digunakan)	4	4	4
Harga	4	3	4
Fabrikasi	3	2	4
Jumlah	34	27	30

Setelah di dapat jumlah nilai total dari setiap konsep rancangan disain maka dapat dipilih konsep rancangan terbaik adalah desain 1.

4. Analisa Perhitungan

Analisa perhitungan dilakukan pada part & komponen untuk mengetahui apakah spesifikasi yang sudah di tentukan aman atau tidak untuk digunakan. Jika hasil dari analisa perhitungan dinilai tidak aman maka akan dilakukan perhitungan kembali untuk menentukan ukuran atau spesifikasi

yang aman untuk di gunakan. Perhitungan yang akan dilakukan terkait dengan pemilihan motor serta kekuatan rangka dan sambungan.

5. Gambar Kerja

Gambar kerja dibuat ketika part dan komponen yang di disain sudah melalui analisa perhitungan dan dikatakan aman untuk digunakan. Pembuatan gambar kerja dibuat untuk keperluan proses manufaktur (fabrikasi). Pembuatan gambar kerja dilakukan pada software SolidWork.

6. Fabrikasi Mesin

Fabrikasi mesin ialah pembuatan mesin yang telah di desain. Proses fabrikasi akan dilakukan di ruang KSM Psychorobotik. Fabrikasi dimulai dari pembelian part dan komponen hingga pemasangan part dan komponen elektrik yang dibutuhkan. Beberapa part yang sudah dibeli harus melewati proses permesinan sehingga didapat ukuran sesuai dengan gambar kerja yang telah dibuat. Setelah part dan komponen selesai melalui proses permesinan, part dan komponen akan dirakit. Proses perakitan dilakukan baik terhadap komponen mekanik ataupun komponen elektrik.

7. Pengujian

Proses pengujian dimaksudkan untuk membuktikan apakah mesin yang telah dibuat bekerja sesuai dengan mekanisme yang ditentukan atau tidak. Terdapat dua pengujian yang dilakukan yaitu pengujian simpangan baku dan pengujian waktu sebelum dan sesudah otomasi.

a. Pengujian deviasi (simpangan baku)

Pengujian simpangan baku dilakukan terhadap kesesuaian data pada program dengan data yang dibaca oleh sensor sudut accelerogyro. Kesesuaian data program juga di ukur dengan protaktor (busur derajat) guna menghindari kerusakan yang terjadi pada sensor. Jika terjadi ketidaksesuaian sudut pada program dengan pengukuran yang dilakukan maka dilakukan analisa lebih lanjut terhadap program dan desain yang dibuat.

b. Pengujian waktu

Proses pengujian dilakukan terhadap waktu proses kalibrasi sebelum menggunakan meja putar kemiringan (otomasi) dengan waktu sesudah otomasi. Proses pengujian dilakukan dengan pengambilan data waktu proses kalibrasi sebanyak 30 kali. Operator yang dijadikan subjek pengujian terlebih dahulu diberikan pelatihan tentang cara kalibrasi manual serta cara kalibrasi dengan menggunakan meja putar kemiringan.

8. Evaluasi dan Analisa Kesimpulan

Evaluasi yang dilakukan bertujuan untuk menganalisa kegagalan yang terjadi juga untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan alat yang telah dirakit. Setelah itu akan ditarik kesimpulan dari pembuatan alat tersebut.

9. Penulisan Laporan

Dalam tahap ini, kegiatan yang dilakukan ialah penyusunan laporan hasil kerja. Penyusunan laporan hasil kerja ini dilakukan dengan bimbingan kepada dosen yang bersangkutan. Selama proses bimbingan dilakukan akan terdapat beberapa revisi terhadap laporan yang disusun. Hal ini dilakukan agar diperoleh laporan hasil kerja yang baik

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Nama Alat : Meja Kalibrasi 3 DOF
Fungsi sistem : Mengontrol sudut putar dan sudut kemiringan pada proses kalibrasi dan proses pemindaian.

a. Cara Kerja

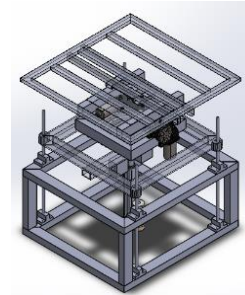
Pertama meja diaktifkan dengan tombol enter pada keypad. Selanjutnya tentukan penggerak mana yang digunakan kemudian meja kalibrasi bergerak ketika adanya input set point berupa besaran sudut atau jarak yang di inginkan. Besaran sudut dan jarak yang diinginkan ini di input melalui keypad yang terpasang satu box bersama layar display. Kemudian meja akan bergerak kearah set point. Jika pembacaan pada sensor belum menunjukan set point maka meja akan terus bergerak sampai permintaan set point terpenuhi.

b. Bentuk Fisik

Panjang : 50 [cm]

Lebar : 50 [cm]

Tinggi : 60 [cm]



Gambar.2 Konsep Rancangan Terpilih (Disain 1)

c. Spesifikasi Motor Power Window

Sumber tegangan : 12V DC/ 2.8 A

Motor DC : Tegangan = 12 V

Torsi = 30 kgcm

d. Sensor : Accelerogyro (MPU 6050)

e. Mikro kontroler : Arduino Uno

f. Driver Motor : EMS 30 A H-Bridge

2. Pembahasan

a. Deviasi Accelerogyro dan Gerak Motor

Setelah menyesuaikan program sudut terhadap motor maka dilakukan analisa deviasi terhadap pembacaan sudut sensor terhadap gerak putar dari motor. Pembacaan sudut putaran motor dilakukan menggunakan protaktor yang diletakan pada ujung poros motor. Sebelum dilakukan pengambilan data dilakuakn proses kalibrasi terhadap protaktor dengan data pembacaan sudut dari sensor accelerogyro pada posisi 0°. Pengambilan sudut dilakukan pada 3 sudut yaitu sudut 15° dan 40° yang merupakan sudut permintaandalam proses kalibrasi. untuk menengahi kebutuhan sudut dalam proses kalibrasi diambil pertengahan anatar dua sudut tersebut yaitu 28°.

Tabel.9 Deviasi accelerogyro dan gerak motor

SUDUT	15	28	40
DATA			
1	15.0	27.0	40.0
2	15.0	28.0	39.5
3	15.3	28.0	40.0
4	16.0	28.0	39.5
5	15.0	27.5	39.5
6	15.0	28.0	40.0
7	15.3	28.5	40.0
8	15.5	27.5	40.0
9	15.3	28.5	40.0
10	15.0	28.0	40.0
RATA RATA	15.24	27.90	39.85
SIMPANGAN BAKU	0.32	0.46	0.24
BKA	16.21	29.28	40.57
BKB	14.27	26.52	39.13
KECUKUPAN DATA	0.16	0.10	0.01

Besar deviasi di hitung dengan mempertimbangkan tingkat kepercayaan dalam pengambilan data sebesar 95% dan derajat ketelitian sebesar 95% dengan jumlah data yang di ambil sebanyak 10. Dari data hasil pengamatan pada Tabel.9 maka dapat ditetapkan bahwa deviasi yang terjadi ialah 0.34.

b. Pemilihan Motor

Setelah melakukan analisa konsep desain maka ditentukan bahwa desain terbaik ialah desain 1. Untuk membuat desain 1 terdapat beberapa pilihan motor yang mungkin di gunakan sebagai penggerak yaitu motor stepper, motor servo, motor power window dan linear actuator. Setelah dilakukan analisa maka didapatkan hasil bahwa digunakan dua jenis motor sebagai penggerak meja putar kemiringan tersebut yaitu dua buah motor power window dan sebuah linear actuator.

Jenis motor yang digunakan pada sistem power window dan linear actuator adalah motor DC. Motor listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Jadi prinsip kerja dari motor listrik ini ialah dua medan magnet yang dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gaya penggerak (torsi). Dengan kriteria sampel pengamatan seberat 2 kg dengan dimensi 30[cm] x 30 [cm] x 15 [cm]. Maka torsi yang dibutuhkan dapat di tentukan dengan Persamaan.1.

$$T = F \cdot r \quad \text{[Persamaan.1]}$$

$$T = 2 \text{ [kg]} \cdot 150 \text{ [mm]}$$

$$T = 300 \text{ kgmm} = 30\text{kgcm}$$

Sedangkan daya yang digunakan untuk motor power window di tentukan dari Persamaan.2

$$P = V \cdot I \quad \text{[Persamaan.2]}$$

$$P = 12 \text{ [v]} \cdot 2.8 \text{ [A]}$$

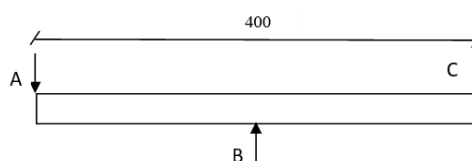
$$P = 33.6 \text{ [Watt]}$$

Setelah dilakukan analisa perhitungan maka dapat dikatakan bahwa motor power window dapat memenuhi kebutuhan mekanisme yang diharapkan. Motor power window dibutuhkan untuk menggerakkan meja bagian atas berputar pada sumbu y dengan kemampuan putar sampai dengan 360°. Selain itu motor power window dapat juga digunakan untuk menggerakkan meja satu tingkat dibawah meja bagian atas dengan sumbu putar x.

Selanjutnya dibutuhkan motor untuk menggerakkan meja dengan gerak linear searah sumbu y. Motor yang akan digunakan ialah linear actuator, linear actuator bergerak dengan prinsip transmisi ulir yang geraknya juga di kendalikan dengan mikrokontroller Arduino. Dalam memenuhi gerak linear actuator terhadap sumbu y maka diberikan pengarah berupa empat poros agar gerak yang dihasilkan lurus. Untuk spesifikasi linear actuator akan di tentukan setelah diketahui berat total dari meja kalibrasi 3 DOF.

c. Perhitungan Rangka

Untuk rangka bagian atas bahan yang digunakan ialah beam hollow aluminium 6061 dengan tegangan maksimum sebesar $124,084 \times 10^6 \text{ [N/mm}^2\text{]}$. Penentuan bahan dipilih berdasarkan jenis alloy yang biasa digunakan untuk keperluan umum. Rangka bagian atas berbentuk persegi dengan panjang sisi 400 x 400 [mm] dengan penahan pada bagian tengah bawah. Beban maksimal yang ditahan rangka bawah seberat 2 [kg] sehingga pembebanan pada setiap ujung rangka dihitung 0.5 [kg]. Untuk mengetahui apakah beam tersebut dapat menahan pembebanan yang terjadi maka perlu di analisa besar momen serta pembebanan dengan persamaan berikut.



Gambar.4 Pembebanan Rangka Atas

Dengan $A = 0.5$ [kg], $C = 0.5$ [kg] maka

$$\Sigma F = 0 \quad [\text{Persamaan.3}]$$

$$A - B + C = 0$$

$$B = 0.5 \text{ [kg]} + 0.5 \text{ [kg]} = 1 \text{ [kg]}$$

$$M_b = C \cdot 200 + A \cdot 200$$

$$= 100 + 100 = 200 \text{ [kgmm]} \sim 1962 \text{ [Nmm]}$$

Momen terbesar terjadi pada titik B, selanjutnya hitung inersia dari hollow aluminium dengan Persamaan.4. Diketahui ukuran hollow aluminium sebagai berikut $B = 25.4$ [mm], $D = 12.7$ [mm] dan $t = 1$ [mm]

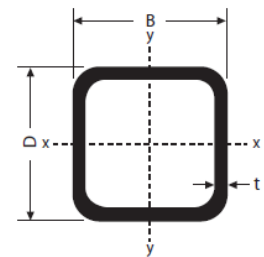
$$I_x = \left(\frac{B^4}{12} \right) - \frac{(B-2t)^4}{12} \quad [\text{Persamaan.4}]$$

$$I_x = \left(\frac{25.4^4}{12} \right) - \frac{(25.4 - 2 \cdot 1)^4}{12}$$

$$I_x = (34685.95) - \frac{(23.4)^4}{12}$$

$$I_x = 34685.95 - 24985.16$$

$$I_x = 9700.79 \text{ [mm}^3\text{]}$$



Gambar.5 Penampang Hollow

Setelah itu hitung tegangan yang terjadi pada hollow aluminium dengan persamaan.5.

$$\sigma = \frac{Mx}{I_x} \quad [\text{Persamaan.5}]$$

$$\sigma = \frac{1962}{9700.79}$$

$$\sigma = 0.20225 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Tegangan yang didapat dari pembebanan yang terjadi pada hollow aluminium rangka atas lebih kecil dari tegangan maksimum bahan sehingga hollow aluminium dengan material aluminium alloy 6061 dapat dikatakan aman untuk menahan beban tersebut.

d. Pembacaan Sensor

Sebelum dilakukannya pembacaan, terlebih dahulu dilakukan inialisasi register sensor. Kemudian dilakukan pembacaan data awal dari sensor MPU 6050. Terdapat tujuh data yang dapat dibaca sensor yaitu gyro x, gyro y, gyro z, temp, acc x, acc y, acc z. dari ketujuh data tersebut dipilih data yang dibutuhkan dalam pembuatan kontrol meja kalibrasi yaitu data acc x, acc y dan acc z. Selanjutnya data difilter dan dikonversikan kedalam unit derajat.

Setelah data dalam unit derajat di dapat maka dilakukan pemrograman lebih lanjut terhadap input sudut (n) yang di inginkan. Untuk mencapai input sudut yang di inginkan maka motor harus berputar sebesar selisih (error) dari nilai n dengan nilai keadaan sebenarnya (data acc x/ acc y/acc z). Sehingga di dapat Persamaan.6

$$\text{Error} = n - (\text{data acc x/ acc y/acc z}) \quad [\text{Persamaan.6}]$$

Nilai error ini yang nantinya memberi intruksi kepada motor untuk berputar. Jika error bernilai positif maka motor akan berputar sebesar error searah jarum jam (forward), sebaliknya jika error bernilai negatif maka motor berputar sebesar error berlawanan dengan arah jarum jam (reverse).

e. Pemilihan Mikrokontroller

Mikrokontroller Arduino uno dipilih atas beberapa pertimbangan. Salah satunya karena bahasa pemrogramannya yang dinilai sederhana sehingga mudah untuk di pelajari dalam waktu singkat. Bahasa pemrograman yang digunakan ialah bahasa C. Arduino uno juga dipilih karena port pin yang ada dinilai cukup untuk memenuhi sistem kontrol yang akan dibuat.

IV. KESIMPULAN

Dari semua yang sudah dilakukan maka di dapat beberapa kesimpulan berikut:

1. Penggerak yang akan digunakan terdiri dari dua jenis motor, yaitu motor power window dan linear actuator
2. Controller yang digunakan ialah mikrokontroler Arduino uno dengan accelerogyro (MPU 6050) sebagai sensor pembaca kemiringannya.
3. Simpangan dari pembacaan sudut dengan keadaan sebenarnya sebesar 0.34
4. Dimensi meja putar kemiringan ialah 50 x 60 x 60 [cm]
5. Beban sample pengamatan untuk proses scanning maksimal seberat 2 kg dengan dimensi 30[cm] x 30 x 15 [cm]

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan paper ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Mochammad Sholeh, S.T, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Manufaktur.
2. Bapak Sonki Prasetya, ST., MSc. selaku Dosen Pembimbing
3. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungannya yang tidak henti-hentinya.
4. Teman-teman KSM Psycorobotic PNJ yang telah memberikan dukungan, semangat dan bantuannya.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. B. a. A. G. Juraj Vagovský, "Evaluation of Measuring Capability of the Optical 3D Scanner," in *Engineering Procedia*, 2015, pp. 1198–1206.
- [2] J. S. a. S. Kerlin, "Development of a Large, Low-Cost, Instant 3D Scanner," *technologies*, vol. 2, pp. 76-95, 2014.
- [3] J. H. a. O. Silvé, "A four-step camera calibration procedure with implicit image correction.," in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Juan, Puerto Rico, USA., 1997, pp. 1106–1112.
- [4] L. Nikken, "DuraVertical & NV Series," in *CNC ROTARY TABLE CATALOG* ed, 2016, p. 28.
- [5] ACUTRONIC, "AC357-TCG," in *Three-Axis Motion Simulator Data Sheet*, ed, 2011.
- [6] S. T. Dr.Drs.Agus Edy Pramono, M.Si, *Buku Ajar Elemen Mesin II*. Jakarta, 2013.
- [7] Sunarto, "Pengembangan Produk," Politeknik Negeri Jakarta2008.

RANCANG BANGUN PANEL KONTROL *TRIPPER 214-TRI* BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER DAN RADIO LINK

Wanda Pandu Widitirto¹; Fatahula²; Achmad Arief³; M Anton Saputra⁴

1. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen
2. Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
3. Electric and Instrument Raw Mill Preparation and Utility Departement, PT. Holcim Indonesia Tbk.
4. Electric and Instrument Raw Mill Preparation and Utility Departement, PT. Holcim Indonesia Tbk.

¹wandapandu07@gmail.com

²fatahula@gmail.com

Abstrak

Tripper merupakan alat yang digunakan untuk mencurahkan material. Alat ini bergerak maju-mundur mengikuti relnya ketika beroperasi secara otomatis. Untuk menghubungkan Tripper dengan panel kontrol, diperlukan kabel power dan kabel kontrol yang cukup panjang serta sistem penggulungan kabel menggunakan kabel drum yang digerakan oleh motor torsi. Namun karena penggunaan kabel drum kurang efisien dan sering mengalami masalah, maka sistem penggulungan kabel drum diganti dengan kabel chain. Penggantian ini menyebabkan berubahnya sistem kontrol untuk Tripper. Maka dari itu dilakukan pembuatan panel kontrol dan sistem yang sesuai dengan kondisi dan cara kerja terbaru dari Tripper. Pembuatan panel kontrol ini juga dilakukan sebagai pembaruan karena panel kontrol yang lama sudah sangat sulit untuk melakukan perawatan dan perbaikan. Pada panel kontrol yang baru, beberapa sistem kerja yang dikerjakan oleh relay secara konvensional diubah menjadi menggunakan sistem pada Programmable Logic Controller (PLC). Komunikasi antara Tripper ke panel kontrol pun tidak lagi menggunakan kabel dan diganti dengan menggunakan Radio Link yang menggunakan sistem nirkabel. Sistem yang menggunakan PLC dan Radio Link juga dapat memudahkan teknisi ketika ingin melakukan modifikasi dan juga dapat dibuat indikasi-indikasi yang dapat memudahkan perawatan dan perbaikan ketika terjadi masalah.

Kata Kunci: *Tripper, Programmable Logic Controller, Radio Link, Kabel drum, Kabel Chain*

Abstract

Tripper is an equipment that used to discharge materials. This equipment movement are forward and reverse following its rail track when on its automatic operation. To connect the tripper with the control panel it need power cable and control cable that have long enough length and cable rolling system that used is cable reeling drum that moves with a torque motor. Because of the inefficiency of cable reeling drum and often occurs problems, so that cable reeling drum replaced with cable drag chain. This replacement causing the system for tripper is changing. So that a new control panel and system is needed to overcome the new cable drag chain. The making of the new control panel also to overcome the previous control panel which has a difficulties to maintain and repair. On the new control panel there are a few system that using a conventional control relay system is replaced by programmable logic controller. Communication between tripper and control panel is no longer using wired system but using a radio link which using a wireless radio connection. System that using PLC and radio link makes it easier for technician to doing further modification and it could used indication lamp to make maintaining and repairing easier.

Keywords: *Tripper, Programmable Logic Controller, Radio Link, Cable drum, Cable chain*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Holcim Indonesia Tbk, menggunakan *Tripper 214-TRI* untuk mencurahkan material batu kapur ke dalam *stockpile* atau tempat penyimpanan sementara. *Tripper* termasuk dalam jenis Side Stacker karena material dicurahkan di samping *Tripper* itu sendiri^[1]. Karena cara kerja *Tripper* saat mencurahkan material selalu bergerak maju-mundur, maka digunakanlah sistem penggulungan kabel menggunakan kabel drum yang digerakan menggunakan motor torsi. Sistem ini lah yang telah digunakan sejak pertama kali.

Namun, seiring waktu sistem kabel drum ini kurang efektif karena sering terjadi masalah. Kabel drum seringkali tidak menggulung ataupun mengulur yang menyebabkan kabel tertarik oleh *Tripper* atau

terlindas yang mengakibatkan kabel putus. Oleh karena itu PT Holcim Indonesia Tbk, mengganti kabel drum dengan kabel chain. Prinsip kerja kabel chain seperti rantai yang mengikuti pergerakan *Tripper* secara mekanikal dan tidak memerlukan bantuan motor torsi.

Karena adanya perubahan pada sistem kerjanya, maka perlu adanya perubahan pada panel kontrol dan sistem kontrolnya untuk menyesuaikan dan meningkatkan kinerja operasional dari *Tripper*.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat panel kontrol baru dengan sistem yang sesuai dengan cara kerja *Tripper* yang diinginkan serta pembuatan indikasi-indikasi yang dapat memudahkan dalam perawatan, perbaikan, maupun modifikasi lanjutan.

2. METODOLOGI

2.1 Identifikasi Masalah

Ditemukan masalah pada *Tripper 214-TRI*. Setelah melakukan penggantian kabel drum menjadi kabel chain, maka sistem control yang terhubung dengan beroperasinya motor torsi akan berubah. Selain itu, kondisi panel kontrol yang memang sudah tua membuat perawatan dan perbaikan serta modifikasi menjadi sulit karena sering ditemukan komponen-komponen yang sudah rusak ataupun kabel yang sudah lapuk.



Gambar.1 Panel Kontrol sebelum *upgrade*

Pada Gambar.1 terlihat kondisi panel kontrol *214-TRI* lama. Pada panel kontrol ini terdapat kabel-kabel kontrol yang sudah tidak terpakai, sehingga panel terlihat tidak rapih dan sulit untuk mengidentifikasi kabel kontrol yang masih terpakai. Hal ini menyebabkan sulit untuk melakukan *troubleshooting*.



Gambar.2 Panel Radio Link sebelum *upgrade*

Gambar.2 adalah panel *box* untuk Radio Link sebelum di *upgrade*. Terlihat kondisi yang sangat tidak rapih dan tidak ada pengalamanan yang jelas. Sebelumnya, beberapa komunikasi untuk kontrol di *Tripper* sudah menggunakan Radio Link yang diletakan terpisah dengan Panel Kontrol *Tripper* itu sendiri. Namun, kondisi *wiring* yang buruk dan juga tidak ada data I/O yang jelas membuat tindakan perawatan dan perbaikannya menjadi sulit.

2.2 Observasi

Observasi dilakukan secara langsung pada alat *Tripper 214-TR1*. Observasi bertujuan untuk mengumpulkan informasi *real time* pada alat. Informasi ini dibutuhkan untuk bahan diskusi dengan tim Elektrik dan Instrument agar dapat ditemukan solusi terbaik dan juga agar cara kerja alat menjadi sesuai dengan kebutuhan produksi.

Pada saat Observasi hal yang dilakukan adalah:

- a. Pengamatan cara kerja *Tripper 214-TR1*.
Tripper memiliki 2 motor AC 3 fasa yang harus dikontrol. Pertama motor penggerak *Tripper* atau motor *chain*. Motor ini memiliki sistem kerja *forward-reverse* dengan memanfaatkan putar balik putaran motornya. Kedua, motor penggerak 214-BC4. Kerja motor ini hanya *Start-Stop saja*.
Kedua motor tersebut dikontrol dengan 2 sistem kerja, yaitu secara Auto remote yang bekerja secara keseluruhan sistem di Area *Crusher* dan Local/Manual.
- b. Menganalisa *safety device* yang digunakan dan juga indikasi *failure* yang dimunculkan.
Safety device yang digunakan pada setiap alat di *Tripper* dianalisa dan di data untuk membuat indikasi agar memudahkan ketika terjadi masalah. Langkah ini juga bertujuan untuk menentukan *safety device* apa saja yang akan digunakan dan modifikasi pada program PLC.

No.	Safety device	No.	Safety device
1	Auxiliary Breaker Tripper	12	Emergency Stop 2 West

2	Auxiliary Breaker 214-BC4	13	Forward Limit Switch
3	Material Level Switch	14	Reverse Limit Switch
4	Pull Cord Switch 214-BC4 North	15	Pull Cord Switch 214-BC3 East
5	Pull Cord Switch 214-BC4 South	16	Pull Cord Switch 214-BC3 West
6	Belt Drift 214-BC4 North 1	17	Belt Drift 214-BC3 East
7	Belt Drift 214-BC4 North 2	18	Belt Drift 214-BC3 West
8	Belt Drift 214-BC4 South 3	19	Chainstop Pile#1
9	Belt Drift 214-BC4 South 4	20	Chainstop Pile#2
10	Emergency Stop LCP	21	Over-travel Limit Switch Pile#1
11	Emergency Stop 1 East	22	Over-travel Limit Switch Pile#2

- c. Menganalisa jalur pengkabelan dan program PLC sebelum *upgrade*.
Program PLC sebelum *upgrade* dan *wiring*-nya dianalisa dan dipahami agar ketika perubahan dilakukan tidak mempengaruhi sistem yang lain dan juga untuk menghindari kegagalan sistem ketika melakukan pengurangan atau penambahan kontrol pada program PLC.

2.3 Upgrade Panel Kontrol berbasis PLC dan Radio Link

Upgrade Panel kontrol berbasis PLC dan Radio Link yang dirancang dalam satu Panel *Box* adalah solusi yang didapatkan dan cocok untuk mengatasi masalah pada *Tripper 214-TR1*. Apabila sebelumnya tidak semua perintah kerja dikerjakan di PLC, tetapi menggunakan cara kerja konvensional menggunakan relay, maka penggunaan program PLC akan membuat *wiring* menjadi lebih sederhana dan memudahkan ketika melakukan modifikasi cara kerja pada alat tersebut. Sistem kontrol konvensional sudah tidak fleksibel dalam penambahan perintah dan lebih cocok diganti menjadi sistem kontrol PLC yang lebih mudah dalam penambahan perintah dan juga perawatan^[2]. Upgrade kontrol ini juga diharapkan dapat menjadi solusi permanen dari setiap masalah yang ada dalam sistem kontrol *Tripper 214-TR1*.

2.4 Realisasi

Realisasi penelitian ini meliputi:

1. Pemasangan komponen-komponen listrik pada Panel Kontrol.
2. Melakukan *wiring*.
3. Modifikasi pada program PLC sesuai dengan perubahan yang dilakukan.

2.5 Uji Coba

Melakukan Uji Coba alat dalam mode manual ataupun auto sistem melalui operator di *Control room*. Uji coba ini juga memastikan bahwa semua *safety device* bekerja dengan baik dan aman.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggantian panel kontrol *Tripper 214-TR1* bertujuan untuk menyesuaikan sistem kontrol kerja baru pada alat, memperbarui kondisi panel kontrol, dan memudahkan teknisi dalam melakukan perbaikan, perawatan, maupun modifikasi kedepannya.

3.1 Kondisi Panel Kontrol



Gambar 3 Panel Kontrol setelah *upgrade*

Gambar.3 menunjukkan Panel Kontrol yang baru. Kondisi kontrol panel yang rapih merupakan suatu nilai tambah dan bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan perbaikan. Karena apabila kondisi panel kontrol tidak tertata rapih, proses perbaikan akan menjadi sulit dan membutuhkan waktu yang lebih lama. *Upgrade* panel kontrol ini juga merupakan salah satu upaya dari *Preventive Maintenance* (PM) untuk meminimalkan kesalahan pada alat dan mengurangi waktu *downtime* ketika melakukan *troubleshooting*.

Membuat Radio Link menjadi satu panel dengan kontrol relay dan PLC pada Panel Kontrol juga membuat kondisi Panel Kontrol menjadi lebih rapih dan tertata. Tidak ada lagi kabel-kabel melintang yang menghubungkan Panel kontrol dan Panel Radio Link ketika menggunakan panel yang berbeda. Dengan demikian dapat memudahkan dalam proses perbaikan dan memantau proses kerja dari alat.

3.2 Sistem Pengontrolan

Sistem kontrol pada *Tripper 214-TR1* menggunakan PLC, sedangkan Radio Link berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal digital yang kemudian diteruskan ke PLC. PLC yang digunakan adalah PLC Allen Bradley. Sistem pada PLC ini yang membuat alat bekerja sesuai dengan program yang dibuat. Sistem kontrol PLC dapat dipantau melalui laptop. Sistem kontrol ini menggunakan sinyal digital, sehingga dapat dikombinasikan dengan relay di panel. Sinyal pada modul yang digunakan adalah sinyal digital yang hanya memiliki 2 nilai, yaitu 0 atau 1^[3]. Bentuk dasar pemrograman yang digunakan untuk perangkat PLC adalah *pemrograman ladder*^[4]. Sedangkan Radio Link yang digunakan adalah Radio Link Phoenix Contact. Tiap modul I/O Radio Link memiliki 8 masukan untuk modul input dan 8 keluaran untuk modul output.

Tabel 1 Modul I/O *Radio Link* dan Indikasi pada sistem

Modul I/O Radio Link	Indikasi
1.1	Auxiliary Breaker Tripper
1.2	Local Manual Switch 214-TR1
1.3	Start Forward Manual
1.4	Start Reverse Manual
1.5	Stop Tripper Chain
1.6	Material Level/Chute Switch
1.7	Pull Cord Switch 214-BC4 South
1.8	Pull Cord Switch 214-BC4 North
2.1	Belt Drive 1 214-BC4 South
2.2	Belt Drive 2 214-BC4 South
2.3	Belt Drive 3 214-BC4 North
2.4	Belt Drive 4 214-BC4 North
2.5	Emergency Stop 1 East
2.6	Emergency Stop 2 West
2.7	Limit Switch Forward Travel
2.8	Limit Switch Reverse Travel
3.1	Auxiliary Breaker 214-BC4
3.2	Local Manual Switch 214-BC4
3.3	Start Manual 214-BC4
3.4	Stop Manual 214-BC4
3.5	Pull Cord Switch 214-BC3 East
3.6	Pull Cord Switch 214-BC3 West
3.7	Belt Drive 214-BC3 East
3.8	Belt Drive 214-BC3 West

Tabel 2 *Input* pada sistem PLC

Address Input	Keterangan
X[0].0	System Normal Mode
X[0].1	System Cycle Start
X[0].2	System Cycle Stop
X[0].3	System Pille #1 Ready
X[0].4	System Pille #2 Ready
X[0].5	Emergency Stop Panel LCP
X[0].6	Stop Tripper
X[0].7	Fault Reset
X[0].8	Emergency Stop 1
X[0].9	Emergency Stop 2 Chain
X[0].10	Emergency Stop
X[0].11	Tripper Head end Over-Travel
X[0].12	Tripper Tail end Over-Travel
X[0].13	Stop 214-BC4
X[0].14	214-BC4 Overload
X[0].15	Spare
X[1].0	Spare

X[1].1	214-TR1 Overload
X[1].2	214-TR1 Brake Open
X[1].3	Request Pile #1
X[1].4	Request Pile #2
X[1].5	Start Forward Manual
X[1].6	Start Reverse Manual
X[1].7	214-BC3 Running
X[1].8	Material Feed Start
X[1].9	214-TR1 BD Trip
X[1].10	214-TR1 BD Alarm
X[1].11	214-BC4 BD Trip
X[1].12	214-BC4 BD Alarm
X[1].13	Spare
X[1].14	214-TR1 Chute Switch
X[1].15	Spare
X[2].0	Start Manual 214-BC4
X[2].1	214-BC4 Cycle Mode
X[2].2	214-TR1 Cycle Mode
X[2].3	Limit Switch Forward
X[2].4	Limit Switch Reverse
X[2].5	Pile Tail End Limit
X[2].6	Pile Head End Limit
X[2].7	Spare
X[3].0	Belt Drive 3 214-BC4 North
X[3].1	Belt Drive 4 214-BC4 North
X[3].2	Pull Cord Switch 214-BC4 South
X[3].3	Pull Cord Switch 214-BC4 North
X[3].4	Belt Drive 1 214-BC4 South
X[3].5	Belt Drive 2 214-BC4 South
X[3].6	Pull Cord Switch 214-BC3 East
X[3].7	Pull Cord Switch 214-BC3 West
X[3].8	Belt Drive 214-BC3 East
X[3].9	Belt Drive 214-BC3 West
X[3].10	Spare
X[3].11	Spare
X[3].12	Spare
X[3].13	Spare
X[3].14	Spare
X[3].15	Spare

Tabel 3 *Output* pada sistem PLC

Address Output	Keterangan
Y[0].0	System Cycle Start
Y[0].1	System Cycle Stop
Y[0].2	214-BC4 Start
Y[0].3	214-TR1 Forward Start

Y[0].4	214-TR1 Reverse Start
Y[0].5	Spare
Y[0].6	Spare
Y[0].7	Spare
Y[0].8	Spare
Y[0].9	Spare
Y[0].10	214-TR1 Chute Switch
Y[0].11	Spare
Y[0].12	214-BC4 Motion Failure
Y[0].13	214-TR1 Pile #1 Arrived
Y[0].14	214-TR1 Pile #2 Arrived
Y[0].15	Warning Horn
Y[1].0	Buzzer
Y[1].1	214-BC4 Ready
Y[1].2	214-TR1 Ready
Y[1].3	Emergency Brake Auxiliary
Y[1].4	Spare
Y[1].5	Spare
Y[1].6	Spare
Y[1].7	Spare

3.3 Hasil Perbaikan dan Penggantian

Terlihat pada Gambar.1 dan Gambar.2 kondisi panel yang terpisah antara panel kontrol dan Radio Link tidak rapih dan berbeda dengan Gambar.3 yang lebih tertata.

Tabel 4 Hasil Perbaikan

Hasil Perbaikan	Keterangan
Sistem Kontrol	Perubahan sistem kontrol pada program PLC agar sesuai dengan deskripsi kerja alat yang diinginkan setelah perbaikan. Penggantian sistem Local Manual yang menggunakan relay menjadi sistem PLC.
Sistem Interlock	Perubahan sistem interlock dan pengaktifan kembali safety device.
Panel Kontrol	Panel baru yang menggabungkan antara panel kontrol dan Radio Link menjadi satu panel box
Lampu Indikasi	Menggunakan annunciators untuk indikasi failure. Penambahan dan optimalisasi indikasi pada lampu indicator dan annunciators.
Pengkabelan	Pengkabelan lebih tertata rapih dan lebih sederhana.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan realisasi *upgrade* Panel Kontrol maka didapat beberapa kesimpulan yaitu wiring yang dilakukan menjadi lebih sederhana, indikasi *failure* lebih spesifik sehingga mudah untuk melakukan *troubleshooting*, data *stop log* pada laporan operator yang disebabkan oleh kesalahan elektrik berkurang dan panel menjadi lebih rapih.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terimakasih kepada tim Electrical Instrument Raw Material Preparation and Utility yang telah membimbing dan membantu sehingga alat bisa diselesaikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holcim ltd. 2005. Cement Manufacturing Course. Process Technology 1 Vol 2.
- [2] Yunan, SM. Dasar Sistem Kontrol Berbasis PLC. 2006.
- [3] D. Dhuja, N. Chaudhary. 2012. *Programmable Logic Controller, International Journal of Information and Computer Science*, 2012, 1:115-120.
- [4] W. Bolton. *Instrumentation and Control Systems*. 2004.

PERANCANGAN FIXTURE UNTUK MEMPERMUDAH PENGELASAN PIPA UKURAN 4 SAMPAI DENGAN 14 INCH

Fadhel Muhammad Dzaky¹, R. Grenny Sudarmawan²

Prodi Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jln. Prof. Dr. G.A Siwabessy Kampus UI Depok Telp. (021) 78635030
Email : fadhelmuhammaddzaky@gmail.com

Abstrak

Pengelasan (welding) merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang digunakan pada saat perakitan elemen (assembly part) yang banyak digunakan didunia manufaktur. Aplikasi pengelasan pada dunia manufaktur ini sangatlah luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, perpipaan, dll. Salah satu aplikasi pengelasan yang sering digunakan di industri manufaktur adalah pengelasan pada pipa. Namun, pengelasan pada pipa membutuhkan skill tinggi karena dibutuhkan kepresisian dalam pengerjaannya, serta geometrik dari pipa yang membuat pengelasan menjadi lebih sulit dibandingkan dengan pengelasan pada permukaan plat yang datar sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama. Hal tersebut meyebabkan perusahaan memerlukan biaya oprasional yang lebih tinggi untuk membayar operator las yang sudah miliki keahlian khusus (sertifikasi) untuk mengelas pipa. Dari masalah diatas maka dibutuhkan sebuah alat bantu guna mempermudah proses pengelasan pada pipa. Fixture adalah peralatan khusus yang memegang, menyangga atau tempat menempelnya benda kerja yang akan di mesin. Penggunaan alat bantu ini akan mempermudah proses pengerjaan, mempercepat proses produksi, menghasilkan komponen yang seragam dan berkualitas, serta menghemat biaya produksi. Makalah ini akan berisi tentang perancangan fixture untuk proses pengelasan pipa ukuran 4 sampai dengan 14 [inch] dengan panjang fixture 2[m], dimana perancangan fixture ini bertujuan untuk mempermudah proses pengelasan pada pipa dengan kondisi pengelasan boleh diputar. Alat ini terdiri dari beberapa komponen diantaranya, motor dc sebagai penggerak utama, base plate, lokator, clamping dan chuck. Analisa dari rancangan ini adalah menggunakan simulasi yang ada pada software gambar ditambah dengan perhitungan matematis.

Kata kunci : welding, assembly part, fixture

Abstact

Welding is one of the metal grafting techniques that used to assembly of elements and also frequently used in the manufacturing world. In the manufacturing world, there are many aplication of welding like shipping, bridges, steel frames, pressure vessels, piping, etc. One of welding application that is often used in the manufacturing industry is, welding on pipes. However, welding on pipes requires high skill because, precision is required in the process, as well as the geometry of the pipe that makes welding more difficult than welding on flat plate surfaces so that it takes longer. This causes the company to require higher operational costs to pay welding operators who already have special experience (certification) to weld the pipes. From the problems above, it need some solution to simplify the welding process on the pipe. Fixture is a special equipment that holds, supports or places attached workpiece to be in the machine. Use of this tool will simplify the process of work, speed up the production process, produce products / components are uniform and quality, and save production costs. This paper will contain design fixtures for welding pipes sizes 4 to 14 inches with a fixture length of 2 [m], where the design of this fixture aims to simplify the welding process in pipes with welding conditions allowed to be rotated. This tool consists of several components including, dc motor as the main driver, base plate, locator, clamping and chuck. The analysis of this design is use the simulation from engeneering drawing software and compare with the mathematical calculation.

Keyword : welding, assembly part, fixture

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam dunia manufaktur, aplikasi pengelasan (*welding*) pada profil pipa sangatlah banyak. Hal ini disebabkan karena banyaknya produk yang menggunakan profil pipa yang membutuhkan pengelasan pada proses perakitan elemennya (*assembly part*) contohnya sepeda, perpipaan (baik gas, minyak maupun air minum), kerangka struktur, alat-alat otomotif, peralatan rumah tangga, dll. Namun, seperti yang kita ketahui pengelasan pada pipa merupakan salah satu teknik pengelasan yang memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan alat bantu dalam proses pengelasannya. *Fixture* merupakan salah satu alat bantu yang paling banyak digunakan untuk membantu proses pengelasan, hal ini dibuktikan dengan banyaknya artikel yang membahas tentang perancangan *fixture* untuk proses pengelasan suatu produk tertentu baik dalam skala nasional maupun internasional. *Rancangan welding fixture pembuatan rangka produk kursi* merupakan salah satu artikel skala nasional yang membahas tentang perancangan *fixture* untuk membantu proses pengelasan rangka kaki pada produk kursi. Dalam artikel tersebut disebutkan bahwa, permasalahan yang sering terjadi pada saat proses pengelasan kaki produk kursi adalah adanya penyimpangan bentuk hasil pengelasan. Masalah ini terjadi karena untuk merakit komponen rangka kaki dengan penyangga alas duduk dilakukan secara manual, yaitu dengan cara memberikan tanda garis dengan menggunakan alat tulis ke komponen rangka kaki. Oleh karenanya, jalan keluar dari masalah tersebut adalah dibuatkannya rancangan *fixture* untuk membantu proses pengelasan rangka kaki pada produk kursi tersebut. Penggunaan alat bantu produksi tersebut diharapkan dapat mempermudah proses pengerjaan, mempercepat proses produksi, menghasilkan produk seragam dan berkualitas, menghemat biaya produksi serta memberikan rasa aman bagi operator. Pada artikel *perancangan welding fixture untuk pembuatan produk front engine mounting mobil Suzuki baleno* menyebutkan bahwa, salah satu proses pemesinan yang digunakan untuk pembuatan produk *front engine mounting* pada mobil Suzuki baleno adalah proses pengelasan. Namun Penggunaan alat bantu yang kurang tepat membuat proses pengelasan menjadi terhambat karena operator merasakan kesulitan dalam menggunakan alat bantu tersebut. Selain itu, operator merasa kesulitan dalam memosisikan dua buah komponen yang akan dilas agar produk yang dihasilkan tetap presisi dan sesuai. *Welding fixture* yang digunakan sebelumnya mengharuskan operator memegang alat bantu selama proses pengelasan berlangsung. Hal ini yang mengakibatkan terjadinya cacat produk karena benda kerja akan mudah tergeser sehingga pengelasan menjadi kurang presisi. Akibatnya waktu *setup* menjadi lama dan produk yang dihasilkan menjadi cacat. Menurut Rong dan Zhu (1999) sebuah benda kerja terdiri dari beberapa permukaan bidang (*surface*). Pada penggunaan sebuah *fixture*, proses penempatan (*locating*) adalah proses penempatan beberapa permukaan benda kerja hingga bersentuhan dengan lokator-lokator, yang kemudian dilanjutkan dengan proses pencekaman (*clamping*) benda kerja sehingga benda kerja stabil selama proses pemesinan. Permukaan-permukaan benda kerja yang bersentuhan dengan lokator tersebut disebut sebagai *locating-surface*. Pada sebuah benda kerja terdapat 6 derajat kebebasan (*degree of freedom*) pergerakan, yaitu pergerakan linier searah atau berlawanan arah dengan sumbu x, y, dan z serta pergerakan rotasi terhadap sumbu x, y, dan z searah atau berlawanan arah jarum jam. Prinsip dari *fixture* adalah membatasi gerakan rotasi atau translasi dari benda kerja tersebut. Dari dua artikel diatas dapat kita simpulkan bahwa, perancangan *fixture* sangatlah penting untuk membantu proses perakitan elemen suatu produk, khususnya produk dengan profil pipa yang menggunakan pengelasan untuk perakitan elemennya. Namun, kebanyakan *fixture* yang dirancang memiliki keterbatasan yakni hanya didesain untuk produk tertentu saja dan dengan ukuran tertentu saja. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah rancangan *welding fixture* yang dapat diaplikasikan pada berbagai macam produk dan dengan range ukuran yang disediakan.

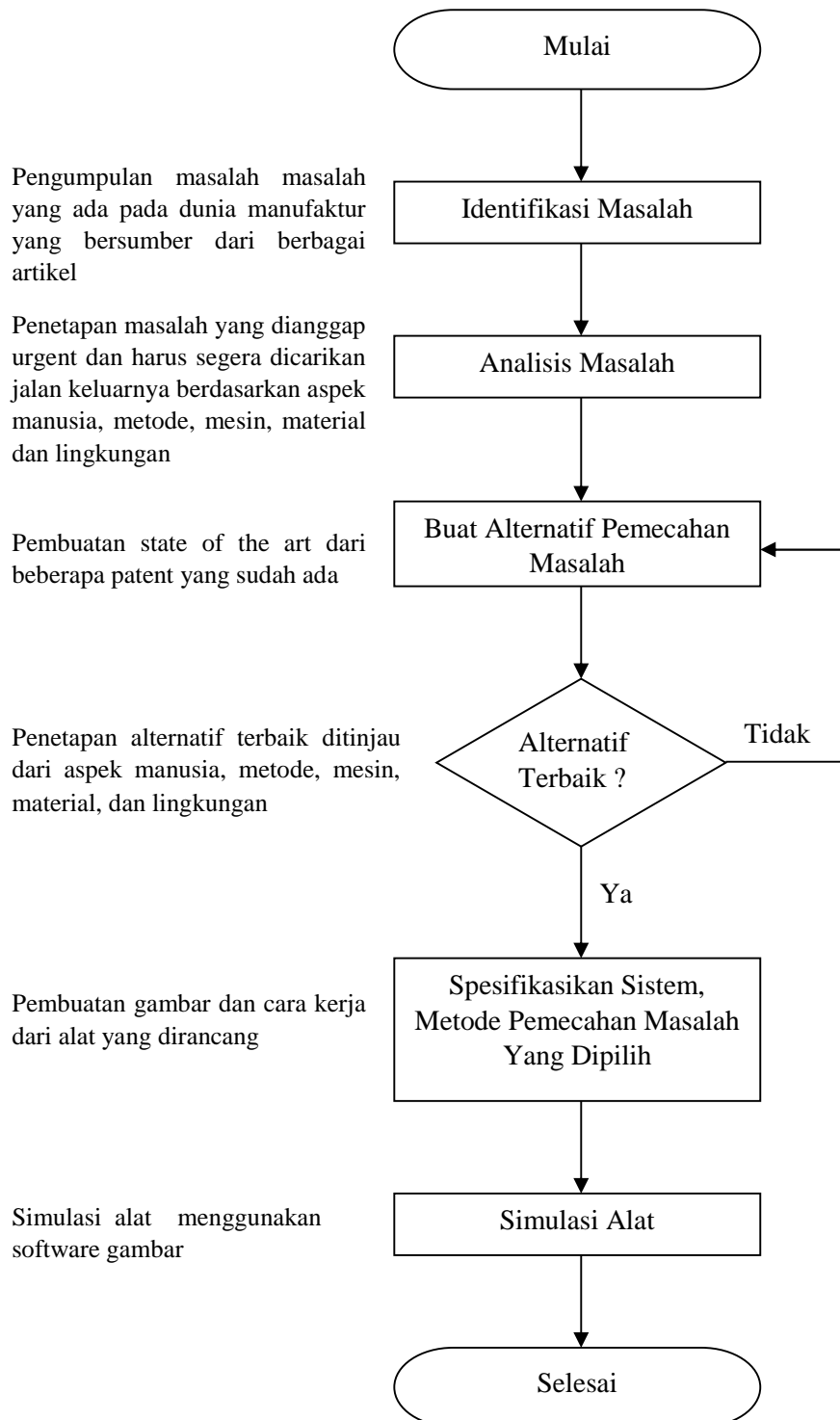
1.2. Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari rancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi waktu setup pada proses pengelasan pipa.
2. Mempercepat proses pengelasan pipa.

3. Mengurangi penyimpangan ukuran yang dapat terjadi pada saat proses pengelasan pipa
4. Menjamin produk yang dihasilkan seragam.
5. Mengurangi biaya oprasional suatu produk
6. Mengetahui material yang cocok untuk membuat komponen-komponen fixture yang dirancang.
7. Mengetahui berat maksimal pipa yang dapat dilas menggunakan bantuan fixture yang dirancang.
8. Mengetahui cara kerja dari rancangan.
9. Mengetahui sistem perawatan dari rancangan.
10. Mengetahui efektifitas *fixture* yang dirancang.

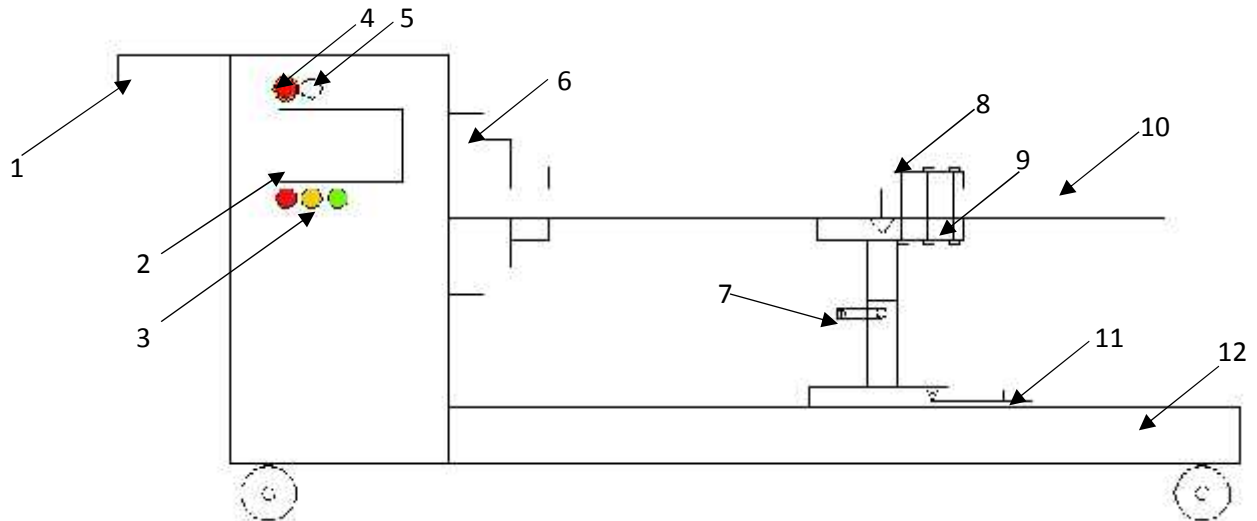
2. METODE PERANCANGAN



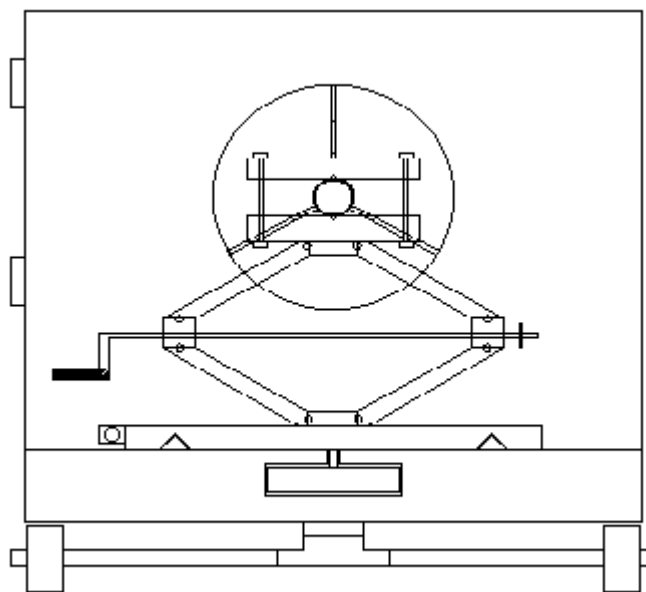
Gambar.1 Diagram alir perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sketsa Rancangan



Gambar.2 Tampak Samping Sketsa Rancangan



Gambar.3 Tampak Depan Sketsa Rancangan

Keterangan :

1. Handle grip
2. Tabel of speed
3. Speed switch
4. Emergency switch
5. On / off button
6. Chuck
7. Tuas pengatur ketinggian vblock
8. Baut pengunci
9. Lokator

10. Sampel pipa
11. Tuas pengunci jack stand
12. Base plate

3.2. Penentuan Gaya Pengekaman

Pendekatan matematik untuk menentukan besarnya gaya pecekaman yang harus diberikan pada benda kerja dapat ditentukan berdasarkan besarnya gaya permesinan yang akan terjadi selama pengeckaman berlangsung. Pada penelitian ini gaya yang dialami oleh *fixture* yang dirancang hanya gaya pengelasan saja, sedangkan gaya pemotongan tidak terjadi. Perhitungan gaya pengeckaman menurut okpala & Okechukwu (2015) dapat dilihat pada persamaan (1).

Gaya pengeckaman (*clamping force*) = torque (M) x *safety factor* [Persamaan 1]

Gaya pengeckaman harus lebih kecil atau sama dengan spesifikasi sifat material dari pipa yang akan dilas. Nilai gaya pengeckapan tidak boleh lebih besar dari nilai gaya pada persamaan berikut :

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A_0} \quad [\text{persamaan 2}]$$

Dimana :

- σ_{\max} = Tegangan maksimal [Mpa]
- F max = Beban maksimum yang diaplikasikan pada bahan [N]
- A0 = Ukuran penampang awal [mm]

3.3. Kecepatan Pengelasan

Proses pengelasan yang dapat digunakan pada profil pipa adalah las busur listrik dengan pelindung fluks (*fluks shielded metal arc*) yang disingkat SMA, dan las busur logam dengan pelindung gas (*gas shielded metal arc*) disingkat GMA, proses pengelasan yang paling banyak digunakan adalah SMA untuk pengelasan turun dengan menggunakan elektroda jenis selulosa. untuk pipa dari baja kuat biasanya digunakan elektroda jenis hidrogen rendah. Pada umumnya pengelasan naik jarang dilaksanakan karena kecepatan pengelasan menjadi rendah. Tetapi untuk keperluan tertentu seperti pengelasan pipa tebal dan pengelasan di stasiun pipa ini sering digunakan. Untuk mendapatkan laju pengelasan yang tinggi dapat menggunakan kecepatan antara 50 s/d 70 [cm/menit]

3.4. Perhitungan Motor Penggerak

Motor penggerak yang digunakan pada rancangan ini adalah motor dengan jenis BLDC (*brushless direct current*). Fungsi dari motor pada perancangan ini adalah sebagai penggerak utama yang akan menggerakkan chuck dengan rekayasa rasio transmisi guna mendapatkan kecepatan putar yang ideal dalam pengelasan pipa.

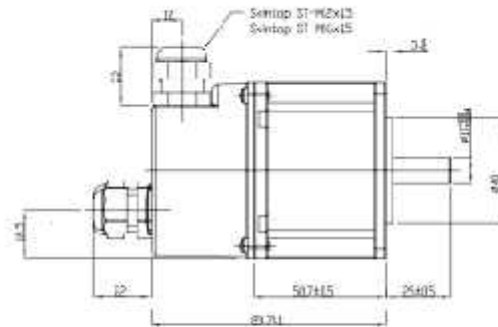
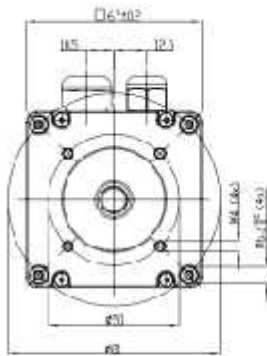
Untuk menentukan daya motor yang sesuai dengan kebutuhan alat yang dirancang, maka digunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{2 \pi N T}{60} \quad [\text{Persamaan 3}]$$

Dimana :

- P = Daya [watt]
- N = Kecepatan putar[RPM]
- T = Torsi [N.M]

Berdasarkan katalog yang ada motor penggerak yang digunakan memiliki spesifikasi berikut :



BLDC65S18

General Specification

Insulation class F

Protection IP54

Operating temperature - 20 °C ... + 70 °C

2 NMB ballbearings for long lifetime

Max. radial load 150 N (10 mm from flange)

Max. axial load 100 N

Features

Low cogging torque

High power to volume ratio

High efficiency at operating point

High reliability



**Higher power up to 300 W
in S2/S3 - mode possible!**

NMB-Partnumber		BLDC65S18A 81.P.040	BLDC65S18A 40.1.060
Rated Voltage	[V]	24	48
Rated Speed	[rpm]	3250	3300
Continuous Power	[W]	97.5	97
Rated Torque *1)	[mNm]	285	280
Continuous Stall Torque	[mNm]	395	410
Efficiency at Rated Speed	[%]	86	90
Current at Rated Speed	[A]	4.4	2.2
No Load Speed	[rpm]	3615	3645
Resistance per Phase *2)	[Ω]	0.31	1.05
Inductance per Phase	[mH]	0.49	1.98
Torque Constant	[mNm/A]	64.8	114.0
Speed Constant	[rpm/V]	151.6	79.4
Mech. Time Constant	[ms]	1.22	1.17
Rotor Inertia	[gcm ²]	170	170
Number of Poles		8	8
Weight	[g]	750	750
Thermal Resistance *3)	[K/W]	3.75	3.75

*1) motor torque at 70K temperature rising of winding

*2) resistance phase to phase at 20°C

*3) thermal resistance winding to ambient

15

3.5. Perhitungan Rasio Kecepatan Motor

Adalah perbandingan antara kecepatan penggerak (putaran motor) dan yang digerakan (chuck), dapat dituliskan secara matematika sebagai berikut :

$$\frac{D1}{D2} = \frac{n2}{n1}$$

Dimana :

D1 = Diameter gear penggerak

D2= Diameter gear yang digerakan

n1 = Kecepatan gear penggerak

n2 = Kecepatan gear yang digerakan

4. KESIMPULAN

1. Perancangan fixture untuk proses pengelasan pipa yang dapat diaplikasikan ke berbagai ukuran sangat dibutuhkan untuk menguangi biaya oprasional suatu produk.
2. Perancangan fixture yang tepat sangat dibutuhkan guna mempersingkat waktu setup dari suatu produk.
3. Berat maksimal pipa yang mampu dikerjakan pada fixture yang dirancangdapat diketahui melalui persamaan persamaan yang telah dijelaskan diatas.
4. Efektifitas dari rancangan dapat diketahui menggunakan perbandingan waktu real pengelasan pipa secara manual dengan perhitungan matematis yang diaplikasikan pada rancangan.

5. Bahan yang cocok untuk membuat komponen fixture dapat diketahui setelah diketahui gaya gaya yang bekerja pada fixture yang dirancang lalu di simulasikan dengan menggunakan software gambar.

5. 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 Drs. R. Grenny Sudarmawan, ST., MT. selaku dosen pembimbing.
2. Bapak Dr. Belyamin, M.Se, Eng., B.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Mochamad Sholeh, S.T., M.T. sebagai Ketua Prodi D4 Teknik Manufaktur.
4. Teman-teman Teknik Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta angkatan 2013 yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan *full paper* seminar nasional ini.
5. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan *support* yang besar dalam penyelesaian paper seminar nasional dan tidak dapat dituliskan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyo, Hendro dkk., 2012, *Rancangan welding fixture pembuatan rangka produk kursi*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Itenas, Bandung
- [2] Prasetyo, Hendro dkk., 2015, *perancangan welding fixture untuk pembuatan produk front engine mounting mobil Suzuki baleno*, Jurnal Rekayasa Sistem Industri Vol 5, No.2, Itenas, Bandung [3] Rong, Y. dan Y. Zhu; 1999; Computer Aided Fixture Design; Marcel Decker Inc, New York.
- [4] Okpala, Charles Chikwendu and Okechukwu,Ezeanyim., 2015. The Design and Need for Jigs and Fixtures in Manufacturing., Science Research 2015; 3(4): 213-219
- [5] Chou, Y-C., Chandru, V., and Barash, M, M.,1989. A Mathematical Approach to Automatic Configuration of Machining Fixtures: Analysis and Synthesis, ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 111, pp. 299-206
- [6] PROF.DR.IR.Harsono Wiryosumarto & PROF.DR.Toshie Okumura.,1996.Teknologi Pengelasan Logam.PT.Pradnya Paramita, Jakarta

RANCANG BANGUN MESIN ROL DAN SISIR SERAT

Danu Dwitama Putra¹, Edwin Rivaldy², Dwiki Bahtiar², Ahmad Farhan Fuadi², Agus Edy Pramono²

¹ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok.

08979222920, dwitamadanu@gmail.com

² Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Mesin Rol dan Sisir Serat ini adalah mesin yang dirancang dan dibangun untuk mempermudah pemisahan serat-serat seperti serat sabut kelapa, sisal, bambu dan semacamnya dibandingkan dengan cara manual yang menggunakan palu dan sisir kawat untuk kebutuhan penelitian. Mesin yang tersedia di pasaran memiliki skala yang terlalu besar untuk kebutuhan penelitian. Mesin ini memiliki komponen-komponen yang menjadi intinya antara lain kerangka, pisau (cutter), roller, poros penyangga pisau, dan wadah hasil proses pemisahan. Mesin ini menggunakan tenaga motor listrik sebagai daya utamanya. Sedangkan transmisi antara motor dan komponen-komponen putar menggunakan belt pulley dan roda gigi. Proses yang dilakukan pada mesin ini adalah dengan memasukkan benda kerja (sabut kelapa, daun sisal, bambu, dll) ke hopper awal yang mana mengarah pada roller, setelah benda kerja melewati proses pengepungan oleh roller, benda kerja akan menuju ke ruang pisau (cutter) untuk proses pemisahan serat. Setelah serat terpisah oleh pisau, serat akan keluar dan tertampung pada wadah yang tersedia. Mesin pemisah serat ini berkapasitas mesin 20 [kg/jam]. Mesin ini dapat meningkatkan efektifitas untuk memenuhi kebutuhan pengguna serat baik untuk produksi rumahan ataupun kebutuhan penelitian.

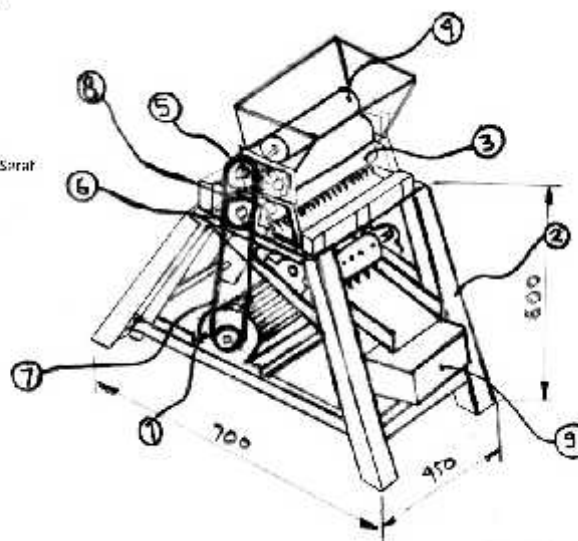
Kata kunci: Serat, Roller, Pisau Sisir

Abstract

Rolling and Combing Fiber Machine is a machine that designed and builded to make separating fiber from coconut husk, sisal, bamboo, and etc. easier than manual method, which using hammer and wire raker, to fulfill needs of research. Nowadays, machines that available on the market have a large dimension. It make this Rolling and Combing Fiber Machine is needed to built. The main components of this machine are cutter, roller, shaft to buff cutter, and container to save fiber product. This machines using electric motor and using belt, pulley, gear as transmission. The process on this machine starts when coconut husk, sisal, and bamboo enter from hopper, and will be rolling by roller and then will through cutter to separate fiber, the fiber will be stored in the container. This machine have a capacity until 20 [kg/hour]. This machine will increase efectivity to fulfill need of people which using fiber to either small factory or research.

Key words: Fiber, Roller, Blade Comb

1. Motor Listrik
2. Rangka
3. Pisau Sisir
4. Roller
5. Gear
6. Pulley
7. Belt
8. P. How Block
9. Wadah Hasil Serat



Gambar. 1. Sketch Konsep Rancangan

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

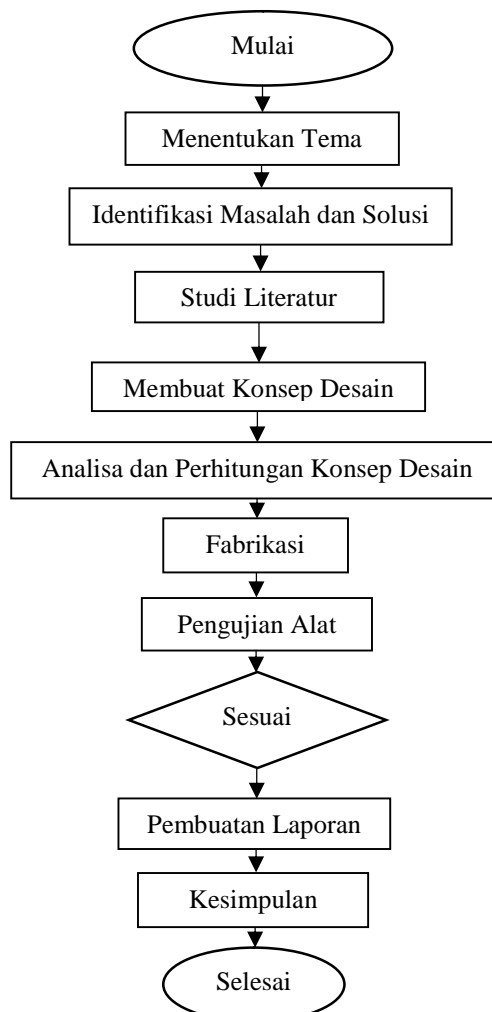
Perkembangan teknologi pemanfaatan serat kelapa, daun nanas dan bambu turut berkembang seperti untuk pembuatan karpet, tambang, dan lain-lain. Untuk mendapatkan serat-serat ini, sebagian proses yang dilakukan masih secara manual. Pertama bahan yang masih utuh diproses menjadi bagian kecil lalu ditumbuk agar serat-serat yang saling melekat lebih mudah untuk dipisahkan, kemudian bahan disisir menggunakan sikat kawat sampai serat terpisah.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pembuat serat di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, cara manual proses sabut kelapa memerlukan waktu ± 20 menit untuk satu buah. Berdasarkan observasi, mesin yang dijual di pasaran memiliki kapasitas paling kecil 150 [kg/jam] dan hanya mampu memisahkan serat dari satu sampai dua jenis bahan saja. Pembuatan mesin ini bermaksud untuk menangani masalah-masalah tersebut. Mesin pemisah serat alami yang dirancang berkapasitas mesin 20 [kg/jam], memiliki dimensi yang ringkas, mudah untuk dipindahkan dan mampu memproses berbagai jenis serat, yaitu sabut kelapa, sisal nanas, serat bambu, dan sebagainya.

1.2 Tujuan

-) Merancang bangun mesin rol dan sisir serat.
-) Merancang dan membangun mesin pemisah serat yang mampu menggiling dan mensisir serat pada berbagai macam bahan seperti sabut kelapa, daun nanas dan serat bambu.
-) Merancang dan membangun mesin pemisah serat yang memiliki dimensi yang lebih ringkas dari mesin yang ada di pasaran sehingga mudah untuk dipindahkan.

2. METODE PENELITIAN

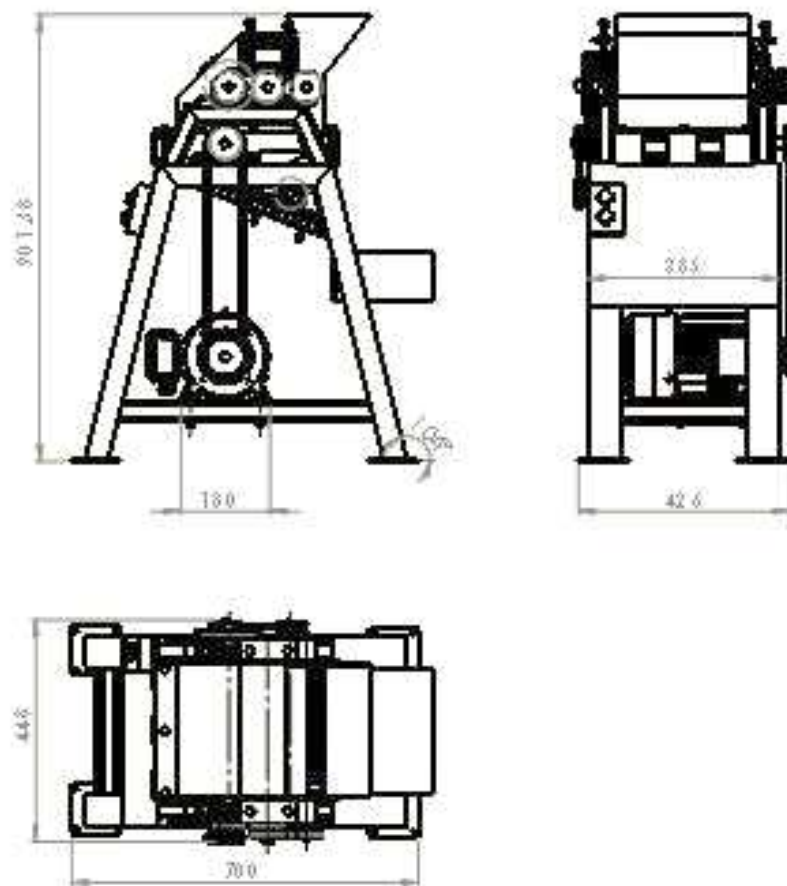


Gambar. 2. Diagram alir rancang bangun

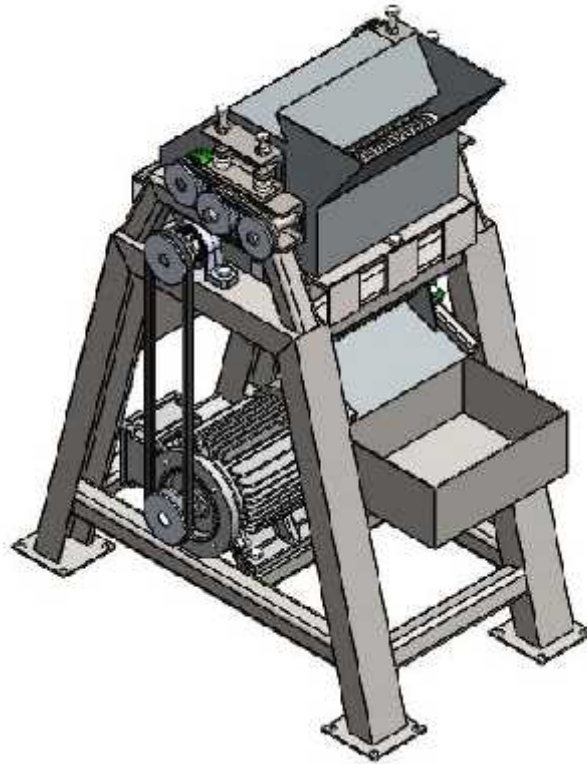
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

J Konsep Rancangan

- 1 Berdasarkan perhitungan analisis, motor listrik yang digunakan memiliki daya 1,5 [HP] dan kapasitas mesin 20 [kg/jam].
- 2 Memiliki 5 buah roler dengan 2 rolernya dapat disesuaikan untuk mengepres bahan agar serat yang menempel dapat terpisah dengan ketebalan yang berbeda, dan 3 buah rolernya didesain menggunakan *belt* dan *pulley*. Diameter poros yang digunakan sebesar 20 [mm].
- 3 Memiliki 2 buah pisau yang bergerak secara berputar dan tersusun searah dengan datangnya bahan.
- 4 Menggunakan sistem *belt* dan *pulley* pada transmisi dayanya yang diteruskan ke poros pisau dan roler.
- 5 Terdapat wadah penampungan agar hasil dari pemisahan serat langsung dapat tertampung.



Gambar. 3. Gambar Proyeksi Eropa Mesin Rol dan Sisir Serat



Gambar .4. Gambar Isometri Rancangan Mesin Rol dan Sisir Serat

J) **Pembebanan Pada Komponen Mesin**

➤ Pisau sisir

Pembebanan utama pada mesin rol dan sisir serat ini terjadi pada pisau sisir karena pisau sisir adalah komponen pertama yang menyentok bahan pader proses menyisiran. Gaya yang terjadi pada pisau sisir dihitung menggunakan persamaan:

$$F = \tau \cdot A_{\max} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Dengan hasil :

$$F = 0,18938 \text{ [Mpa]} \cdot 1,73625 \cdot 10^{-3} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$F = 328,811 \text{ [N]}$$

Mesin memiliki 2 pisau sisir, sehingga F pada tiap pisau adalah 164,4055 [N]

➤ Poros

Perhitungan pembebanan poros menggunakan poros yang mengalami paling banyak gaya yaitu poros pada pisau sisir 1. Ukuran poros yang dipilih ialah diameter 19 [mm] jenis AISI 1045 dengan nilai tegangan tarik sebesar 58 [kg/mm²]. Pulley A ialah pulley yang terhubung dengan motor. Pulley B ialah pulley yang terhubung dengan pulley pada pisau sisir 2. Pulley C ialah pulley yang terhubung dengan pulley pada roller 1. Pembebanan yang terjadi pada poros dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Nilai torsi dihitung dengan: } T = (T_1 - T_2) R \quad \text{[Persamaan.2]}$$

Nilai Torsi yang didapat sebesar

$$T = 65960,435779 \text{ [Nmm]}$$

Ukuran poros didapat dengan menggunakan persamaan berikut:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{\text{ekivalen}}}{\pi \cdot r_{\text{bahan}}}} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

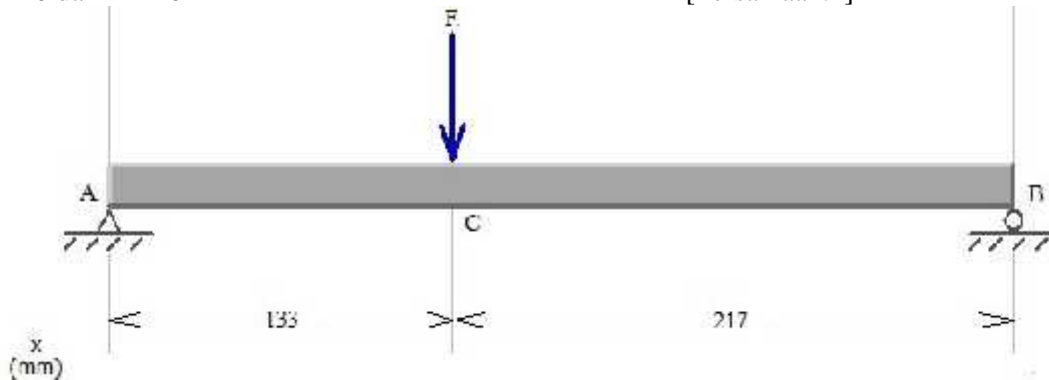
Ukuran poros yang didapat sebesar

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 66406,71045}{\pi \cdot 316,92186}} = 10,07505 \text{ [mm]}$$

➤ **Rangka**

Pembebanan pada rangka adalah berat dari komponen-komponen dari mesin. Pembebanan maksimum pada rangka terjadi pada batang rangka bagian samping atas mesin. Pada bagian itu terpasang pisau, pulleyn bearing, bearing house, gaya pada sabuk, dan gaya pada poros dengan total pembebanan sebesar 675,915 [N]. Pembebanan yang terjadi pada rangka dihitung menggunakan persamaan :

$$\Sigma M = 0 \text{ dan } \Sigma F = 0 \quad \text{[Persamaan.4]}$$



Gambar .5. Gaya pada batang rangka dengan pembebanan maksimum

Nilai reaksi pada masing-masing tumpuan didapat sebesar:

$$R_{Ay} = 419,068 \text{ [N]}$$

$$R_{By} = 256,847 \text{ [N]}$$

Nilai Momen pada batang tersebut sebesar:

$$MC = 55736,044 \text{ [N.mm]}$$

Nilai tegangan tarik rangka yang dibutuhkan dihitung menggunakan persamaan:

$$= \frac{M_{max. y}}{I} \quad \text{[Persamaan.5]}$$

Nilai tegangan tarik rangka didapat sebesar: = 4,66 [N/mm²]

Ñ **Daya Pada Komponen Mesin**

Kapasitas mesin yang diharapkan adalah 20 [kg/am] = 5,5 [gr/sekon]. Putaran pisau sisir dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = \frac{\text{kapasitas}}{\text{input}}$$

Nilai putaran sesuai kapasitas yang diinginkan adalah sebesar:

$$N = 337,54756 \text{ [put/menit]} \approx 360 \text{ [put/menit]}$$

Hasil dari perhitungan putaran digunakan untuk mencari daya pada tiap komponen dan daya motor

➤ **Pisau Sisir dan Roller**

Perhitungan daya pada pisau sisir dan Roller dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{2 \cdot \mu \cdot N \cdot l}{60} \quad \text{[Persamaan.6]}$$

Hasil dari perhitungan daya pada pisau sisir sebesar:

$$P_{pisau} = 191,36145 \text{ [W]}$$

Nilai daya pada roller sebesar:

$$P_{roller} = 107,72521 \text{ [W]}$$

➤ **Motor**

Daya yang motor dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{motor} = P_{total} \cdot Sf$$

Nilai daya motor yang didapat adalah sebesar:

$$P_{motor} = 735,67215 \text{ [W]}$$

P_{motor} yang dibutuhkan ialah 735,67215 [W] atau sekitar 0,98 [HP]. Diasumsikan daya banyak yang hilang, maka dipilihlah motor dengan spesifikasi 1,5 [HP]

4. KESIMPULAN

- Ñ Komponen yang digunakan aman digunakan terhadap pembebanan-pembebanan yang terjadi pada Mesin Rol dan Sisir Serat.
- Ñ Dengan kapasitas 20 [kg/jam], mesin ini membatu produktifitas serat alami (sabut kelapa, bambu, sisal nanas, dll) untuk kebutuhna penilitian lebih baik.
- Ñ Daya motor yang dibutuhkan sebesar 0,98 [HP]. Dengan mengansumsikan kerugian daya yang ada maka digunakan daya motor sebesar 1,5 [HP].

5. 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 Dr. Drs. Agus Edy Pramono, S.T.,M.Si., sebagai dosen pembimbing tugas akhir.
2. Bapak Dr. Belyamin, M.Se, Eng., B.Eng., sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ibu Indriyani Rebet, M.Si., sebagai Ketua Prodi D3 Teknik Mesin.
4. Teman-teman Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta 2014 yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan *full paper* seminar nasional ini.
5. 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]. Pramono, Agus Edy. *Buku Ajar Elemen Mesin I*. Politeknik Negeri Jakarta. Depok.2013.
- [2]. Pramono, Agus Edy. *Buku Ajar Elemen Mesin II*. Politeknik Negeri Jakarta. Depok.2013.
- [3]. Khurmi, R.S., Gupta, J.K. “*A Textbook Of Machine Design*,” New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD.2005.
- [4]. www.google.co.id/patents.
- [5]. Djiwo, S., & Setyawan, E. Y,”Mesin teknologi tepat guna sabut kelapa di ukm sumber rejeki kabupaten kediri,” (2), 576–582. 2016.
- [6]. Kalpakjian, Serope & Schmid, S.R. *Material Removal Processes: Cutting, Manufacturing Processes for Engineering Materials*. Singapore, Pearson Prentice Hall. 2009.

RANCANG BANGUN *MAGAZINE* FM130 DALAM PRODUKSI *BUSHING* FM130

Habib Abdullah¹, Bima Subyekti Putra Bagaskara²,

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia, Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530, habibabdullah1105@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Permesinan di dunia industri manufaktur berkembang sangat pesat, dengan beragam model dan tipe mesin untuk jenis produksi yang sama, juga beragam merek yang ada di industri. Dalam perjalanannya setiap industri tentu akan ada modifikasi bentuk dan fungsi semula, yang dimaksudkan agar bisa mempercepat proses, meningkatkan keselamatan pekerja dan ergonomi pekerja. Produksi *Bushing* FM130 dengan cara melapisi ring logam dengan karet. Hasil produksinya kurang mendukung kecepatannya, selain membutuhkan waktu yang lama, juga memerlukan ketelitian tinggi untuk pekerjanya. Produksi *Bushing* FM130 menggunakan mesin *molding hotpress* yang memiliki jumlah *cavity* 96 buah. Dalam praktik di lapangan, proses paling lama dalam produksi *Bushing* FM130 adalah pada penyusunan metal ke dalam *cavity mold*. Oleh karenanya perlu dibuatkan suatu alat yang bisa mempercepat proses produksi khususnya pada metode penyusunan logam. Rancang bangun tersebut menghasikan alat bantu berupa *Magazine* FM130 yang berfungsi menggabungkan tempat penampungan ring logam dengan *jig* yang telah disesuaikan dengan mesin *molding*. Sedangkan untuk proses pengisian ulang ring logam di *Magazine* FM130 menggunakan alat bantu berupa *Hanger* FM130 yang telah disesuaikan dudukannya dengan *Magazine* FM130.

Kata Kunci: Metode Penyusunan Metal, *Magazine* FM130, *Bushing* FM130, dan *Hanger* FM130.

Abstract

*Machinery in the manufacturing industry is growing very rapidly, it can be seen from various models and types of machines for the same type of production, as well as various brands that exist in the industries. In the course of every industry there will be modification of the original form and function, intended to accelerate the process, improve safety and ergonomic workers. To manufacturing *Bushing* FM130 by coating the metal ring with rubber. The result of production support less of the speed in addition to requiring a long time, it also requires high accuracy for worker. *Busing* FM130 production using *hotpress molding* machine has 96 cavities. In practice of field, the longest process in production of *Busing* FM130 is the process of arraging metal into the *cavity mold*. Therefore, it is necessary to make a tool that can accelerate the production, especially on the method of metal preparation. This design builds a *Magazine* FM130 tool that incorporates a ring metal shelter with a *jig* that has been adapted to the exsiting *molding* machine. As for the process of refilling the metal ring in *Magazine* FM130 by using tool of *Hanger* FM130 tool which has been adjusted seat with *Magazine* FM130.*

Keywords: Metal Drafting Method, *Magazine* FM130, *Bushing* FM130, and *Hanger* FM130.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur yang bergerak dalam bidang manufaktur *rubber otoparts*; harus mampu memenuhi kebutuhan konsumen yang selalu meningkat tiap tahunnya. Sedangkan, peningkatan kebutuhan konsumen tidak sebanding dengan proses produksi yang dilakukan. Cara untuk memenuhi kebutuhan konsumen adalah dengan meningkatkan kecepatan proses produksi, yaitu dengan cara menambahkan alat bantu.

Dari data dalam Tabel 1 dapat dilihat bahwa target *PPIC* (*Production Planning and Inventory Control*) tiap bulannya belum mencapai angka 80%. Pencapaian target yang belum memenuhi harapan dikarenakan faktor proses produksi yang kurang cepat, khususnya di bagian persiapan ring logam. Dalam praktek di lapangan, proses produksi *Bushing* FM130 diawali dengan proses penyusunan ring logam ke dalam *mold continous* yang memerlukan waktu 3 menit, sedangkan proses *injection rubber* hanya

membutuhkan waktu 2,5 menit. Dalam hal tersebut, ada jeda waktu sebanyak 30 detik untuk proses penyusunan ring logam yang berdampak kepada pencapaian target *PPIC* yang tidak terpenuhi. Selain hal tersebut, memasukkan ring logam ke dalam *mold* secara manual menyebabkan keselamatan (*safety*) yang kurang, karena terdapat kontak langsung dengan *mold* panas yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja.

Tabel 1 Data Produksi Bushing FM130 di Perusahaan *Rubber Otoparts*^[6]

DATA PRODUKSI PERIODE	TARGET PPIC	TARGET PRD	OK	NG	AR PPIC (%)	AR PRD (%)	RR (%)
JANUARI 2017	86112	62012	61627	391	72	99	0,6
FEBRUARI 2017	41760	31968	29280	0	70	92	0,0
MARET 2017	517824	450052	356842	1891	69	79	0,5

Oleh karena hal tersebut, diperlukan alat bantu berupa Magazine FM130 yang fungsinya untuk menggabungkan *jig* dengan tempat penyimpanan ring logam, sehingga mengurangi waktu penyusunan ring logam dan keselamatan meningkat dikarenakan tidak ada kontak langsung dengan *mold* .

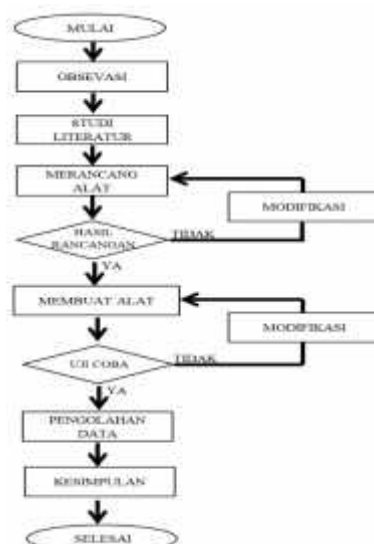
1.2 Tujuan

Tujuan rancang bangun meliputi:

1. Merancang Magazine FM130 untuk proses produksi Bushing FM130,
2. Membangun Magazine FM130 untuk proses produksi Bushing FM130,
3. Mempersingkat waktu produksi Bushing FM130 khususnya waktu penyusunan ring logam,
4. Meningkatkan pencapaian target *PPIC* dan target produksi yang belum mencapai dari angka 80% dan ke angka 100%, dan
5. Meningkatkan, kesehatan dan keselamatan bagi pekerja.

2. METODE RANCANG BANGUN

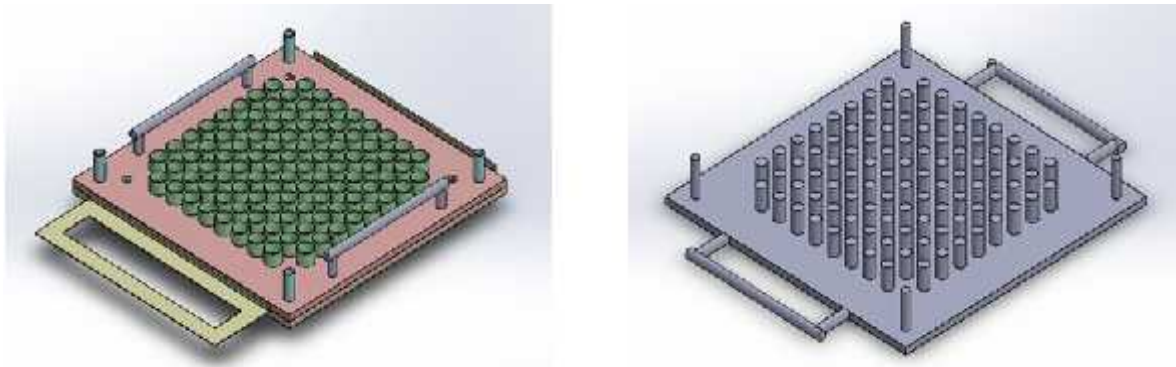
Rancang bangun Magazine FM130 mengikuti diagram alir sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1 Metodologi Rancang Bangun

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancang bangun dan pembuatan Magazine FM130 dan Hanger FM130 sebagaimana Gambar 2.

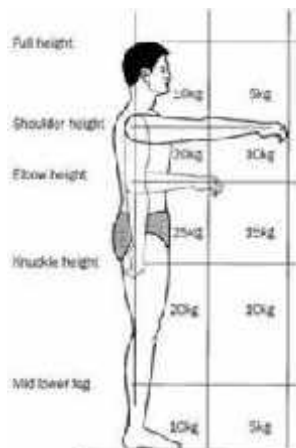


Gambar 2 Magazine FM130 (kiri) dan Hanger FM130 (kanan)

3.1 Beban Kerja Berdasarkan Ergonomi

Pertimbangan beban kerja yang didasari oleh gerakan dasar dalam proses produksi, yaitu angkat dan berpindah. Oleh sebab itu, diperlukan pedoman ergonomi untuk meminimalisir *fatigue* yang berdampak pada kinerja dari pekerja. Pedoman yang dapat digunakan sesuai dengan *manual handling code 1990* dari Inggris (*HSE Executive*) dalam menetapkan beban yang dapat diangkat adalah sebagai berikut^[7]:

1. Pada posisi duduk, tidak disarankan mengangkat lebih dari 4,5 kg,
2. Beban angkat jika antara 16 dan 55 kg, maka risiko cedera semakin meningkat. Gunakan alat angkat dan atau mengangkat secara tim, dan
3. Beban lebih dari 55 kg tidak diperkenankan mengangkat sendiri. Gunakan alat bantu dan atau mengangkat secara tim.



Gambar 3 Beban yang Disarankan^[7]

Asumsi beban stabil, mudah diganggam dan kompak^[7] mengacu pada Gambar 3:

1. Jika dilakukan *twisting*/memutar, maka jika sudut putaran 45° dari kaki nilai beban dikurangi 10%,
2. Jika sudut putaran 90 derajat maka nilai beban dikurangi 20%,
3. Frekuensi pengangkatan dan penurunan beban.

Panduan frekuensi pengangkatan dan penurunan beban adalah sebagai berikut;

-) Jika dilakukan satu atau dua kali permenit, beban dikurangi 30%,
-) Jika dilakukan lima sampai delapan kali permenit, beban dikurangi 50%, dan
-) Jika dilakukan lebih dari 12 kali permenit, beban dikurangi 80%.

3.2 Gaya yang Bekerja

Gaya yang bekerja pada Magazine FM130 adalah gaya gesek yang dilakukan untuk menggerakkan *Middle Plate* agar terjadi transportasi ring logam, sehingga ring logam dapat bergerak ke dalam *mold*. Gaya gesek diperoleh sebagaimana Persamaan 1.

$$f = \mu \cdot N$$

[Persamaan 1]

3.3 Pengaruh Panas

Dalam pengoprasian Magazine FM130 yang selalu terjadi kontak langsung terhadap panas yang merambat secara konduksi, maka diperlukan bahan yang dapat menangkap panas agar tidak terjadi kontak panas dengan pekerja, maka Persamaan 2 yang digunakan.

$$Q/t = kA (T_2 - T_1)/x \quad \text{[Persamaan 2]}$$

3.4 Kekuatan pada Pengelasan

Kekuatan las pada rancang bangun diperlukan untuk membuat *stopper* pada *middle plate*, maka Persamaan 3 yang digunakan.

$$\sigma_t = \frac{3t_1 P e}{l t (3t_1^2 - 6t_1 t + 4t^2)} \quad \text{[Persamaan 3]}$$

dengan

σ_t :kekuatan pada las,

t_1 :tebal dari benda pertama,

P :gaya yang bekerja,

e :ketinggian las pada benda,

t :tebal pada benda kedua, dan

l :panjang lasan pada benda.

Sedangkan pada gagang untuk pemegang menggunakan perhitungan lasan dengan Persamaan 4.

$$\sigma_t = \frac{0,845P}{t \cdot l} \quad \text{[Persamaan 4]}$$

dengan

σ_t :kekuatan pada las,

P :gaya yang bekerja,

t :tebal pada benda kedua, dan

l :panjang lasan pada benda.

3.5 Spesifikasi Akhir yang Diharapkan

3.4.1 Spesifikasi Ring Logam untuk Bushing

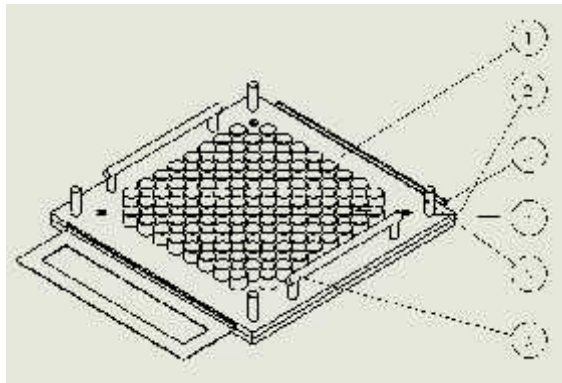


Gambar 4 Ring Logam untuk Bushing

Ring logam untuk Bushing FM130 menggunakan bahan dari kuningan dengan dimensi $D_1 = 21,72$; $d_2 = 14,89$; tebal = 1,2 dan massa = 1,7476 g.

3.4.2 Spesifikasi Magazine FM130

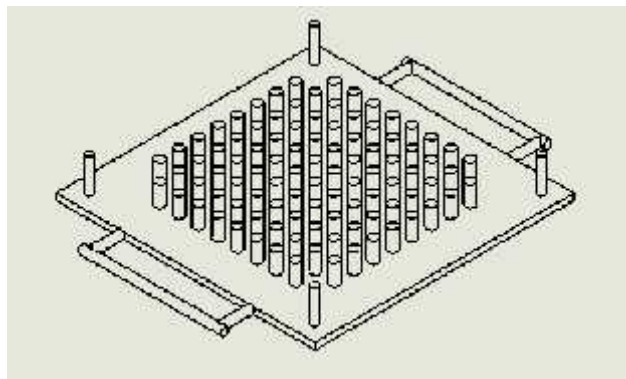
Magazine FM130 memiliki enam bagian penting. Bagian-bagian dari Magazine FM130 akan dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 5 Spesifikasi Magazine FM130

1. *Upper Plate*, berfungsi sebagai pelat untuk membedakan *centre line* dengan *Lower Plate*. *Upper Plate* dibuat dengan bahan Pertinak, yaitu bahan yang berasal dari polimer phenolic yang harganya lebih mahal daripada besi/baja, tetapi memiliki massa yang ringan, dan tidak menghantarkan panas. Dimensi yang diperlukan adalah p_xl_xt (410x410x5),
2. *Lower Plate*, berfungsi sebagai pelat untuk mengarahkan ring logam ke dalam *cavity mold*. *Lower Plate* juga dibuat dari bahan dasar Pertinak. Untuk dimensi yang diperlukan adalah p_xl_xt (410x410x10),
3. *Middle Plate*, berfungsi sebagai pengarah ring logam dari jalur *Upper Plate* ke jalur *Lower Plate*. *Middle Plate* dibuat dengan bahan dasar JIS310 dengan dimensi p_xl_xt (350x350x1,2),
4. Tabung atau tempat penyimpanan ring logam, berfungsi sebagai tempat menyimpan ring logam. Terbuat dari bahan JIS310 dengan dimensi D₁ = 25,4; d₂ = 23,3; dan tinggi 35. Dibutuhkan sebanyak 96 buah tabung penyimpanan,
5. *Guidance* atau tempat pengarahan, berfungsi untuk mengarahkan Hanger FM130 ketika sedang pengisian ulang yang terbuat dari bahan paralon/PVC dengan tipe AW ½ Inch dengan panjang 100, dan
6. Pegangan yang dibuat secara *custom* dikarenakan tergantung besar kecilnya tangan pekerja. Untuk rancang bangun tersebut memiliki tinggi 50 dengan panjang 200mm.

3.4.3 Spesifikasi Hanger FM130



Gambar. 6 Spesifikasi Hanger FM130

Untuk Hanger FM130 memiliki ukuran dengan ketebalan pelat 5. Untuk ukuran tinggi tiang, jarak antar tiang dan *guidance* disesuaikan dengan Magazine FM130.

3.6 Proses Pembuatan

Magazine FM130 memerlukan tiga tahap dalam proses pembuatannya. Tahap pembuatan Magazine FM130 diantaranya:



Gambar. 7 Pemotongan Bahan

-) Tahap pertama adalah pemotongan bahan-bahan menjadi semua part sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan sebelum proses pembolongan.



Gambar. 8 Proses CNC

-) Tahap kedua adalah proses *machining Upper Plate, Middle Plate, dan Lower Plate* menggunakan mesin CNC dengan tahapan yang sesuai untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi.



Gambar. 9 Assembly

-) Tahap ketiga adalah proses *assembly* semua *part* dengan *tahapan* sesuai berdasarkan desain sehingga menjadi Magazine FM130.

3.7 Kendala Setelah di Rancang Bangun

Kendala yang terjadi pada saat pembuatan Magazine FM 130 dan kemungkinan penanggulangan kendala:

1. Tebal middle plate terlalu besar dengan ukuran pada *bottom plate* mengakibatkan sulit melakukan gerakan geser (*sliding*), penngagulanannya dengan cara:
 - a. proses *machining* pada *middle plate* agar lebih tipis

- b. proses *machining* pada *bottom plate* agar lebih dalam.
- 2. *Stopper* tidak dapat langsung dibuat dari *middle plate* karena tebal *middle plate* terlalu tipis untuk menahan gaya tarik dan dorong dan penanggulangannya dengan cara: membuat *stopper* dari balok yang dilaskan pada *middle plate*.
- 3. Terjadinya pembengkokan yang terjadi pada magazine berpusat pada *center*. Penanggulangan dengan cara:
 - a. Membaut bagian center pada magazine, dan
 - b. Mengubah bahan dasar pada top atau *bottom plate*.

4. SIMPULAN

Alat bantu Magazine FM130 dan Hanger FM130 dirancang dengan desain dan ukuran berdasarkan *mold* untuk mendapatkan spesifikasi yang dibutuhkan. Analisis pada Magazine FM130 dan Hanger FM130 adalah ergonomi beban kerja, gaya yang bekerja, dan pengaruh panas. Keuntungan dari Magazine FM130 dan Hanger FM130 dapat meningkatkan efektivitas waktu dan keselamatan untuk pekerja yang akan berdampak pada hasil dari proses produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Drs. Mochammad Sholeh, ST, MT selaku pembimbing Skripsi dan Ketua Program Studi Teknik Manufaktur; Bapak Dr. Belyamin M.Sc, Eng., B. Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, dan Bapak Setiawan selaku pembimbing dari PT. Indokarlo Perkasa, Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyadi, Toti Srimulyati. 2005. Perancangan dan Pembuatan *Model Drill Jig* untuk Penggurdian *Flens* Kopleng. Padang : Politeknik Negeri Padang
- [2] Prasetyo Hendro, Rispiana, Puspita Dewi. 2015. Rancang *Welding Fixture* Pembuatan Produk *Front Engine Mounting* Mobil Suzuki Baleno. Bandung : Institut Teknologi Nasional.
- [3] Zubair M. Mohamed. 1995. *Ramifications of Tool Magazine Size On the Makespan and Routing Flexibility of Flexible Manufacturing Systems*. Bowling Green : Western Kentucky University.
- [4] Kumar Shravan, Venugopal R. 2017. *Performance Analysis of Jig for Coal Cleaning using 3D Response Surface Methodology*. Dambad : Indian Institute of Technology.
- [5] Hangbo Zang, Linayu Zheng, Xiwei Chen, Haiji Huang. 2016. *A Novel Reconfigurable Assembly Jig Based on Stable Agile Joints and Adaptive Positioning-Clamping Bolt*. Beijing : Beihang University.
- [6] PT. Indokarlo Perkasa. 2017. Pencapaian Target PPIC. PT Indokarlo Perkasa
- [7] Sigit Safety. 2010. Maksimum Berat Beban Ergonomi, <http://sigitsafety.wordpress.com/h-o-m-e/>, 21 Mei 2017.

RANCANG BANGUN *PIPE INSPECTION ROBOT* SEBAGAI ALAT BANTU INSPEKSI PIPA NON HIDROKARBON UKURAN LEBIH DARI 12 INCI DI BADAK LNG

Elita Kabayeva

Teknik Mesin, Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta program LNG Academy
yevawedd@gmail.com

Abstrak

Perkembangan industri minyak dan gas di Indonesia berkembang pesat seiring dengan permintaan energi yang terus meningkat. Tapi, karena biaya produksi yang mahal, banyak upaya yang dilakukan industri migas untuk mengembangkan teknologi yang efektif, efisien, dan murah. Dengan pengembangan teknologi, industri akan lebih mudah melakukan pekerjaan yang sangat sulit jika dilakukan oleh manusia. Seiring perkembangan inovasi sekarang, manusia menciptakan peralatan berbasis robotika untuk meringankan pekerjaan manusia. Salah satunya adalah Pipe Inspection Robot. Pipe Inspection Robot adalah alat berbasis mikrokontroler atau microprocessor yang dapat dikendalikan dan dapat diinstal perangkat pembantu (sensor) sesuai dengan kebutuhan manusia.

Pipa Badak LNG merupakan tempat mengalirnya fluida. Aliran ini dapat merusak pipa, karenanya, dilakukan pemeriksaan dan pembersihan secara berkala pada pipa. Namun, pada pipa yang lebih kecil dari 24 [inch], pemeriksaan ini sangat sulit dilakukan bahkan tidak dapat dilakukan oleh manusia, sehingga dibutuhkan sebuah alat yang mampu untuk memeriksa pipa tersebut.

Rancang bangun Pipe Inspection Robot mengadaptasi sistem robot yang dimanfaatkan untuk pemeriksaan pipa secara efektif, efisien, murah, dan berisiko rendah. Tujuan dari Pipe Inspection Robot adalah untuk mengurangi kesulitan inspeksi pipa. Kondisi pipa tersebut dipantau secara langsung oleh operator dan dilaporkan sebagai acuan untuk proses pembersihan lebih lanjut.

Pipe Inspection Robot dirancang menggunakan Aluminium. Dilengkapi sensor jarak dengan peralatan inspeksi berupa kamera. Pipe Inspection Robot ini menggunakan penggerak berupa motor DC bertenaga baterai dan di kontrol dari stasiun darat dengan menggunakan remote control.

Dapat disimpulkan bahwa, pembuatan Pipe Inspection Robot adalah solusi untuk mengatasi kesulitan pemeriksaan pipa non hidrokarbon sekaligus untuk menekan biaya operasional pemeriksaan pipa.

Kata Kunci: Robotika, Arduino Mega 2560, Robot Inspeksi Pipa

Abstract

Indonesia's Oil and Gas Industry development grown rapidly as energy demand increases. Expensive production costs, causes the oil and gas industry develops technology that is effective, efficient, and cheap. With this, industry's impossible jobs done by humans will be easier to do. Along with the development of innovations, mankind has created robotics-based equipment to alleviate human tasks. One of them is Pipe Inspection Robot. Pipe Inspection Robot is a microcontroller or microprocessor-based tool that is controlled and installed with sensor based on human needs.

Badak LNG pipeline is where the fluid flows. This fluid flow damages the pipe. Therefore there is regular pipe inspection and cleaning. But for the sizes that smaller than 24 [inches], it is very difficult or even impossible to conduct the examination. Thus, we need a tool that enables pipe inspecting, especially sizes below 24 [inches].

Pipe Inspection Robot design adapt the system that can be used for effective, efficient, inexpensive, and low risk pipe inspection. The aim of Pipe Inspection Robot is to reduce pipe inspection's difficulties. The pipe condition is monitored by the operator and reported as a reference for further cleaning process.

Pipe Inspection Robot designed using aluminium. Equipped with ranging sensor with inspection camera. Pipe Inspection Robot uses a DC motor battery-powered drive system and controlled from ground station by remote control.

It can be concluded that the making of Pipe Inspection Robot is a solution to reduce inspection's difficulties also to minimize pipe inspection's operational cost.

Keywords: Robotic, Arduino Mega 2560, Pipe Inspection Robot

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Dewasa ini, perkembangan industri minyak dan gas di Indonesia berkembang dengan sangat cepat. Hal itu seiring dengan permintaan kebutuhan energi di Indonesia yang juga semakin tinggi. Akan tetapi, biaya produksi dan perawatan yang semakin mahal membuat perusahaan pelaku industri migas dituntut un-

tuk berinovasi mengembangkan teknologi yang lebih efektif, murah, dan *reliable* sehingga dapat membantu kegiatan operasi industri migas secara efisien.

Badak LNG merupakan perusahaan pencairan gas alam yang berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur. Gas alam dicairkan dengan cara mendinginkan gas alam hingga mencapai suhu -161°C . Untuk mencapai pendinginan pada suhu tersebut, maka gas alam didinginkan dengan fluida pendingin melalui proses pertukaran panas pada *heat exchanger*. Pada kilang Badak LNG, terdapat 3 macam fluida pendingin, yaitu air laut, propana, dan *Multi Component Refrigerant (MCR)*.

Gas alam yang akan di dinginkan, disuplai melalui berbagai macam jenis pipa. Pipa-pipa di badak LNG digunakan untuk mengalirkan berbagai jenis fluida secara terus menerus. Pipa-pipa tersebut memiliki kemampuan yang terbatas. Sehingga perlu dilakukan inspeksi secara rutin. Hasil inspeksi ini akan di laporkan dan akan digunakan sebagai dasar untuk keputusan lebih lanjut.

Proses inspeksi pipa dilakukan dengan menggunakan jasa pekerja. Dalam hal ini, pekerja tidak dapat melakukan inspeksi pipa dengan ukuran pipa dibawah 24 [inci]. Akan menjadi sangat berbahaya jika pekerja dipaksa untuk tetap melakukan inspeksi pipa pada ukuran tersebut. Resiko keselamatan dari pekerja merupakan faktor yang harus sangat diperhatikan. Selain itu, letak kerusakan pada suatu pipa menjadi salah satu permasalahan yang timbul saat terjadinya kebocoran pada sistem perpipaan. Kerusakan yang tidak terdeteksi sejak dini akan mengakibatkan kerugian baik dari sisi personil maupun materiil. Mengetahui titik letak kerusakan yang terjadi akan menjadi poin penting dalam dilakukannya inspeksi, sehingga inspeksi dapat berjalan efisien baik dalam waktu maupun biaya.

Guna mewujudkan efisiensi dan efektifitas dalam inspeksi pipa. Maka diperlukan suatu alat yang dapat membantu hal tersebut yaitu *Pipe Inspection Robot*, *Pipe Inspection Robot* merupakan robot yang dapat digunakan dalam kegiatan industri terutama dalam kegiatan inspeksi pipa. Dengan adanya *Pipe Inspection Robot*, maka *user* dapat melihat kondisi dalam pipa ukuran 12-24 [inci] secara langsung dengan pergerakan fleksibel melalui kamera. Kondisi yang telah terekam oleh *Pipe Inspection Robot* akan dilaporkan dan menjadi acuan untuk keputusan lebih lanjut.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam makalah ini adalah:

- Bagaimana perancangan desain *Pipe Inspection Robot* sehingga dapat digunakan untuk inspeksi Pipa?
- Bagaimana sistem pengendalian pada motor *Pipe Inspection Robot*?
- Bagaimana sistem instrumentasi *Pipe Inspection Robot* sehingga robot dapat dikendalikan dengan baik?
- Bagaimana *Pipe Inspection Robot* dapat mengetahui letak *discontinuity* pada pipa dan menampilkan *output visual* ke dalam komputer?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari pemanfaatan *Pipe Inspection Robot* sebagai alat bantu inspeksi Pipa adalah sebagai berikut:

- Merancang konstruksi *Pipe Inspection Robot* sebagai alat bantu inspeksi pada pipa non hidrokarbon ukuran lebih dari 12 [inci].
- Merancang sistem kelistrikan dan instrumentasi pada alat sehingga dapat dikendalikan dengan baik.
- Menguji dan mengevaluasi kerja *Pipe Inspection Robot* yang telah di buat.
- Mengetahui letak *discontinuity* pada pipa dan menampilkan *output visual* ke dalam computer

II. EKSPERIMEN

Pada desainnya, robot ini bisa bekerja pada pipa berukuran lebih dari 12 inci, dan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04. Selain itu, pada desainnya, robot menggunakan kamera *webcam* untuk pengamatan pipa dan didesain untuk bekerja pada pipa horizontal dengan keadaan kosong. Untuk pengendaliannya, robot menggunakan kontroler berupa *joystick*. Robot hanya menyediakan output visual. Untuk kesimpulan kerusakan pada pipa, disimpulkan oleh pengguna (*user*).

Studi ini dilakukan secara eksperimental dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Analisa pipa *Cooling Water* di Badak LNG.
2. Merancang robot agar dapat beroperasi pada pipa.
3. Merancang peralatan mekanik, elektronik, dan sistem kontrol robot.
4. Pembuatan peralatan.
5. Pengujian dan perbaikan alat.

Analisis Desain

Dari hasil studi pustaka dan studi lapangan, ditemukan bahwa ukuran pipa sistem pendingin di Badak LNG memiliki ukuran yang beragam, mulai dari ukuran paling kecil adalah 2 [inch] dan ukuran paling besar adalah 72 [inch]. Tersusun atas material yang berbeda-beda, semua didasarkan pada suhu dari fluida pendingin yang dialirkan. Material pipa sistem pendingin yang ada di Badak LNG antara lain FRP, *Carbon Steel*, dan PVC. Dan untuk material pendingin yang dialirkan di dalam pipa adalah air laut.

Dari studi tersebut ditemukan bahwa untuk ukuran pipa dibawah 24 [inch] tidak dapat dinspeksi oleh manusia. Sehingga untuk ukuran pipa 2 [inch] hingga 24 [inch] tidak pernah dilakukan inspeksi. Oleh karena itu, untuk membantu jalannya proses inspeksi pada pipa, *pipe inspection robot* dirancang untuk dapat masuk ke dalam pipa dengan ukuran dibawah 24 [inch]. Didesain untuk dapat bermanuver di dalam pipa horizontal dan dapat mengirimkan gambar kepada pengguna serta dapat mengirimkan lokasi dimana tempat robot berada guna membantu jalannya proses inspeksi pipa di Badak LNG.

Kemudian untuk menunjang ketahanan dari *pipe inspection robot*, badan robot didesain menggunakan bahan PVC dengan tutup badan robot menggunakan bahan akrilik. Kaki robot didesain menggunakan bahan aluminium dimana penopang kaki dari robot didesain menggunakan bahan *stainless steel*.

Perencanaan Mekanik

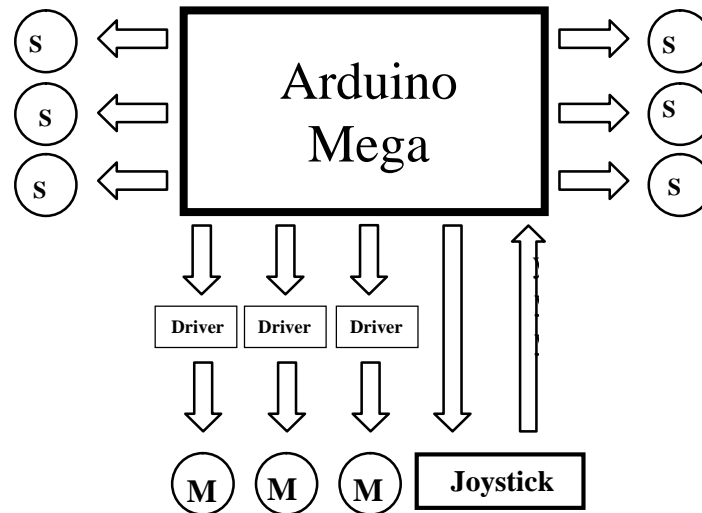
Perancangan mekanik meliputi desain dari konstruksi *Pipe Inspection Robot* menggunakan *engineering software* yaitu *Solidworks* 2013. *Solidworks* adalah salah satu CAD *software* yang dibuat oleh *Dassault Systems* digunakan untuk merancang bagian permesinan atau susunan bagian permesinan yang berupa perakitan dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan bagian alat sebelum dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. Alat-alat yang akan di desain menggunakan *software Solidworks* 2013 ini adalah *main body*, *legs*, *servo mount*, *camera mount*, *front lid*, *back lid*.



Gambar 2.1 Rancangan Robot Inspeksi Pipa

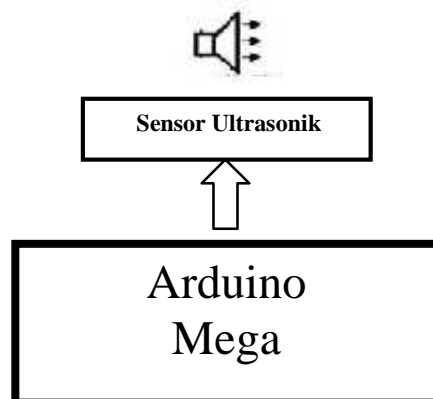
Perencanaan Elektronik

Gambar 2.2 menjelaskan tentang Sistem Kontrol Robot Inspeksi Pipa, diagram alir sistem dari mikrokontroler ke driver dan hubungan dua arah dengan *joystick*.



Gambar 2.2 Sistem Kontrol Robot Inspeksi Pipa

Perancangan sistem elektronik berhubungan dengan perancangan rangkaian catu daya, mikrokontroler, komunikasi serial, *driver* pada motor DC, dan *driver* pada motor servo. *Pipe inspection robot* ini menggunakan sistem kontrol lup tertutup yang mana artinya program dalam mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke *driver motor*. Kemudian *driver motor* akan mengatur pergerakan motor dan begitu seterusnya hingga tercapai nilai keluaran yang diinginkan oleh pengguna. Sehingga pada nantinya, robot diharapkan dapat bekerja maksimal untuk membantu pengguna dalam melakukan inspeksi pipa di *cooling water* Badak LNG. Skema sistem elektronika dan kontrol robot ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema Sistem Sensor Ultrasonik Robot Inspeksi Pipa

Komponen elektronik yang digunakan pada pembuatan *pipe inspection robot* meliputi komponen kontrol dan komponen sensor, dimana komponen-komponen tersebut adalah:

a) **Mikrokontroler Arduino Mega**

Salah satu arduino yang digunakan pada perancangan ini adalah ATmega2560 dengan antarmuka USB Host menggunakan Max3421e. *Board* ini memiliki 54 digital I/O dengan 14 I/O untuk PWM, 16 untuk analog input, 4 untuk UART. Arduino Mega yang digunakan pada *pipe inspection robot* ini berjumlah dua dimana arduino pertama digunakan sebagai *platform* penginstalan sensor ultrasonik dan arduino kedua digunakan sebagai *platform* sistem kontrol. Gambar Arduino Mega ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 2.4 Arduino Mega 2560

b) **Motor Driver IBT-2**

Motor Driver IBT-2 43 A H-Bridge merupakan *driver H-Bridge* berbasis transistor BTS7960 yang didesain untuk menghasilkan *drive* 2 arah dengan arus kontinyu hingga 43 [A] pada tegangan 5,5 [Volt] sampai 36 [Volt]. Dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. *Driver motor* ini dapat menggerakkan beban-beban induktif seperti motor DC, motor stepper, koil relay, selenoida, dan beban-beban lainnya. *Motor Driver IBT-2* ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 2.5 Motor Driver IBT-2

c) **Joystick PS2**

Joystick adalah suatu alat kontrol yang dapat terkoneksi dengan mikrokontroler sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan *pipe inspection robot* melalui kabel. Di dalam kabel koneksi dari *Joystick* PS2 terdapat 8 pin dimana pin tersebut akan terhubung dengan mikrokontroler sebagai perantara koneksinya. Untuk proses kontrol dilakukan menggunakan *software* pemrograman arduino yang dapat diunduh di internet. Gambar *joystick* yang digunakan pada robot ini ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Joystick

d) **Baterai Panasonic LC-R127R2CH**

Baterai adalah sumber energi listrik yang digunakan untuk menyuplai daya pada *pipe inspection robot*. Jenis baterai yang digunakan pada *pipe inspection robot* ini adalah *accu/aki* kering yang berfungsi sebagai penyuplai daya pada motor dc yang berfungsi sebagai penggerak roda bagian belakang. Memiliki kapasitas 12 [V]; 7.2 [Ah]. Dengan nilai *initial current* kurang dari 2.88 [A]. Gambar baterai yang digunakan pada robot ini ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Baterai

e) **Motor DC**

Motor dc adalah motor penggerak roda belakang pada *pipe inspection robot*. Jenis motor dc ini mampu berputar hingga 300 [rpm] pada tegangan 12 [VDC]. Gambar motor dc yang digunakan pada robot ini ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Motor DC

f) **Motor Servo SG-90**

Motor servo SG-90 adalah motor penggerak kamera yang terdapat pada *pipe inspection robot*. Memiliki spesifikasi dengan rincian *stall torque* sebesar 1.5 [kg.cm], *operating speed* sebesar 0.3 [detik]/60 [derajat], dan *operating voltage* sebesar 4.2-6 [V]. Gambar motor servo SG90 ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Motor Servo SG-90

g) Motor Servo FS5115M

Motor servo FS5115M adalah motor penggerak untuk kamera yang terdapat pada *pipe inspection robot*. Memiliki spesifikasi dengan rincian *stall torque* sebesar 15.5 [kg.cm], *operating speed* sebesar 0.16 [detik]/60 [derajat], dan *operating voltage* sebesar 4.8-6 [V]. Gambar motor servo FS5115M ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Motor servo FS5115M

h) Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu yang berada didepannya, frekuensi kerjanya ada pada gelombang suara 40 [KHz] hingga 400 [KHz]. Pada *pipe inspection robot*, sensor ini digunakan untuk membantu *inspector* dalam menemukan letak robot. Bekerja pada tegangan 5 [VDC] dan bekerja pada arus 15 [mA]. Gambar sensor ultrasonik yang digunakan pada robot ini ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Sensor Ultrasonik

Perancangan Perangkat Kontrol

Perangkat kontrol digunakan untuk mengendalikan gerak dari *pipe inspection robot*. Perangkat kontrol akan mengendalikan pergerakan robot baik maju ataupun mundur dan pergerakan kamera dan juga lampu LED yang berfungsi sebagai lampu sorot baik ke atas-bawah ataupun ke kanan-kiri. Perangkat kontrol menggunakan yang digunakan adalah *joystick* PS2 yang juga berfungsi sebagai alat input kontrol ke mikrokontroler arduino. Berikut adalah gambar tombol kontrol pada *joystick* yang digunakan sebagai input kontrol.

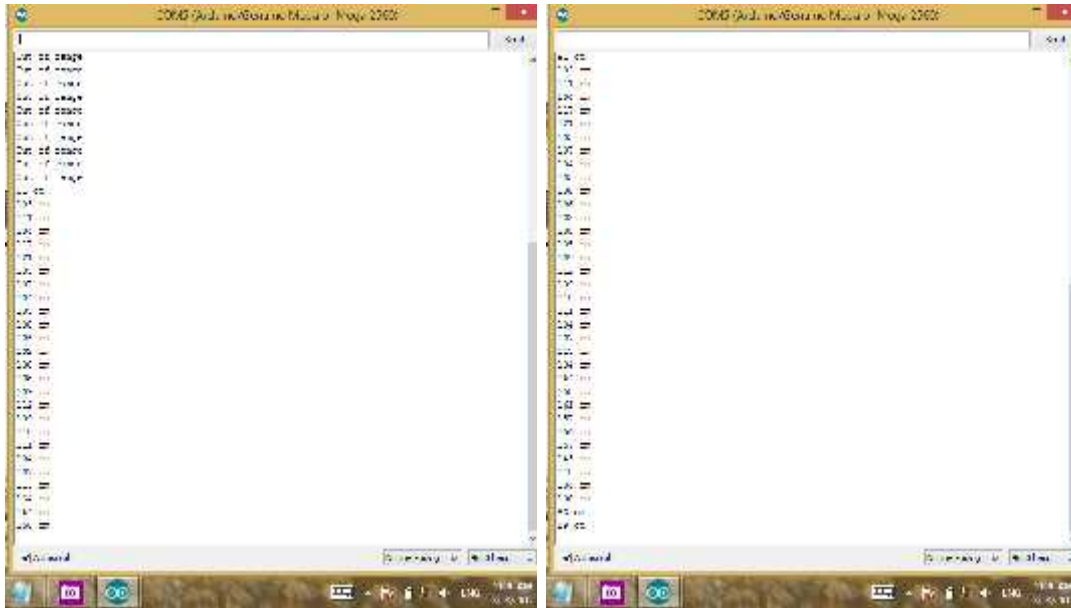
PSB_START	: Mematikan motor	
PSB_SELECT	: Menghidupkan motor	
PSB_PAD_UP	: Menggerakkan servo kamera ke atas	
PSB_PAD_DOWN	: Menggerakkan servo kamera ke bawah	
PSB_PAD_LEFT	: Menggerakkan servo kamera ke kiri	
PSB_PAD_RIGHT	: Menggerakkan servo kamera ke kanan	

PSB_PINK	: Membelokan robot ke arah kiri
PSB_RED	: Membelokan robot ke arah kanan
PSB_BLUE	: Menambah kecepatan robot ke arah belakang
PSB_GREEN	: Menambah kecepatan robot ke arah depan
PSB_L1	: Menggerakkan servo kaki menutup
PSB_R1	: Menggerakkan servo kaki membuka
PSB_R2	: Mengunci posisi servo
PSB_L2	: Menyalakan dan mematikan LED
PSS_RX	: -
PSS_RY	: -

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik adalah pengujian yang ditujukan untuk mengetahui kerja dari sensor ultrasonik, dimana sensor ultrasonik digunakan untuk membantu pengguna dalam mengukur jarak *discontinuity* suatu pipa dari titik 0 (nol). Sensor ultrasonik akan bekerja disaat terdapat dinding pemantul sehingga sinyal yang dipancarkan dari *transmitter* dapat diterima oleh *receiver*. Sensor ultrasonik ditujukan untuk membantu menentukan jarak, jika di dalam pipa terdapat suatu titik belok. Dan ketika pipa horizontal tanpa penghalang ataupun titik belok, maka nilai dari jarak yang ditempuh dari robot dapat dilihat pada kabel yang sudah diberi ukuran dalam satuan panjang. Sensor ultrasonik yang memiliki *range* pengukuran 2 [cm] - 4 [m] dapat menjalankan fungsi untuk mengukur jarak penghalang yang ada di depan robot. Ketika robot menjumpai penghalang yang memiliki jarak kurang dari 2 [cm] ataupun menjumpai penghalang yang memiliki jarak lebih dari 4 [m] maka nilai yang muncul pada *interface* adalah “*out of range*” dan jika robot menjumpai penghalang yang ada pada jarak lebih dari 2 [cm] dan kurang dari 4 [m] maka nilai yang muncul pada *interface* adalah nilai jarak yang sebenarnya (± 3 [mm]). Untuk hasil pengujian sensor ultrasonic dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

2. Pengujian Kontrol Robot

Pengujian kontrol robot adalah pengujian yang ditujukan untuk mengetahui gerakan robot, memastikan gerakan robot sesuai dengan program yang diunggah ke dalam mikrokontroler arduino mega. Pengujian kontrol robot dilakukan sebelum robot diuji di pipa. Pengujian dilakukan dengan membandingkan *input* program yang sudah diunggah ke dalam arduino dengan gerakan aktual pada robot. Dari pengujian kontrol robot yang sudah dilakukan, robot dapat berjalan dengan baik. Robot dapat berjalan maju, mundur, berbelok ke kanan, dan berbelok ke kiri. Kemudian kaki robot dapat membuka, menutup, dan mengunci posisi kaki. Servo kamera dapat digunakan untuk digerakkan ke atas, ke bawah, ke kiri, dan juga ke kanan.

3. Pengujian Kamera

Pengujian kamera adalah pengujian yang ditujukan untuk mengetahui hasil visual dari robot. Hasil visual adalah faktor utama keberhasilan dari robot inspeksi pipa. Hal ini dikarenakan robot inspeksi pipa adalah robot yang membantu user dalam hal visual, jika fungsi visual dari robot tidak berfungsi maka user tidak dapat menentukan *discontinuity* yang terjadi pada pipa. Pengujian kamera dilakukan pada drum dan pipa yang ada pada posisi horizontal. Pengujian pertama dilakukan pada drum bekas yang diposisikan sedemikian rupa sehingga posisinya menjadi horizontal dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Pengujian Kamera pada Drum

Pada pengujian tersebut terlihat lekukan-lekukan pada drum dan karat yang terdapat pada ujung drum. Kemudian pengujian selanjutnya dilakukan pada pipa tak terpakai yang ada di "laydown J". Hasil pengujian pada pipa ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 3 Pengujian Kamera pada Pipa Bagian I



Gambar 3. 4 Pengujian Kamera pada Pipa Bagian II



Gambar 3. 5 Pengujian Kamera pada Pipa Bagian III

Dari pengujian yang dilakukan pada pipa, terlihat bagaimana keadaan pipa yang berkarat. Terlihat bagaimana endapan-endapan pasir juga ada pada bagian bawah pipa. Pengambilan gambar dilakukan pada posisi tampak depan dan tampak samping kanan-atas dari bagian pipa.

IV. KESIMPULAN

Setelah serangkaian uji coba guna keperluan pengambilan data dan analisis alat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Konstruksi *Pipe Inspection Robot* didesain untuk memberikan data visual pada pipa *non-hydrocarbon* dengan ukuran diatas 12 [inch].
- Pipe Inspection Robot* dapat dikendalikan dengan baik menggunakan *Joystick*.
- Hasil dari pengujian operasi dan perangkat elektronika *Pipe Inspection Robot* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan desain yang telah dirancang meskipun belum maksimal.
- Data pengamatan visual dapat ditampilkan pada layar computer dan letak *discontinuity*.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Jsvester. *Simple Arduino and HC-SR04 Example*. <http://www.instructables.com/id/Simple-Arduino-and-HC-SR04-Example/> (diakses pada 27 Februari 2017.)
- Porter, Bill. *Playstation 2 Controller Arduino Library v1.0*. <http://www.billporter.info/2010/06/05/playstation-2-controller-arduino-library-v1-0/> (diakses pada 23 Februari 2017)
- HobbyTransform. *MPU6050 6 Axis Accelerometer + Gyro - GY 521 Test & 3D Simulation*. <http://www.instructables.com/id/MPU6050-Arduino-6-Axis-Accelerometer-Gyro-GY-521-B/> (diakses pada 10 Maret 2017)
- Hessmer, Rainer. *IBT-2 H-Bridge with Arduino*. <http://www.hessmer.org/blog/2013/12/28/ibt-2-h-bridge-with-arduino/> (diakses pada 26 Februari 2017)

- [5] Arduino.cc. *Blink*. <https://www.arduino.cc/en/tutorial/blink> (diakses pada 26 Februari 2017)
- [6] Wikipedia.B J T. https://en.wikipedia.org/wiki/Bipolar_junction_transistor (diakses pada 6 Maret 2017)
- [7] Prasad, E. Navin dkk. *Defect Identification in Pipe Lines using Pipe Inspection Robot*. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research; 2012.
- [8] Nayak, Ankit dan S. K. Pradhan. *Design of a New In-Pipe Inspection Robot*. 12th Global Congress on Manufacturing and Management; 2014.
- [9] Torgal, Suwarna. *Non Destructive Inspection of Pipe using Pipe Inspection Robot*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering; 2016.
- [10] Gargade, Atul A. dan Shantipal S. Ohol. *Development of In-Pipe Inspection Robot*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering; 2016.

2 REKAYASA MATERIAL

ANALISIS PENGARUH LAPISAN ALUMINA BERPORI TERHADAP PENINGKATAN DAYA SERAP ZAT WARNA PADA ALUMINIUM MURNI UNTUK APLIKASI KONSTRUKSI

Disky Adi Chandra¹, Vika Rizkia²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

diskyadichandra2@gmail.com

Abstrak

Material yang ringan, tahan aus, dan kekerasan tinggi merupakan tuntutan material yang digunakan dalam industri. Hal ini menjadikan aluminium lazim digunakan. Seperlima dari penggunaan aluminium dalam dunia industri digunakan oleh industri konstruksi mesin, konstruksi jembatan dan konstruksi kubah sebagai bahan untuk membuat selimut permukaan, tangga, ataupun pagar. Sayangnya material aluminium sangat rentan terhadap kondisi ekstrim yang menyebabkan material aluminium rentan terkena retak tegang dan retak *pitting* yang menyebabkan kegagalan pada material. Proses anodisasi merupakan solusi metode pelapisan yang paling efektif untuk melindungi permukaan aluminium dengan menghasilkan lapisan anodik berpori yang memiliki karakteristik ketahanan korosi dan kekerasan tinggi. Namun sayangnya masih sangat terbatas penelitian mengenai pengaruh parameter anodisasi terhadap proses pelapisan selanjutnya yang berkaitan dengan peningkatan nilai estetika pada aluminium. Penelitian ini menggunakan material aluminium murni tipe 1xxx yang dilakukan proses anodisasi dalam larutan H₂SO₄ dengan rapat arus 1, 3, dan 5A/dm² selama 40, 50, dan 60 menit. Analisa pewarnaan hasil anodisasi menggunakan pengamatan visual dan pengujian korosi menggunakan metode *salt spray*. Nilai ketahanan korosi pada sampel hasil anodisasi dengan rapat arus 1 sampai 3 A/dm² dengan waktu 40 – 60 menit menghasilkan *grade* 9 yang berarti hanya 0,03% yang mengalami *rusted*, sedangkan sampel yang menggunakan parameter 5A/dm² menghasilkan *grade* 7 yang berarti 0,3% yang mengalami *rusted*. Hasil analisa visual, hasil anodisasi dengan rapat arus 1 sampai 3 A/dm² dengan waktu 40 sampai 60 menit. Pemakaian rapat arus yang terlalu besar dapat mengakibatkan *burning* pada sampel serta zat warna yang menyerap tidak terlalu pekat.

Kata Kunci : Anodisasi, Al1xxx, Porous

Abstract

A lightweight, high wear resistance, and high hardness number material is a high demand material used in industry. It makes aluminum commonly used. About one from five of the world consumption from aluminum is used by construction industry such as bridge, machine, and dome construction industry, for producing sheath of households or fence. Unfortunately aluminum is very susceptible to the extreme condition due to stress corrosion cracking and pitting corrosion attacks, causing the failure of the materials. Anodizing is the most effective way to protect aluminum surface by producing the anodic porous that has the characteristics of high corrosion resistance and high hardness number. This research use aluminum pure material type 1xxx. These aluminums were anodized in H₂SO₄ solution, in varied current density and time range. The characterization morphology oxide porous and anodizing result visual observation and corrotion examination using salt-spray method. The results show that the corrosion resistance score in rapid parameter sampel current density 1 until 3A/dm² within 40-60 minutes times range, resulting 9th, this means only 0,03% of all sampel got rusted. Meanwhile, sampel using current density 5A/dm² parameter resulting grade 7, which means 0,3% of the sampel got rusted. Highest corrotion resistand result is on sampel using rapid parameter with current density 1-3A/dm², within 40-60 minutes time range. Using excessive current density could make burning effect on sampel, and sinked colouring particles to be thin.

Keywords : Anodizing, Al1xxx, Porous

1. Pendahuluan

Tuntutan terhadap material ringan, tahan aus dan berkekuatan tinggi untuk aplikasi otomotif, penerbangan, hingga konstruksi membuat material aluminium menjadi sangat penting untuk dikembangkan[1], [2]. Material aluminium tersebut menawarkan kombinasi sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan baja paduan yaitu kekakuan dan kekuatan lebih tinggi, ketahanan terhadap temperatur tinggi lebih baik, konduktivitas listrik dan termal tinggi, tahan lama, kemampuan permesinan tinggi, harga yang relatif murah namun lebih ringan[1],[2]. Seperlima dari penggunaan aluminium dalam dunia industri digunakan oleh industri konstruksi mesin, konstruksi jembatan dan konstruksi kubah sebagai bahan untuk membuat selimut permukaan, tangga, ataupun pagar[3]. Namun disamping keunggulan tersebut aluminium juga mempunyai kelemahan yaitu mempunyai nilai kekerasan dan ketahanan aus yang rendah, mudah terdeformasi, dan ketahanan korosi terhadap cuaca “ekstrem” rendah, terdapat resiko retak tegang dan retak piting yang dapat menyebabkan kegagalan material, untuk itu dibutuhkan proses pelapisan permukaan anodisasi untuk melindungi aluminium tersebut[1],[4].

Proses anodisasi merupakan solusi metode pelapisan yang paling cocok dan efektif untuk melindungi permukaan aluminium murni tersebut dengan menghasilkan ketahanan korosi pada suhu ekstrem dan kekerasan lapisan tinggi[2]. Ketahanan korosi material aluminium hasil anodisasi dapat meningkat secara drastis karena terbentuknya lapisan oksida hasil anodisasi, dimana sampel aluminium terpolarisasi secara anodik dalam larutan elektrolit membentuk aluminium oksida. Dalam proses anodisasi, larutan elektrolit seperti asam sulfat biasa digunakan untuk memperoleh lapisan anodik yang jauh lebih tebal dibandingkan lapisan yang terbentuk secara natural[5].

Anodisasi dilakukan dengan proses elektrokimia, dengan prinsip sel elektrolisa, dimana aluminium berperan sebagai anoda, katoda adalah logam inert, saling dihubungkan dalam larutan elektrolit tertentu dan diberi arus searah selama beberapa saat. Akibat dari proses elektrokimia tersebut, aluminium akan teroksidasi dan lapisan tipis Al_2O_3 yang protektif terhadap serangan korosi dan dengan variabel yang tepat *bids* memiliki kekerasan yang tinggi setelah intan[6].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa lapisan oksida sangat dipengaruhi oleh parameter anodisasi seperti : waktu, temperatur, suhu, rapat arus dan tegangan. Beberapa penelitian yang lain mengenai anodisasi baik proses, material maupun karakteristik[7]. Selain untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi, proses anodisasi juga dilakukan sebagai *pretreatment* untuk proses pelapisan selanjutnya seperti untuk meningkatkan ketahanan korosi pada lingkungan ekstrem, untuk menghasilkan permukaan hidrofobik, hingga untuk meningkatkan nilai estetika pada aluminium dengan cara yang mudah dan murah. Oleh karena itu penelitian mengenai perilaku pelapisan anodik hasil anodisasi sangatlah penting[5]. Namun sayangnya sangat terbatas penelitian mengenai pengaruh parameter anodisasi terhadap proses pelapisan selanjutnya yang berkaitan dengan peningkatan nilai estetika pada aluminium. Untuk menjawab tantangan tersebut dalam penelitian ini akan dilakukan peningkatan nilai estetika pada aluminium dengan cara yang mudah dan murah melalui proses anodisasi.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, sampel awal berupa lembaran aluminium tipe 1xxx dengan tebal 3mm, kemudian dilakukan pemotongan hingga berukuran 3 x 5 cm. Selanjutnya dilakukan pengamplasan dengan grid #100, #220, #320, #400, #600, #800, #1000, #1200, #1500, kemudian dibilas dengan aseton. Setelah itu dilakukan proses degreasing dalam larutan NaOH pada temperatur 60 - 80°C selama 10 menit. Kemudian dilakukan proses etsa dalam larutan 5% NaOH pada temperatur 60 – 90°C selama 5 menit, kemudian bilas dengan air mengalir. Proses selanjutnya yaitu desmuting dalam larutan 10-15% HNO_3 selama 10 menit pada

temperatur ruang, dan dibilas dengan air mengalir. Proses anodisasi dilakukan dengan larutan elektrolit 16% asam sulfat (H₂SO₄) pada temperatur ruang, dengan rapat arus 1,3, dan 5 A/dm², selama 40, 50, dan 60 menit. Kemudian sampel direndam pada larutan dye untuk mendapatkan warna yang diinginkan. Pengujian korosi dilakukan dengan menggunakan metode *salt spray* yaitu sampel diletakkan kedalam wadah kemudian sampel tersebut disemprotkan menggunakan HCl dengan waktu 72 jam.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada dasarnya penumbuhan lapisan alumina berpori sering disebut dengan anodisasi. Anodisasi (*anodizing*) adalah proses pelapisan elektrokimia untuk memproduksi lapisan oksida tipis hingga berukuran nanometer dan membentuk struktur pori pada permukaan logam aluminium sehingga menjadi lebih dekoratif, tahan lama, dan tahan korosi[1]. Untuk lebih memahami susunan dari lapisan oksida yang terbentuk, hendaknya perlu diketahui bahwa lapisan oksida yang pertama kali terbentuk berada dipermukaan terluar dan relatif berpori karena kontak lama dengan larutan elektrolit[8]. Temperatur dan lamanya proses anodisasi, begitu juga jenis elektrolit, menentukan jumlah aksi pelarutan dari lapisan oksida tersebut. Asam yang terkandung dalam elektrolit lama – kelamaan akan melarutkan lapisan oksida ini dan akan membentuk lapisan film oksida yang berpori pada permukaan aluminium. Ketebalan yang terbentuk hingga 25 mikron dan direkomendasikan untuk aplikasi eksternal[4].

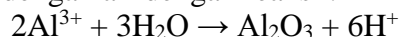
Adapun reaksi keseluruhan yang terjadi selama proses anodisasi yaitu[9] :



Reaksi diatas merupakan penjumlahan dari beberapa reaksi. Selanjutnya akan dibahas beberapa reaksi pada anoda terjadi antar muka logam/oksida dan oksida/elektrolit. Ion – ion yang dihasilkan dari oksida bersifat mobile dibawah pengaruh medan listrik yang besar. Pada antar muka logam/oksida terjadi pergerakan anion oksigen dan bereaksi dengan logam:



Pada antar muka oksida/elektrolit, kation – kation aluminium akan bergerak keluar dan akan bereaksi dengan air dengan reaksi :



Dimana pada reaksi pelarutan aluminium kedalam kedalam elektrolit selama pembentukan lapisan oksida yang berpori reaksi anodiknya adalah :



Sedangkan reaksi yang terjadi pada katoda adalah reaksi evolusi gas hydrogen yaitu :



Setelah proses anodisasi dilakukan dengan parameter rapat arus dan waktu yang telah ditentukan. Aluminium dikeluarkan dari elaktrolit dan dibilas perlahan – lahan untuk menghilangkan larutan asam dari pori lapisan film. Lapisan film yang terbentuk ini siap untuk diwarnai jika diinginkan. Lapisan film yang dihasilkan sangatlah berpori dan material lain dapat masuk kedalam pori ini dimana dapat memberi keuntungan ataupun kerugian untuk permukaan logam. Untuk mengeliminasi kontak antara aluminium dan lingkungannya maka pori – pori hendaknya ditutup sehingga meningkatkan mutu lapisan oksida yang terbentuk. Proses penutupan pori ini dinamakan sealing. Sealing dapat dilakukan dengan menambahkan air keoksida. Salah satu caranya yaitu dengan mencelupkan logam tersebut kedalam air mendidih yaitu pada temperature 90 - 100⁰C dan waktu idealnya 10 sampai 15 menit pada pH 5,5 sampai 6,5[10].










Untuk reaksi pada proses sealing yaitu :
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{AlOOH}^*$

(Persamaan 6)

3.1 Pengamatan Visual

Pengamatan visual, merupakan perubahan warna sampel sebelum dan sesudah proses anodisasi. Berikut hasil pengamatan visual sampel :

Tabel 1. Hasil pengamatan visualisasi hasil anodisasi dengan parameter rapat arus dan waktu

	40 Menit	50 Menit	60 Menit
1 A			
3A			
5A			

Berdasarkan TABEL 1 hasil pengamatan visual di atas, maka dapat dilihat bahwa terjadi perubahan warna pada permukaan sampel. Perubahan warna menunjukkan terjadinya reaksi kimia yaitu reaksi reduksi and oksidasi serta reaksi pembentukan aluminium oksida yang terjadi selama proses anodisasi. Reaksi kimia ini menyebabkan perubahan kimia yaitu berubahnya permukaan sampel dari aluminium menjadi aluminium oksida (alumina) setelah teroksidasi karena prinsip dari anodisasi yang dilakukan adalah untuk membentuk lapisan alumina yang pasif dan lebih tebal relative terhadap alumina yang terbentuk saat aluminium terekspose diatmosfer, untuk meningkatkan sifat fisika dan mekanis aluminium[11]

Perubahan warna yang terjadi ini dipengaruhi oleh unsur – unsur paduan yang ada pada aluminium, temperatur proses, waktu proses, rapat arus proses. Penampakan permukaan sampel setelah anodisasi juga memperlihatkan perubahan warna yang kurang merata. Hal ini

dapat disebabkan kurang optimalnya preparasi sampel yang dilakukan, dalam hal ini pengamplasan, dimana proses pengamplasan yang dilakukan oleh peneliti secara manual. Dapat dilihat sampel yang menggunakan parameter rapat arus 5 A/dm² mengalami burning hal ini terjadi karena pemakaian rapat arus yang tinggi, dimana hal ini merupakan pengembangan dari alira rapat arus yang berlebihan pada area tertentu sehingga terjadi pemanasan lokal pada area tersebut.

Berikut adalah perubahan yang terjadi setelah proses anodisasi dengan parameter rapat arus dan waktu :

Tabel 2. Perubahan yang terjadi setelah proses anodisasi dengan parameter rapat arus dan waktu untuk tiap sampel









No	Parameter sampel		hasil anodisasi
	Rapat arus (A/dm ²)	Waktu (menit)	
1	1	40	menyerap warna terang
2	1	50	menyerap warna terang
3	1	60	menyerap warna terang
4	3	40	penyerapan warna lebih pekat
5	3	50	penyerapan warna lebih pekat
6	3	60	penyerapan warna lebih pekat
7	5	40	terjadi burning pada aluminium dan tidak warna yang sedikit atau kurang pekat
8	5	50	terjadi burning pada aluminium dan tidak warna yang sedikit atau kurang pekat
9	5	60	terjadi burning pada aluminium dan tidak warna yang sedikit atau kurang pekat









3.2 Uji korosi *salt spray*



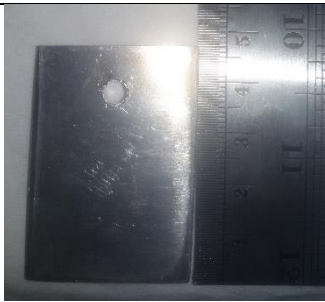

Pengujian korosi lapisan oksida hasil anodisasi dilakukan dengan metode *salt – spray* sesuai dengan ASTM D610-01, *standard test for evaluating for evaluating degree of rusting on painted steel surface*. Sampel yang telah diuji korosi dilihat dengan menggunakan *scale and description of rust ratings*.

Tabel 3. Hasil pengamatan hasil pengujian salt spray pada sampel hasil anodisasi dengan parameter rapat arus dan waktu

	Sebelum pengujian	Sesudah pengujian	Hasil

<p>1A/40 menit</p>			<p>0.03% <i>Rusted</i>(<i>rust grade 9-s</i>)</p>
<p>1A/50 menit</p>			<p>0.03% <i>Rusted</i> (<i>rust grade 9-G</i>)</p>
<p>1A/60 menit</p>			<p>0.03% <i>rusted</i> (<i>rust grade 9-P</i>)</p>
<p>3A/40 menit</p>			<p>0.03% <i>rusted</i> (<i>rust grade 9-S</i>)</p>

3A/50 menit			0.03% rusted (rust grade 9-G)
3A/60 menit			0.03% rusted (rust grade 9-P)
5A/40 menit			0.3% rusted (rust grade 7-G)
5A/50 menit			0.3% rusted (rust grade 7-S)

5A/60 menit			0.3% <i>rusted</i> (<i>rust grade 7-P</i>)
Untrea tment			10% <i>rusted</i> (<i>rust grade 4-S</i>)

Berikut tabel skala dan deskripsi dari tingkat *rusting* pada sampel diatas[12]:

<i>Rust Grade</i>	<i>Percent of Surface Rusted</i>	<i>Visual Examples</i>		
		<i>Spot(s)</i>	<i>General (G)</i>	<i>Pinpoint (P)</i>
10	<i>Less than or equal to 0.01 percent</i>		<i>None</i>	
9	<i>Greater than 0.01 percent and up to 0.03 percent</i>	9-S	9-G	9-P
8	<i>Greater than 0.03 percent and up to 0.1 percent</i>	8-S	8-G	8-P
7	<i>Greater than 0.1 percent and up to 0.3 percent</i>	7-S	7-G	7-P
6	<i>Greater than 0.3 percent and up to 1.0 percent</i>	6-S	6-G	6-P
5	<i>Greater than 1.0 percent and up to 3.0 percent</i>	5-S	5-G	5-P
4	<i>Greater than 3.0 percent and up to 10.0 percent</i>	4-S	4-G	4-P
3	<i>Greater than 10.0 percent and up to 16.0 percent</i>	3-S	3-G	3-P
2	<i>Greater than 16.0 percent and up to 33.0 percent</i>	2-S	2-G	2-P
1	<i>Greater than 33.0 percent and up to 50.0 percent</i>	1-S	1-G	1-P
0	<i>Greater than 50 percent</i>		<i>None</i>	

Pada hasil pengujian *salt spray* yang dilakukan dengan cara menyemprotkan HCl selama 72 jam pada sampel di atas menunjukkan bahwa sampel yang menggunakan rapat arus 1 sampai 3 A/dm² mendapatkan grade 9 yang berarti hanya 0,03% yang mengalami *rusted* yang artinya penumbuhan lapisan alumina pada rapat arus 1 sampai 3A/dm² berhasil sedangkan sampel yang menggunakan rapat arus 5A/dm² mendapatkan *grade 7* yang berarti 0,3% yang mengalami *rusted* . sedangkan untuk aluminium yang tidak dilakukan *treatment* mendapatkan grade 4 yang berarti 10% *rusted*.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan hasil penelitian adalah:

- Kesimpulan tentang analisis visual: sampel dengan parameter rapat arus 1A/dm² dengan waktu 40, 50, dan 60 menit yaitu menyerap warna terang, sampel dengan parameter rapat arus 3A/dm² dengan waktu 40, 50, dan 60 menit yaitu penyerapan warna lebih pekat, sedangkan sampel yang menggunakan parameter rapat arus 5A/dm² dengan waktu 40, 50, dan 60 menit yaitu terjadi burning pada aluminium dan tidak warna yang sedikit atau kurang pekat.
- Nilai ketahanan terhadap korosi yaitu pada sampel yang menggunakan parameter rapat arus 1 sampai 3 A/dm² dengan waktu 40 – 60 menit menghasilkan *grade* 9 yang berarti hanya 0.03% yang mengalami *rusted*, sedangkan sampel yang menggunakan parameter 5A/dm² menghasilkan *grade* 7 yang berarti 0.3% yang mengalami *rusted*
- Ketahanan terhadap korosi yang tertinggi ialah sampel yang menggunakan parameter rapat arus 1 sampai 3 A/dm² dengan waktu 40 sampai 60 menit
- Pemakaian rapat arus yang terlalu besar dapat mengakibatkan *burning* pada sampel serta zat warna yang menyerap tidak terlalu pekat

5. Ucapan Terimakasih

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada hibah RGDM, Politeknik Negeri Jakarta

6. Daftar Pustaka

- [1] J. L. Gazapo and J. Gea, "Anodizing of Aluminium," *TALAT Lect.*, vol. 5203, pp. 1–27, 1994.
- [2] H. Sun, H. Wang, and F. Meng, "Study of corrosion protection of the composite films on A356 aluminum alloy," *J. Rare Earths*, vol. 29, no. 10, pp. 991–996, 2011.
- [3] The Aluminum Association Inc, "Selection and Applications," *Alum. Assoc. Inc.*, pp. 1–20, 1998.
- [4] W. D. Callister and J. Wiley, *Materials Science*. .
- [5] Y. Huang *et al.*, "Evaluation of the corrosion resistance of anodized aluminum 6061 using electrochemical impedance spectroscopy (EIS)," *Corros. Sci.*, vol. 50, no. 12, pp. 3569–3575, 2008.
- [6] T. En, E. N. Iso, and S. Anodising, "QUALITY ASPECTS OF PRE-ANODISED ALUMINIUM Overview of norms and standards," pp. 1–9, 2010.
- [7] R. Patriansyah, "Studi pengaruh elektrolit asam asetat dan campuran dengan asam sulfat terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan oksida hasil anodisasi lembaran aluminium tipe 1XXX," p. 79.
- [8] J. Yue *et al.*, "Corrosion in the Food Industry and Its Control," *Corros. Eng. Sci. Technol.*, vol. 49, no. May 2001, pp. 308–12, 2014.
- [9] F. Main, *Technical Scale of Electrochemistry*, vol. 5. 2007.
- [10] *METALLOGRAPHY AND MICROSTRUCTURE OF ANCIENT AND HISTORIC METALS*. .
- [11] V. F. HENLEY, "Introduction," *Anodic Oxid. Alum. its Alloy.*, pp. 1–2, 1982.
- [12] R. Coatings and S. Floor, "Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces 1," pp. 1–6.

REKAYASA SIFAT KONDUKTIF ELEKTRIK, SIFAT KONDUKTIF PANAS DAN SIFAT LAJU AUS KOMPOSIT KERAMIK KARBON KONDUKTIF GERABAH – PLERET

Mochamad Bayu Taufik Firdaus¹, Windrayo Ratriomasyo², Agus Edy Pramono³

1. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, muhammadbayutaufigfirdaus@gmail.com
2. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
3. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Penelitian ini tentang pemanfaatan limbah sabut kelapa menjadi komposit keramik dengan matriks tanah liat. Faktanya penelitian dan pemanfaatan sabut kelapa di Indonesia sangat minim dan cenderung menjadi limbah. Oleh karenanya target dari penelitian ini adalah menghasilkan keramik konduktif elektrik yang direkayasa dari bahan lokal. Penelitian dilakukan secara eksperimental berbahan dasar sabut kelapa dengan matriks tanah liat. Hal ini bertujuan untuk mengkaji sifat konduktivitas elektrik, konduktivitas panas, dan sifat mekanik berupa laju aus dari keramik karbon. *Variable* yang digunakan dalam penelitian berupa komposisi penyusun sampel, dan variasi suhu *sintering*. Spesimen digunakan dalam penelitian ini berupa tablet dengan diameter 4 cm x 1,5 cm, dan 3 cm x 4 mm. Sabut kelapa *mesh* 50 digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan dasar dari spesimen dengan variasi rasio sabut kelapa – tanah liat berdasarkan fraksi bobot sebesar 1:10, 2:10, dan 3:10. Banyaknya spesimen setiap rasio adalah 5 spesimen untuk satu varian suhu. Variasi suhu *sintering* yang dilakukan pada penelitian ini yakni 800 °C, 900 °C dan 1000 °C. Metode pembuatan adonan spesimen pada pencampuran menggunakan mixer. Pencetakan spesimen menggunakan potongan pipa dengan diameter 4 cm x 1,5 cm dan cetakan akrilik dengan diameter 3 cm x 1 cm tanpa melalui proses pengempaan. Kemudian pada proses *sintering* diterapkan metode *pyrolysis* menggunakan mesin *furnace* yang ada di Laboratorium Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Pengujian konduktivitas listrik dilakukan menggunakan metode *two point probe* dengan alat ukur multimeter. Hasil yang didapat sementara berupa nilai konduktivitas elektrik spesimen dengan rasio 1:10, 2:10, dan 3:10 *non press* dengan pembakaran 800 °C, 900 °C dan 1000 °C. Nilai konduktivitas terendah pada spesimen 4 cm x 1,5 cm adalah 0,045 [Ωm^{-1}] terdapat pada sample dengan komposisi 1:10 dan suhu pembakaran 1000 °C. Nilai konduktivitas tertinggi pada spesimen 4 cm x 1,5 cm adalah 4,96 [Ωm^{-1}] terdapat pada sample dengan komposisi 3:10 dan suhu pembakaran 900 °C. Nilai konduktivitas terendah pada spesimen 3 cm x 4 mm adalah 4×10^{-4} [Ωm^{-1}] terdapat pada sample dengan komposisi 1:10 dan suhu pembakaran 900 °C. Nilai konduktivitas tertinggi pada spesimen 3 cm x 4 mm adalah 0,34 [Ωm^{-1}] terdapat pada sample dengan komposisi 3:10 dan suhu pembakaran 800 °C.

Kata kunci : sabut kelapa, tanah liat, carbon, laju aus

Abstract

This research is about the utilization of coconut coir waste into ceramic composite with clay matrix. In fact, research and utilization of coconut coir in Indonesia is very minimal and tends to become waste. Therefore the target of this research is to produce electrically conductive ceramic that is engineered from local material. The research was conducted experimentally based coconut coir with clay matrix. It aims to examine the properties of electrical conductivity, heat conductivity, and mechanical properties of the wear rate of carbon ceramics. Variables used in this research are the composition of the composer, and the sintering temperature variation. Specimens used in this research were tablets with diameters of 4 cm x 1.5 cm, and 3 cm x 4 mm. Coconut coir mesh 50 is used in this research as the basic material of specimens with the initial variation of coconut coir-clay ratio based on weight fraction At 1:10, 2:10, and 3:10. The number of specimens per ratio is 5 specimens for one temperature variant. Sintering temperature variations in this research are 800 °C, 900 °C dan 1000 °C. The method of making the dough of the specimen on mixing using a mixer. Preparation of specimens using pieces of pipe with a diameter of 4 cm x 1.5 cm and acrylic with a diameter of 3 cm x 1 cm without going through the process of forging. Then on the sintering process applied pyrolysis method using the existing furnace machine at the Mechanical Engineering Laboratory State Polytechnic of Jakarta. Electrical conductivity testing was performed using two point probe method with multimeter. The results obtained temporarily in the form of electrical conductivity value of specimens with a ratio of 1:10, 2:10, and 3:10 non press with burning of 800 °C, 900 °C dan 1000 °C. The lowest conductivity value in the specimen 4 cm x 1.5 cm is 0,045 [Ωm^{-1}] in a sample with a 1:10 composition and temperature burning 1000 °C. The highest conductivity value in the specimen 4 cm x 1.5 cm is 4,96 [Ωm^{-1}] in a sample with 3:10 composition and temperature burning 900 °C. The lowest conductivity value in the 3 cm x 4 mm specimen is $1,0047 \times 10^{-4}$ [Ωm^{-1}] in a sample with 1:10 composition and temperature burning 900 °C. The highest conductivity value in the specimen is 3 cm x 4 mm is 0,49956 [Ωm^{-1}] in a sample with 3:10 composition and temperature burning 800 °C

Keywords : coconut coir, clay, carbon, wear rate

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan, dan penelitian sabut kelapa di Indonesia sampai saat ini masih belum banyak dikembangkan dan cenderung menjadi limbah. Serat sabut kelapa sangat mudah ditemukan di Indonesia karena sabut kelapa merupakan limbah pertanian yang potensinya di Indonesia cukup besar. Berdasarkan data Ditjen Perkebunan tahun 2009, luas areal kebun kelapa di Indonesia sekitar 3,789 juta ha yang tersebar di 33 daerah tanam yaitu Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Irian. Faktanya, sabut kelapa belum dimanfaatkan secara optimal dan masih terbatas dalam bentuk serat tanpa diolah lebih lanjut untuk meningkatkan nilai tambah.

Komposit pada dasarnya adalah material *solid* terdiri dari kombinasi dua bahan atau lebih kemudian diikat menggunakan bahan pengikat yang dinamakan *matrix* kemudian dikuatkan dengan bahan penguat yang disebut *reinforcement*. Saat ini komposit dianggap sebagai satu bahan utama karena banyak diaplikasikan pada industri. Penelitian ini berfokus pada keramik *matrix* karbon komposit. Keramik adalah material komposit yang bersifat keras, tahan terhadap temperatur tinggi, dan korosi. Bahan dasar dari keramik diantaranya adalah Al_2O_3 , SiC, SiO_2 dan *Organic Clay*.

Pada penelitian ini penambahan karbon dalam keramik untuk membentuk CMC (*Ceramic Matrix Composites*) ditujukan agar memberikan sifat konduktivitas elektrik yang baik. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai komposit keramik berbahan dasar *clay* dan sabut kelapa. Komposit ini diharapkan memiliki karakteristik dari kedua bahan yakni kuat, memiliki konduktivitas panas dan konduktivitas elektrik yang baik.

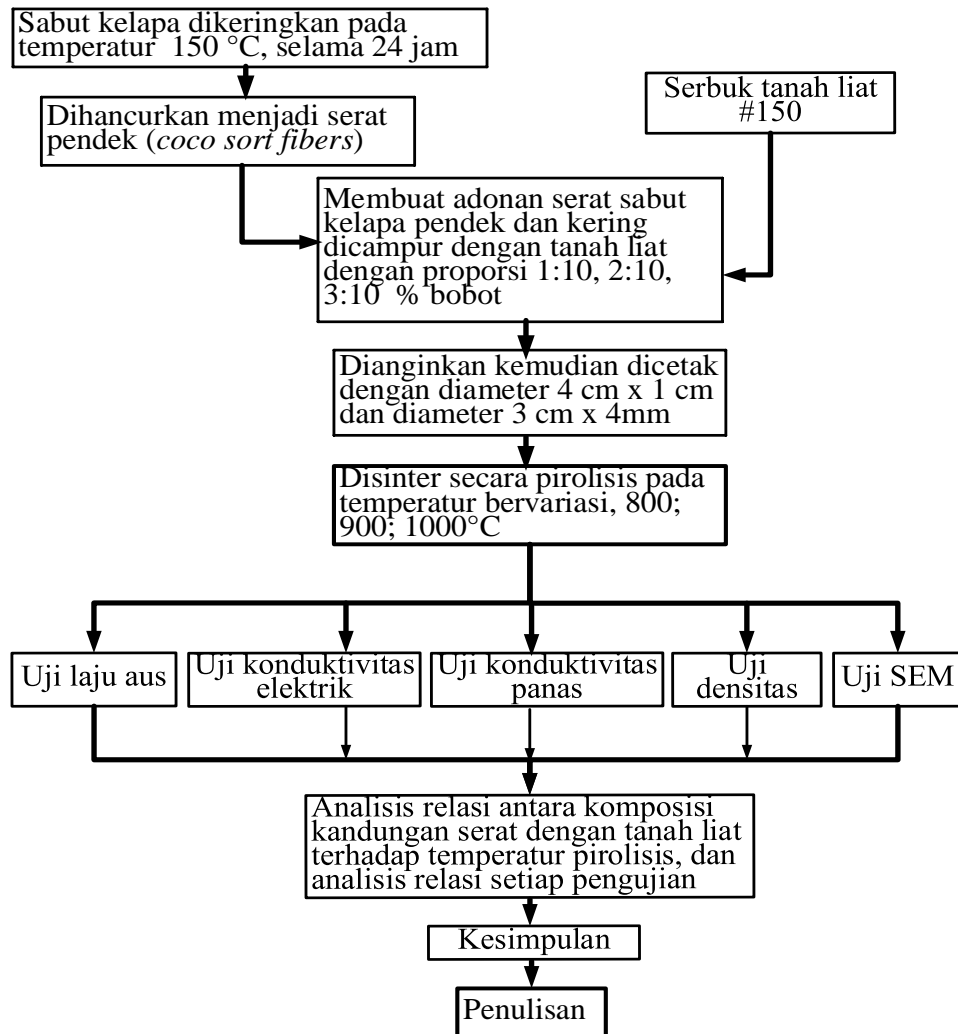
1.2 Permasalahan

Berdasarkan kajian artikel yang berkaitan dengan komposit keramik karbon, bahan yang digunakan sebagian besar merupakan bahan yang diproduksi oleh pabrik. Tidak banyak peneliti yang mengkaji lebih dari 2 sifat bahan dalam 1 artikel.

1.3 Tujuan

Merekayasa dan memfabrikasi komposit keramik karbon limbah berbahan dasar sabut kelapa dan *matrix organo clay*. Mendapat data berupa nilai konduktivitas elektrik, konduktivitas panas, dan laju aus dari komposit keramik karbon

2. METODE PENELITIAN



Gambar.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Foto Preparasi Sample



Gambar.2 Adonan Sample Sebelum Dicetak



Gambar.3 Sample Ukuran Diameter 4 cm x 1 cm Sebelum Proses Karbonisasi



Gambar.4 Sample Ukuran Diameter 3 cm x 4 mm Sebelum Proses Karbonisasi



Gambar.5 Alat Uji Laju Aus untuk Sample Ukuran Diameter 4 cm x 1 cm

3.2 Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan terhadap kedua sample berupa konduktivitas elektrik dengan varian suhu 800 °C; 900 °C; 1000 °C dan variasi komposisi 1:10; 2:10; 3:10. Pengukuran dilakukan menggunakan metode *two point probe* dengan alat ukur multimeter, hasil yang didapat berupa angka resistansi yang kemudian dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\rho [\Omega m] = \frac{R \times A}{l} \quad [\text{Persamaan. 1}]$$

$$\sigma [\Omega m^{-1}] = \frac{1}{\rho} \quad [\text{Persamaan. 2}]$$

Dimana :

ρ = resistivitas

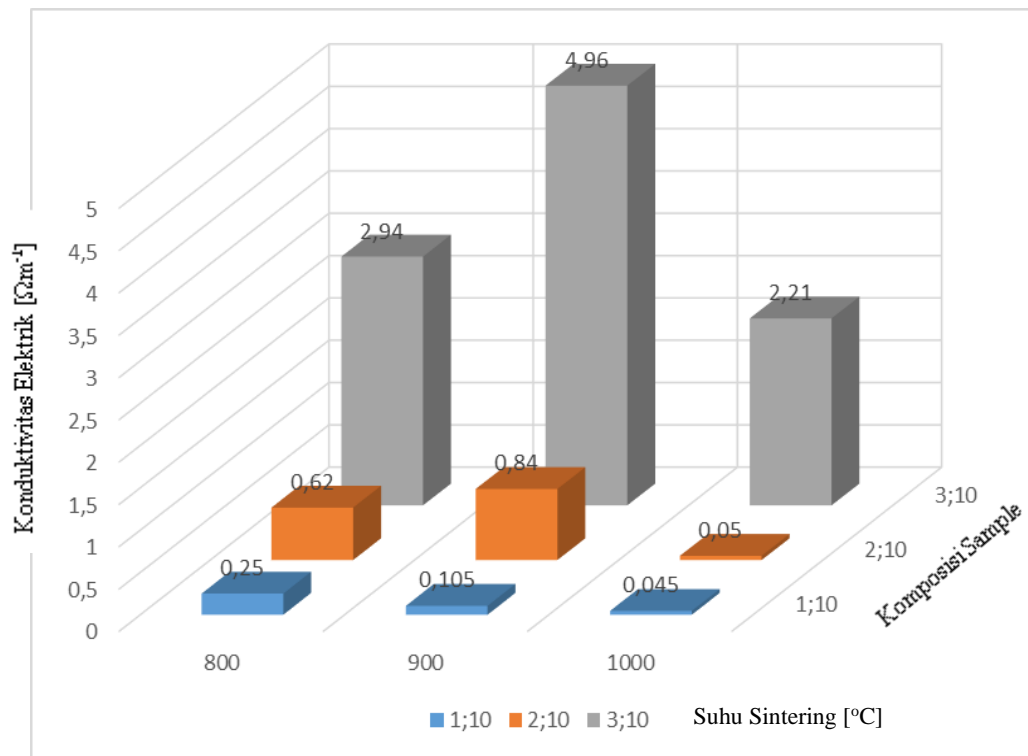
σ = daya hantar listrik

R = hambatan listrik (Ω)

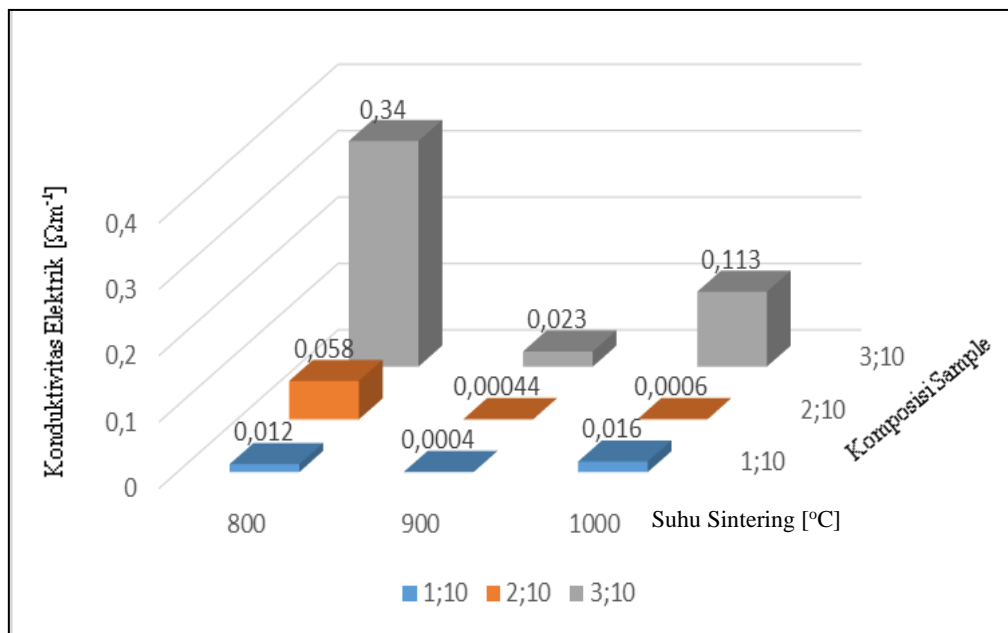
A = luas penampang bahan (m^2)

l = panjang (m)

Berikut adalah grafik hasil perhitungan konduktivitas elektrik dari kedua bahan :



Gambar. 6 Grafik Hubungan Antara Suhu Sintering, Komposisi Sample, dan Konduktivitas Elektrik Sample 4 cm x 1 cm



Gambar. 7 Grafik Hubungan Antara Suhu Sintering, Komposisi Sample, dan Konduktivitas Elektrik Sample 3 cm x 4 mm

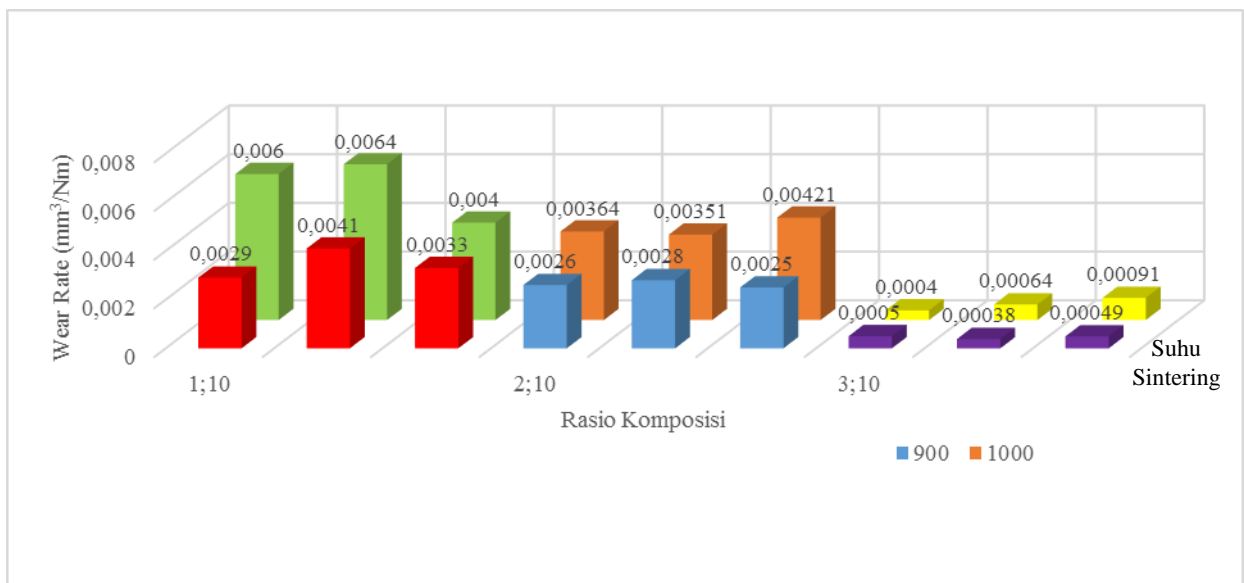
Pengujian laju aus terhadap sample ukuran diameter 4 cm x 1 cm mengacu pada standard ASTM C1243-93(2015). Metode ini dilakukan untuk mengetahui kedalaman hasil pengujian laju aus sample dengan mengukur volume yang hilang. Pengujian dilakukan menggunakan alat Lab. Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Alat yang dibutuhkan selama pengujian adalah sketmat, dial indikator, dan *stop watch*. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan sample uji tegak lurus diatas cakram yang berputar, kemudian diperoleh data berupa angka kedalaman dari jejak piringan pada permukaan sample. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan laju aus sample dengan persamaan :

$$W_{rate} = \frac{B}{L.P} \left[\frac{\pi r^2}{180} \arcsin \left(\frac{b}{2r} \right) - \frac{1}{2} b(r - h) \right] \quad \text{[Persamaan. 3]}$$

Dimana :

- W_{rate} = Laju Aus (mm^3/Nm)
- B = Lebar jejak cakram (mm)
- b = Panjang jejak cakram (mm)
- L = Jarak tempuh (m)
- P = Beban (N)
- r = Radius cakram
- h = Kedalaman jejak cakram (mm)

Berikut adalah grafik hasil perhitungan laju aus sample 4 cm x 1 cm



Gambar. 8 Grafik Hubungan Antara Suhu Sintering, Komposisi Sample, dan Laju Aus Sample 4 cm x 1 cm

4. KESIMPULAN

- Penambahan karbon/sabut kelapa dalam komposit keramik mengakibatkan komposit keramik bersifat konduktiv
- Berhasilnya karbonisasi pada keramik komposit karbon ditandai dengan perubahan warna komposit keramik
- Nilai konduktivitas listrik semakin tinggi dengan penambahan sabut pada komposisi komposit keramik
- Nilai laju aus semakin rendah dengan penambahan sabut pada komposisi komposit keramik

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Drs. Agus Edy Pramono, S.T., M.Si., selaku dosen pembimbing skripsi.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan pada penulis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Effendi, Rustam., Slamet Syamsudin., Wilson Sinambela., Soemarto., “Medan Elektromagnetika Terapan”, Erlangga, Jakarta, 2007.
- [2] P.A. Edy., “Effect of the Composition Ratio Against the Electrical Conductivity Properties and the Wear Rate of the Composite”, Journal of Material Science and Engineering B3(11)(2013) 700-706. From Journal
- [3] Sapuan, S.M., “Composite Materials : Concurrent Engineering Approach”, Malaysia, 2017.
- [4] <https://www.astm.org/Standards/C1243.htm>, Standard Wear Test for Ceramic Composite.

ANALISA MATERIAL REMOVAL RATE (MRR) TERHADAP KEPRESISIAN BENDA KERJA HASIL BUBUT

Adistya Handoyo, Nugroho Eko Setjiogiarto

Teknik Mesin Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta, adistyahandoyo@gmail.com
Teknik Mesin Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Proses pemesinan sangat memegang peranan penting dalam proses industri manufaktur. Proses pemesinan banyak dipakai di industri manufaktur otomotif. Biasanya untuk membuat produk part-part kendaraan bermotor seperti piston, velg, dsb. Di dalam industri manufaktur otomotif pada saat ini telah banyak menggunakan proses pemesinan modern seperti mesin CNC tetapi tidak menutup kemungkinan ada beberapa industri manufaktur otomotif yang beberapa masih menggunakan mesin konvensional seperti mesin bubut, mesin milling (frais), mesin drilling manual, gerinda manual, mesin sekrup, dsb. Beberapa industri manufaktur otomotif yang masih menggunakan mesin konvensional pun mempunyai alasan yang kuat juga mengapa mesin konvensional masih layak digunakan di industrinya karena mesin konvensional bisa untuk melakukan proses rework (pengerjaan ulang) atau juga untuk memproses sample produk yang partnya tidak terproses di mesin modern. Dari beberapa mesin perkakas yang masih ada di industri salah satunya ialah mesin bubut. Salah satu parameter yang ada di mesin bubut ialah Material Removal Rate (MRR) / laju perubahan material. Di dalam material removal rate pun ada beberapa parameter untuk menyimpulkan nilai MRR tersebut yaitu kecepatan potong, kedalaman pemotongan, dan gerak pemakanan. MRR ini akan dikaitkan dengan tingkat kepresisian suatu benda kerja hasil bubut. Presisi sendiri itu ialah menunjukkan seberapa dekat perbedaan nilai pada saat dilakukan pengulangan pengukuran. Penelitian ini menunjukkan dari tiga variabel yang ada di MRR akan menunjukkan nilai variabel mana yang paling berpengaruh terhadap tingkat kepresisian benda kerja hasil dari proses pembubutan.

Kata Kunci: Mesin bubut, Material removal rate (MRR), Presisi.

Abstract

The machining process plays an important role in the manufacturing process. The machining process is widely used in the automotive manufacturing industry. Usually to make products of motor vehicles such as pistons, wheels, and so on. In the automotive manufacturing industry at present has been using many modern machining processes such as CNC machines but did not rule out there are some automotive manufacturing industries that some still use conventional machines such as lathes, milling machines (frais), manual drilling machines, manual grinding, shape machines, etc. Some automotive manufacturing industries that still use conventional engines also have a strong reason also why conventional machines are still feasible to use in the industry because conventional machines can to perform rework (rework) process or to process samples of products that part is not processed in modern machines. Of the few machine tools that are still in the industry one of them is the lathe. One of the parameters in the lathe is the Material Removal Rate (MRR) / rate of material change. In the material removal rate, there are several parameters to summarize the MRR value, ie cutting speed, cutting depth, and feed motion. This MRR will be associated with the level of precision of a lathe workpiece. Precision itself is to show how close the difference in value when the repetition of measurements. This research shows that the three variables in MRR will show the value of which variable is the most influential on the level of precision of the workpiece resulting from the lathe process.

Keywords : Lathe, Material removal rate (MRR), Precision.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang fungsinya untuk memotong benda kerja yang berputar dan posisi pahat yang diam. Di dalam mesin bubut sendiri proses pengerjaan suatu benda kerja digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Mesin perkakas bubut adalah mesin konvensional yang artinya mesin tersebut bukan mesin modern. Mesin modern kini sudah ada salah satunya adalah mesin cnc yang dimana mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan mesin konvensional yaitu hasil produksi yang didapat lebih cepat dan seragam, tingkat ketelitian untuk pengukuran lebih tepat, dan operator tidak terlalu lelah untuk mengoperasikan mesin. Tetapi mesin bubut pun masih mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan mesin CNC yaitu biaya perawatan dan pemeliharaan yang relatif lebih murah, tidak membutuhkan operator yang ahli dalam bidang pemrograman/komputer dalam mengoperasikannya. Oleh karena itu mesin bubut konvensional masih banyak dipakai di dunia industri manufaktur, dan biasanya mesin bubut ini dipakai untuk pekerjaan rework yang tidak bisa dikerjakan dengan mesin CNC. Dengan begitu mesin bubut dan mesin konvensional lainnya mesti dipertahankan untuk kegiatan produksi di suatu industri manufaktur agar ketika terjadi barang rework maka industri pun bisa cepat mengatasi. Meskipun hasil benda kerja di mesin CNC terlihat lebih presisi dan akurasi, tidak menutup kemungkinan mesin konvensional seperti mesin bubut masih menghasilkan benda kerja yang akurat dan presisi tergantung operator dan parameter pengerjaan mesin yang dilakukan.

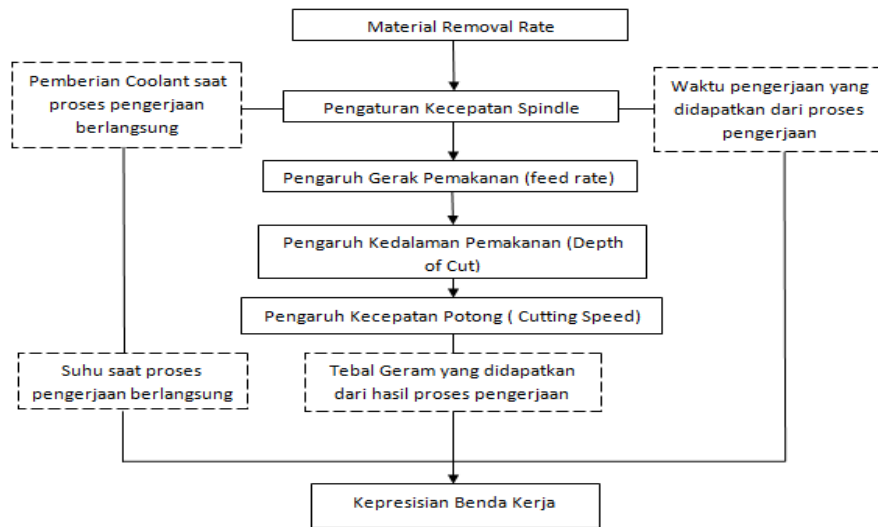
Dalam proses pembubutan, halusness suatu permukaan produk merupakan salah satu parameter penting dalam penentuan ketelitian geometrik suatu komponen mesin terutama pada komponen – komponen yang memiliki suaian toleransi. Pemilihan variabel – variabel proses permesinan yang tepat akan memberikan kehalusan permukaan produk sesuai dengan yang diinginkan. (Ismet Eka Putra dan Agus Wendi Syaputra; 2015).

Kekasaran permukaan (surface roughness) suatu produk pemesinan dapat mempengaruhi beberapa fungsi produk tersebut seperti gesekan permukaan (*surface friction*), perpindahan panas, kemampuan penyebaran pelumasan, pelapisan, dan lain-lain. Dimana semakin halus kekasaran permukaan semakin kecil gesekan yang terjadi sedangkan semakin halus kekasaran permukaan semakin merata penyebaran perpindahan panasnya begitu juga halnya dengan penyebaran pelumasan. (Asmed dan Yusri Mura; 2010).

Produk berkualitas diperoleh dari adanya proses pemesinan yang baik. Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Untuk itu perlu dilakukan percobaan untuk menganalisa pengaruh radius pahat, gerak pemakanan dan kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan. Percobaan dilakukan berdasarkan disain eksperimen dan analisis regresi. (Ninuk Jonoadji dan Joni Dewanto; 1999).

Tujuan dari penelitian ini adalah menjelaskan pentingnya kehalusan permukaan dari suatu komponen dan dalam kaitannya dengan kualitas produksi serta kepresisian benda kerja, menjelaskan beberapa parameter permukaan yang sering digunakan untuk menjelaskan arti dari suatu kualitas permukaan dan kepresisian benda kerja, menjelaskan beberapa alat ukur yang bisa digunakan untuk memeriksa suatu kekasaran/kehalusan suatu permukaan benda kerja, mengukur kekasaran permukaan dengan alat dan cara yang benar, menganalisa hasil dari pemeriksaan suatu kekasaran permukaan.

1.2 Metode Penelitian



2. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapatkan untuk melihat dan menentukan suatu kepresisian benda kerja salah satunya ialah dengan melihat kekasaran suatu permukaan benda kerja. Untuk melihat suatu kekasaran permukaan benda kerja ditentukan dahulu parameter yang mempengaruhi yaitu :

Kecepatan potong (V_c : mm/min),
$$v = \pi \cdot d \cdot n / 1000$$

Keterangan :

d : diameter benda kerja (mm)

n : putaran poros utama (benda kerja) RPM

1. Gerak pemakanan (f : mm)

$$f = V_f / n$$

Keterangan :

V_f : feeding Speed (mm/min)

n : putaran poros utama (benda kerja) RPM

2. Deep of Cut (Kedalaman potong) (a : mm)

$$a = d_o - d_m / 2$$

Keterangan :

d_o : diameter awal (mm)

d_m : diameter akhir (mm)

3. MRR (Material Removal Rate)

$$Q = Vc \times a \times f$$

Keterangan :

Vc : Kecepatan potong (mm/min)

a : Kedalaman potong (mm)

f : gerak pemakanan (mm)

Dari ketiga parameter yang terdapat pada MRR (Material Removal Rate) yaitu kecepatan potong (Vc), kedalaman potong (a), dan gerak pemakanan (mm) dicari parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran/ kehalusan suatu permukaan benda kerja dari proses pemesian mesin bubut. Alat yang digunakan untuk melihat kehalusan benda kerja yang didapatkan dari mesin bubut ialah :



Gambar 1. Roughness Tester



Gambar 2. Rugotester

Selain alat yang digunakan untuk pengukuran kekasaran permukaan, penelitian juga memakai benda kerja yang bervariasi yaitu ST 41, S45C, ST 60. Lalu untuk proses pengerjaannya pahat bubut yang dipakai ialah



Gambar 3. Pahat HSS



Gambar 4. Pahat Karbide

Pada proses penelitian Pahat HSS akan dibandingkan dengan Pahat Karbide dan saat pengerjaan di mesin bubut tiap pahat juga akan diberikan 3 parameter pengerjaan mesin bubut yang bervariasi dari RPM sama, kecepatan potong dan gerak pemakanan yang berbeda begitu juga sebaliknya. Setelah proses pengerjaan di mesin bubut dan proses pengukuran di Roughness Tester dan Rugotester sudah selesai maka akan dibandingkan antara nilai (Ra) yang didapat dari alat ukur Roughness Tester dan tingkat kekasaran dari N1 s/d N12 yang didapat dari alat ukur Rugotester.



Gambar 5. 3D Scanner

3D Scanner digunakan dalam penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pahat terhadap kekasaran permukaan. Bisa dilihat dari dari perubahan sudut pahat yang terjadi saat sebelum dan sesudah di lakukan proses pembubutan.

3. KESIMPULAN

Kepepresian benda kerja salah satu parameternya ialah kekasaran/kehalusan permukaan benda kerja. Untuk melihat suatu kekasaran/kehalusan permukaan benda kerja alat ukur yang dibutuhkan ada 2 yaitu Roughness Tester dan Rugotester, Roughness Tester untuk melihat nilai (Ra) yang didapat sedangkan Rugotester untuk melihat nilai tingkat kekasaran dari N1 sampai N12. Mesin yang digunakan untuk memproses benda kerja adalah mesin bubut Celtic dan benda kerja yang dipakai bervariasi yaitu ST 41, S45C, dan ST 60. Pengerjaan untuk penelitian dilakukan dengan membandingkan pahat karbide dan pahat HSS dimasing-masing benda kerja yang telah disiapkan lalu memvariasikan 3 parameter pengerjaan mesin bubut yaitu kecepatan potong (Vc), kedalaman pemotongan (a), dan gerak pemakanan (f). Lalu setelah selesai dilaksanakan penelitian maka akan terlihat dari 3 parameter pengerjaan mesin bubut itu mana yang paling mempengaruhi tingkat kekasaran/kehalusan permukaan. Jadi nilai kekasaran yang didapatkan pun akan mempengaruhi kualitas dan kepresian benda kerja.

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan full paper untuk seminar nasional ini mungkin tidak akan terealisasi dan berjalan lancar tanpa ada bantuan dari beberapa pihak yang telah membantu untuk penyusunan full paper ini. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua yang telah membantu dana dan lain sebagainya dari awal kuliah di Politeknik Negeri Jakarta sampai semester akhir di Politeknik Negeri Jakarta.
2. Teman-teman seperjuangan S1 Terapan Teknik Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta angkatan 2013 yang telah mensupport & menemani untuk memotivasi mengerjakan full paper ini.
3. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah membantu juga untuk menyelesaikan full paper ini tepat waktu.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ozcelik* Tugrul, Karpat Yigit. *Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural network*. International Journal of Machine Tools & Manufacture 45:467-479 (2005)
- [2] Hasan S, Thamizhmanii* S. *Analyses of roughness, forces and wear in turning gray cast iron*. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Faculty of Mechanical and Manufacturing, Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn, 86400, Parit Raja, Batu Pahat, Johor, Malaysia. VOL 17 ISSUE; 401-404 ; 2006
- [3] Hernández E Roger, Kuljich Svetka, Naffeti Oussema Koubaa Ahmed. *Effect of the Cutting Speed on the Surface Quality of Black Spruce Cants Produced by a Chipper-Canter*. FOREST PRODUCTS JOURNAL. Vol. 63, No. 1/2 43. 39-46
- [4] Sethi Davinder, Kumar Vinod. *Modeling of Tool Wear in Turning EN 31 Alloy Steel using Coated Carbide Inserts*. International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering, 2(3), 34-51, 2012
- [6] Abhang L. B, Hameedullah M. *Response Surface Modeling and Grey Relational Analysis to Optimize Turning Parameters with Multiple Performance Characteristics*. International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering, 2(2), 12-45 ; 2012

- [7] Singh Pal Lakhwinder, Singh Jagtar. Optimization of Cutting Parameters using Cryogenically Treated High Speed Steel Tool by Taguchi Application. *International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering*, 3(1), January-March ; 26-38 ; 2013
- [8] Putra Eka Ismet, Syapiutra Wendi Agus. 2015. *Pengaruh Gerak Makan dan Kecepatan Potong Terhadap Kekasaran Permukaan Baja HQ 705 Pada Proses Pembubutan*. *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang* Vol.5, No.1; 25-28 ; 2015
- [9] Asmed, Mura Yusri.. Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Bubut Untuk Material ST 37. *Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang* Vol.7, No. 2;100-105 ; 2010
- [10] Jonoadji Ninuk, Dewanto Joni. 1999. *Pengaruh Parameter Potong dan Geometri Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut*. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra* Vol.1, No.1; 82-88

3 MANUFAKTUR DAN PROSES PRODUKSI

PROSES PRODUKSI AIR MINUM DARI AIR LIMBAH RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN PERPADUAN PROSES ELEKTROKOAGULASI DAN ADSORPSI

Sutanto¹, Nanang Rohadi², Hidjan³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus Baru UI, Depok 16425, Indonesia

Tel: (62-21) 7863531, Fax: (62-21) 7863531

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Air limbah mempunyai potensi sebagai bahan baku untuk air minum. Akan tetapi kandungan polutan dalam air tersebut biasanya masih cukup tinggi, sehingga belum layak digunakan langsung sebagai air minum. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan RI No 492 / Menkes / Per / IV / 2010 disebutkan bahwa kandungan maksimum masing-masing parameter yang diijinkan dalam air minum adalah: 0,3 mg/L untuk besi (Fe), 0,01 mg/L untuk arsen (As), 2 mg/L untuk tembaga (Cu), 0,05 mg/L untuk khrom (Cr), 0,003 mg/L untuk cadmium (Cd), 0,01 mg/L untuk timbal (Pb), 0,07 mg/L untuk nikel (Ni), 0,02 mg/L untuk aluminium (Al), 0,4 mg/L untuk mangan (Mn), 3,0 mg/L untuk seng (Zn), 0,001 mg/L untuk air raksa (Hg), 0,7 mg/L untuk barium (Ba), 200 mg/L untuk natrium (Na), 10 mg/L untuk zat organik, 5 mg/L untuk khlorin (Cl₂), 0 per 100 ml untuk bakteri Koliform dan 0 per 100 ml untuk bakteri Escherichia Coli (E Coli). Jika kandungan polutan dalam air limbah melebihi dari ketentuan tersebut, maka air limbah harus diolah terlebih dahulu sampai memenuhi syarat sebagai air minum. Salah satu proses pengolahan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penerapan metode perpaduan elektrokoagulasi dan adsorpsi untuk menurunkan kandungan bahan polutan dalam air limbah. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan air limbah sebanyak 4,5 liter kedalam bak proses adsorpsi yang telah diisi zeolit 40 mesh yang telah teraktifkan sebanyak 200 gram. Proses adsorpsi dilakukan selama 60 menit, dilanjutkan proses elektrokoagulasi selama 80 menit dengan arus 0,1 A. Analisis kandungan minyak dan lemak dilakukan secara gravimetri dan kandungan logam dengan AAS. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan minyak dan lemak (bahan organik) dapat diturunkan dari 20 mg/L menjadi 7 mg/L atau setara dengan 65 %, besi (Fe) dapat diturunkan dari 2,3 mg/L menjadi 0,2 mg/L atau setara dengan 91,30 % dan Natrium (Na) dapat diturunkan dari 525 mg/L menjadi 150 mg/L atau setara 71,43 %.

Kata Kunci: Air limbah, Polutan, Elektrokoagulasi, Adsorpsi, Air minum

Abstract

Wastewater has potential as raw material for drinking water. However, the pollutant content in the waste water is usually still above the safe threshold, so it is not yet feasible to be used directly as drinking water. Based on Minister of Health Regulation No. 492 / Menkes / Per / IV / 2010 mentioned that the maximum content of each parameter in the drinking water is: 0.3 mg / L for iron (Fe), 0.01 mg / L for arsenic (As), 2 mg / L for copper (Cu), 0.05 mg / L for chromium (Cr), 0.003 mg / L for cadmium (Cd), 0.01 mg / L for lead (Pb), 0,07 mg / L for nickel (Ni), 0.02 mg / L for aluminum (Al), 0.4 mg / L for manganese (Mn), 3.0 mg / L for zinc (Zn), 0.001 mg / L For mercury (Hg), 0.7 mg / L for barium (Ba), 200 mg / L for sodium (Na), 10 mg / L for organic substances, 5 mg / L for chlorine (Cl₂), 0 per 100 ml for Coliform bacteria and 0 per 100 ml for bacteria Escherichia Coli (E Coli). If the pollutant content in the wastewater exceeds that provision, then the waste water must be treated until it qualifies as drinking water. The processing conducted in this research is the application of electrocoagulation and adsorption method to reduce the content of pollutant in waste water. The study was conducted by flowing 4.5 liters of waste water into an adsorption process tank which has been filled with 40 mesh zeolite that has been activated as much as 200 grams. The adsorption process was carried out for 60 minutes, followed by electrocoagulation for 80 minutes with a current of 0.1 A. The measurement of oil and fat content is carried out by gravimetric and metal content with AAS. The results show that the oil and fat content (organic matter) can be reduced from 20 mg/L to 7 mg/L or equal to 65%, iron (Fe) from 2.3 mg/L to 0.2 mg/L or equal to 91.30%, and sodium (Na) from 525 mg/L to 150 mg / L or equal to 71.43%.

Keywords: Wastewater, Pollutants, Electrocoagulation, Adsorption, Drinking Water

1. PENDAHULUAN

Kontribusi air limbah rumah tangga dan rumah makan yang terbuang ke lingkungan dapat mencapai 60 %, sedangkan sisanya berasal dari industri. Polutan dalam air limbah rumah tangga dan rumah makan paling banyak didominasi oleh bahan organik. Sedangkan kandungan polutan dalam industri kecil, menengah atau besar selain polutan organik juga sering ditemukan polutan anorganik (logam berat). Kandungan polutan organik dalam air limbah yang tidak terkontrol dapat menjadi media tumbuhnya mikroorganisme dalam air, seperti: bakteri, ganggang, lumut atau jamur. Sedangkan kandungan logam berat dalam limbah cair yang tidak tertangani dengan baik akan mengakibatkan pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu kelestarian tumbuhan, binatang dan manusia. Jika air limbah terpapar bakteri patogen, bahan organik atau logam berat dan air tersebut akan digunakan kembali sebagai sumber air minum maka air limbah tersebut harus diproses sampai dihasilkan air yang memenuhi syarat sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan RI No 492/Menkes/Per/IV/ 2010. Dalam peraturan Menteri Kesehatan tersebut dijelaskan bahwa kandungan maksimum masing-masing parameter yang diijinkan dalam air minum adalah: 0,3 mg/L untuk besi (Fe), 0,01 mg/L untuk arsen (As), 2 mg/L untuk tembaga (Cu), 0,05 mg/L untuk khrom (Cr), 0,003 mg/L untuk cadmium (Cd), 0,01 mg/L untuk timbal (Pb), 0,07 mg/L untuk nikel (Ni), 0,02 mg/L untuk aluminium (Al), 0,4 mg/L untuk mangan (Mn), 3,0 mg/L untuk seng (Zn), 0,001 mg/L untuk air raksa (Hg), 0,7 mg/L untuk barium (Ba), 200 mg/L untuk natrium (Na), 10 mg/L untuk zat organik, 5 mg/L untuk klorin (Cl₂), 0 per 100 mL untuk bakteri Koliform dan 0 per 100 mL untuk bakteri Escherichia Coli (E Coli).

Air limbah rumah tangga yang akan diproses sebagai air minum adalah berasal dari sekitar Perumahan Bukit Sawangan Indah, Bojongsari, Depok. Berdasarkan hasil analisis terhadap air limbah tersebut didapatkan bahwa kandungan lemak dan minyak 20 mg/L, Besi (Fe) 2,3 mg/L dan Natrium (Na) 525 mg/L. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No 492/Menkes/Per/IV/ 2010 ternyata kandungan minyak dan lemak (bahan organik) adalah diatas 10 mg/L, kandungan Besi (Fe) diatas 0,3 mg/L dan kandungan Natrium (Na) diatas 200 mg/L. Artinya air limbah dari sekitar Perumahan Bukit Sawangan Indah tersebut belum layak digunakan langsung sebagai air minum. Pada penelitian ini akan digunakan metode elektrokoagulasi yang merupakan penerapan prinsip elektrolisis yang dipadukan dengan proses adsorpsi menggunakan bahan adsorban dari zeolit aktif. Perpaduan dari kedua proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan atau menurunkan kandungan polutan yang terdapat dalam air limbah. Sehingga diperoleh air yang memenuhi syarat untuk air minum atau keperluan rumah tangga lainnya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan untuk penelitian antara lain: elektroda aluminium (HTC 16-35), zeolit Lampung dan air limbah rumah rumah tangga dari Perumahan Bukit Sawangan Indah (Bojongsari, Depok). Komposisi zeolit Lampung ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel. 1 Komposisi kimia Zeolit Lampung

No	Unsur	Komposisi (%)
1	Mg (Magnesium)	0,7620
2	Al(Aluminium)	8,9826
3	Si (Silikon)	74,2690
4	K (Kalium)	7,3324
5	Ca(Kalsium)	0,3510
6	Fe (Besi)	5,1537
7	Ti (Titan)	2,9884
8	Lain-lain	0,1609

Air limbah rumah tangga mempunyai kondisi fisik dan kimia seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel. 2 Kondisi fisik dan kimia air limbah

No	Unsur	Kuantitas
1	Natrium (Na)	525 mg/l
2	Besi (Fe)	2,3 mg/l
3	pH (derajat keasaman)	6,97
4	Kekeruhan (turbiditas)	38,6 NTU
5	Minyak dan lemak	20 mg/l

2.2 Alat-alat pendukung

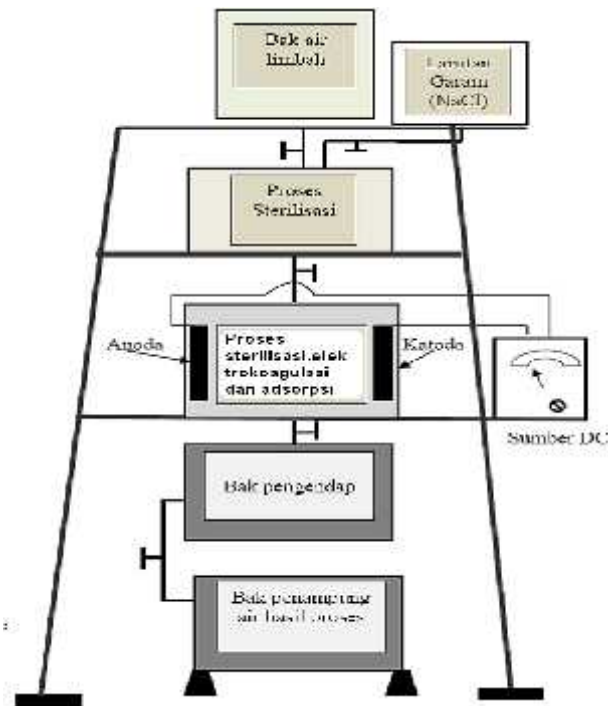
Alat yang digunakan antara lain: Pompa air, avometer, sumber DC dan *stabilizer*

2.3 Tempat pelaksanaan

Tempat pelaksanaan penelitian antara lain pada:
Laboratorium Elektronika, Teknik Elektronika PNJ
Laboratorium Afiliasi Kimia, FMIPA -UI

2.4 Rangkaian model alat penelitian

Rangkaian sket model alat penelitian dapat dilihat pada Gambar. 1. Model alat proses terdiri atas sumber DC, avometer, bak pengumpan, bak tempat zeolit (proses adsorpsi), bak proses elektrokoagulasi, bak pengendap kotoran dan bak penampung air bersih. Sumber DC memiliki kemampuan tegangan antara 0 sampai 30 Volt dan arus listrik antara 0 sampai 10 Amper. Avometer digunakan untuk mengukur arus listrik dan tegangan. Bak pengumpan berukuran panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 40 cm. Bak proses elektrokoagulasi berbentuk persegi tersusun atas tiga sel. Masing-masing sel berukuran lebar 5 cm, panjang 20 cm dan tinggi 25 cm yang dilengkapi anoda dan katoda dari bahan aluminium masing-masing berukuran lebar 7 cm dan panjang 10 cm. Jarak antara anoda dan katoda 5 cm. Bak tempat zeolit (proses adsorpsi) berukuran panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 40 cm. Bak pengendap kotoran berbentuk persegi dengan ukuran tinggi 50 cm, panjang 50 cm dan lebar 50 cm. Bak penampung air olahan berbentuk kubus dengan panjang sisi 50 cm.



Gambar.1 Rangkaian alat penelitian

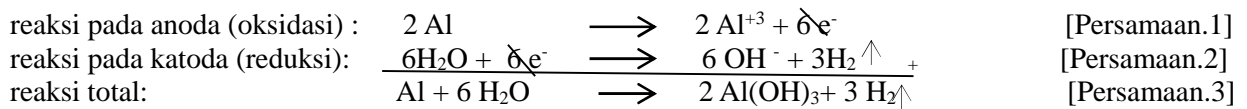
2.4 Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengalirkan air limbah sebanyak 4,5 liter dari bak penampung ke bak adsorpsi yang telah diisi zeolit aktif sebanyak 200 gram. Proses adsorpsi dijalankan selama 60 menit, kemudian air dialirkan ke dalam bak elektrokoagulasi tiga sel. Proses elektrokoagulasi dijalankan dengan menghidupkan sumber DC pada arus 0,05 Amper. Selanjutnya sumber DC dimatikan setelah proses berjalan 20 menit. Air dialirkan dari bak elektrokoagulasi ke bak pengendap untuk memisahkan kotoran. Selanjutnya dilakukan analisis secara gravimetri untuk menentukan kandungan atau konsentrasi minyak dan lemak (polutan organik) dan menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometer*) untuk menentukan kandungan logam Besi (Fe) dan Natrium (Na). Pengulangan pengamatan dilakukan dengan pemakaian waktu yang divariasikan, yaitu 40, 60, 80, 100, 120, 140 dan 160 menit. Untuk penelitian berikutnya digunakan arus listrik 0,1 dan 0,2 Amper dengan variasi waktu pengambilan sampel 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, dan 160 menit. Proses elektrokoagulasi tanpa proses adsorpsi juga

dilakukan pada penelitian ini. Perlakuan ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh proses adsorpsi dalam menurunkan kandungan polutan minyak dan lemak dalam air limbah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian proses adsorpsi (penghilangan polutan dengan zeolit) dan elektrokoagulasi pada air limbah rumah tangga ditunjukkan pada Tabel 3, 4 dan 5. Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa pada penggunaan arus yang tetap dengan waktu proses yang semakin lama mengakibatkan kandungan atau konsentrasi minyak dan lemak dalam air semakin berkurang. Hal ini disebabkan semakin banyaknya pembentukan $Al(OH)_3$. Dalam hal ini $Al(OH)_3$ merupakan senyawa penggumpal dan penyerap polutan minyak dan lemak dalam air limbah, sehingga mudah diendapkan. Dalam proses elektrokoagulasi yang menggunakan anoda dan katoda dari bahan aluminium maka reaksi yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut [1]:



Dari Persamaan.3, nampak terbentuk $Al(OH)_3$ yang berperan sebagai bahan koagulan, sehingga akan memudahkan polutan dalam air terperangkap membentuk flok atau gumpalan yang mudah terendapkan.

Tabel.3 Perubahan konsentrasi minyak dan lemak dalam air limbah setelah diproses secara elektrokoagulasi dan adsorpsi

No	Waktu, menit	Kadar minyak dan lemak, mg/L		
		Arus 0,05 A	Arus 0,1 A	Arus 0,2 A
1	20	20	20	20
2	40	18	15	11
3	60	16	10	4
4	80	13	7	0,9
5	100	11	4	0,07
6	120	8	1	0,02
7	140	6	0,7	0,008
8	160	4	0,2	0,005

Dari Tabel.3, nampak pula bahwa pada arus yang semakin meningkat dengan waktu proses yang tetap, mengakibatkan kandungan minyak dan lemak dalam air semakin berkurang. Hal ini disebabkan semakin banyaknya pembentukan $Al(OH)_3$ pada saat arus ditingkatkan. Dalam hal ini $Al(OH)_3$ juga berperan sebagai senyawa koagulan yang berfungsi sebagai bahan penggumpal dan penyerap polutan minyak dan lemak dalam air limbah, sehingga mudah diendapkan. Persamaan untuk massa ion logam Al^{+3} yang dihasilkan selama proses elektokoagulasi [2] adalah:

$$m = (s)(A)(ar)(I) / [(Q)(96.500)(n)] \quad \text{[Persamaan.4]}$$

Dengan m adalah massa ion Al^{+3} yang terbentuk (gram), s adalah tinggi air dalam bak proses (cm), A adalah luas penampang bak proses (cm^2), I adalah arus listrik (Amper), Q adalah debit aliran air (cm^3/det), n adalah perubahan bilangan oksidasi Al dan ar adalah massa atom relatif Al. Dalam hal ini $n = 3$ dan $ar = 27$. Berdasarkan Persamaan. 4 dapat dijelaskan jika arus yang digunakan pada proses elektrokoagulasi semakin besar, maka terbentuknya $Al(OH)_3$ semakin banyak. Akibatnya persediaan bahan koagulan $Al(OH)_3$ menjadi semakin meningkat. Sehingga kecepatan dan kesempatan untuk mengendapkan polutan dalam air limbah menjadi semakin meningkat pula.

Waktu masing-masing proses yang dibutuhkan untuk menurunkan kandungan atau konsentrasi minyak dan lemak menjadi 10 mg/L atau kurang dari 10 mg/L, seperti yang dipersyaratkan dalam peraturan Menteri Kesehatan RI adalah 120 menit untuk penggunaan arus 0,05 Amper, 80 menit untuk penggunaan arus 0,1 Amper dan 60 menit untuk penggunaan arus 0,2 Amper. Dalam hal ini kandungan minyak dan lemak telah mencapai 8 mg/L untuk proses dengan arus 0,05 amper selama 120 menit, 7 mg/l untuk

proses dengan arus 0,1 Amper selama 80 menit dan 4 mg/L untuk proses dengan arus 0,05 Amper selama 60 menit. Untuk penggunaan arus 0,05 Amper sebaiknya dihindari, karena untuk mencapai kandungan minyak dan lemak dalam air yang memenuhi syarat sebagai air minum dibutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga kapasitas produksi pengolahan air minum menjadi sangat rendah. Nampak bahwa perbedaan waktu antara 80 menit dan 60 menit tidak terlalu jauh untuk mencapai kandungan minyak dan lemak dalam air yang memenuhi syarat sebagai air minum, akan tetapi daya yang dibutuhkan untuk 60 menit jauh lebih kecil dari pada 80 menit. Mengingat efisiensi waktu dan biaya operasional sebaiknya proses elektrokoagulasi dijalankan pada arus 0,1 Amper dengan waktu proses 60 menit. Pada kondisi ini kandungan minyak dan lemak dalam air adalah 7 mg/L (kurang dari 10 mg/L).

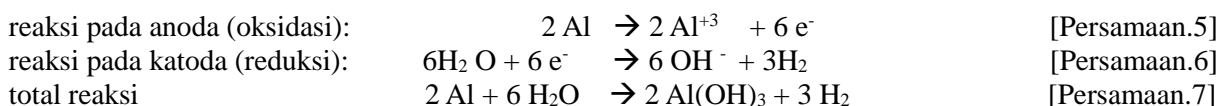
Sedangkan hasil pengukuran kandungan minyak dan lemak untuk proses elektrokoagulasi tanpa adsorpsi dapat dilihat pada Tabel. 4.

Tabel 4 Hasil pengukuran kandungan minyak dan lemak dalam air limbah setelah diproses hanya secara elektrokoagulasi

No	Waktu, menit	Kadar minyak dan lemak, mg/L		
		Arus 0,05 A	Arus 0,1 A	Arus 0,2 A
1	20	20	20	20
2	40	19	17	14
3	60	17	13	8
4	80	14	10	2
5	100	12	6	1
6	120	9	4	0,6
7	140	7	2	0,4
8	160	5	1	0,1

Berdasarkan Tabel. 4, nampak bahwa proses yang dijalankan secara elektrokoagulasi saja ternyata penurunan kandungan minyak dan lemak lebih lama dibandingkan kalau proses dijalankan secara elektrokoagulasi dan adsorpsi. Sebagai contoh pada proses yang dijalankan selama 60 menit dengan arus 0,1 Amper ternyata untuk proses yang dijalankan secara adsorpsi dan elektrokoagulasi dapat menurunkan kandungan minyak dan lemak dari 20 mg/l menjadi 10 mg/L (sudah memenuhi peraturan Menteri Kesehatan RI), sedangkan proses yang dijalankan secara elektrokoagulasi baru mencapai 13 mg/L (belum memenuhi peraturan Menteri Kesehatan RI). Dari perbandingan data pada Tabel 3 dan Tabel 4, ternyata penggunaan zeolit dapat membantu mempercepat proses penurunan kandungan minyak dan lemak dalam air limbah secara adsorpsi. Zeolit yang telah mengalami dealuminasi (pengaktifan) akan mengalami pengurangan atom Al (aluminium), sehingga perbandingan antara atom Si (silikon) dan Al (aluminium) menjadi semakin meningkat [3]. Bila rasio antara Si terhadap Al semakin meningkat maka kerapatan kation dan kekuatan medan elektrostatis menjadi turun, akan tetapi afinitas dari permukaan zeolit bagi adsorbat non polar menjadi semakin meningkat, sehingga zeolit cenderung lebih mudah mengadsorpsi molekul-molekul non-polar (senyawa organik). Pada kondisi terbaik yang disarankan, yaitu arus 0,1 Amper dan waktu proses 80 menit ternyata proses yang dijalankan dengan perpaduan antara elektrokoagulasi dan adsorpsi dapat meningkatkan proses penghilangan kandungan minyak dan lemak dalam air dari 20 mg/L menjadi 7 mg/L atau setara dengan 65 % terhadap kandungan minyak dan lemak awal.

Berdasarkan Tabel.5, terlihat bahwa pada penggunaan arus yang tetap dengan waktu proses yang semakin lama mengakibatkan kandungan Besi (Fe) dan Natrium (Na) dalam air semakin berkurang. Hal ini disebabkan semakin banyaknya pembentukan Al(OH)₃. Dalam hal ini Al(OH)₃ merupakan senyawa penggumpal dan penyerap polutan Besi (Fe) dan Natrium (Na), sehingga mudah diendapkan. Persamaan reaksi yang terjadi pada proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium adalah sebagai berikut [4]:



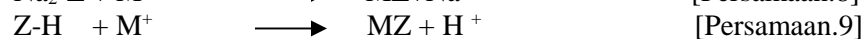
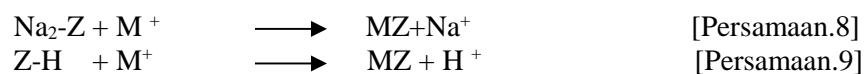
Dari Persamaan.7, nampak terbentuk $Al(OH)_3$ yang berbentuk gumpalan atau flok, sehingga akan memudahkan polutan dalam air terperangkap dan terendapkan.

Tabel.5 Perubahan kandungan Besi (Fe) dan Natrium (Na)dalam air limbah setelah diproses secara elektrokoagulasi dan adsorpsi

No	Waktu,menit	Kandungan Besi (fe), mg/L			Kandungan Natrium (Na), mg/L		
		Arus 0,05 A	Arus 0,1 A	Arus 0,2 A	Arus 0,05 A	Arus 0,1 A	Arus 0,2 A
1	20	2,3	2,3	2,3	525	525	525
2	40	2,1	1,4	1,1	500	430	402
3	60	1,6	0,9	0,7	450	271	200
4	80	1,1	0,2	0,08	389	150	132
5	100	0,8	0,09	0,03	279	106	97
6	120	0,5	0,01	Ttd	189	75	52
7	140	0,3	Ttd	Ttd	100	36	28
8	160	0,1	Ttd	Ttd	57	12	5

Dari Tabel.5, nampak pula bahwa pada arus yang semakin meningkat dengan waktu proses yang tetap, mengakibatkan kandungan Besi (Fe) dan Natrium (Na) dalam air semakin berkurang. Hal ini disebabkan semakin banyaknya pembentukan $Al(OH)_3$ pada saat arus ditingkatkan. Dalam hal ini $Al(OH)_3$ juga berperan sebagai senyawa koagulan yang berfungsi sebagai bahan penggumpal dan penyerap kandungan Besi (Fe) dan Natrium (Na) dalam air limbah, sehingga mudah diendapkan. Persamaan.4 merupakan penjelas terbentuknya massa ion logam Al^{+3} yang merupakan pembentuk $Al(OH)_3$ selama berlangsungnya proses elektokoagulasi. Berdasarkan Persamaan.4 dapat dijelaskan jika arus yang digunakan pada proses elektokoagulasi semakin besar, maka terbentuknya $Al(OH)_3$ semakin banyak pula. Sehingga persediaan bahan koagulan $Al(OH)_3$ menjadi semakin meningkat, dengan demikian kecepatan dan kesempatan untuk mengendapkan polutan Besi dan Natrium dalam air limbah menjadi semakin meningkat pula.

Waktu masing-masing proses yang dibutuhkan untuk menurunkan kandungan atau konsentrasi Besi (Fe) dari 2,3 mg/L menjadi 0,3 mg/L atau kurang dari 0,3 mg/L seperti yang dipersyaratkan dalam peraturan Menteri Kesehatan RI No 492/Menkes/Per/IV/ 2010 adalah 140 menit untuk penggunaan arus 0,05 Amper, 80 menit untuk penggunaan arus 0,1 Amper dan 80 menit untuk penggunaan arus 0,2 Amper. Sedangkan untuk menurunkan kandungan Natrium (Na) dari 525 mg/L menjadi 200 mg/L atau kurang dari 200 mg/L adalah 120 menit untuk penggunaan arus 0,05 Amper, 80 menit untuk penggunaan Arus 0,1 Amper dan 60 menit untuk penggunaan arus 0,2 Amper. Untuk penggunaan arus 0,05 Amper sebaiknya dihindari, karena untuk mencapai kandungan Besi (Fe) dan Natrium (Na) dalam air yang memenuhi syarat sebagai air minum dibutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga kapasitas produksi pengolahan air minum menjadi sangat rendah. Nampak dari Tabel.5, bahwa waktu 80 menit dan arus 0,1 Amper adalah kondisi yang telah memenuhi syarat untuk memperoleh kandungan Besi dan Natrium yang memenuhi syarat sebagai air minum. Dalam hal ini kandungan Besi telah mencapai 0,2 mg/L (kurang dari 0,3 mg/L) dan Natrium telah mencapai 150 mg/L (kurang dari 200 mg/L). Pada kondisi yang sama kandungan minyak dan lemak dalam air yang telah diproses, seperti ditunjukkan pada Tabel.3 juga telah memenuhi syarat sebagai air minum yaitu 7 mg/L (kurang dari 10 mg/L). Mengingat efisiensi waktu dan biaya operasional dapat direkomendasikan secara keseluruhan, bahwa proses elektokoagulasi dijalankan pada arus 0,1 Amper dengan waktu proses 80 menit. Proses adsorpsi Besi dan Natrium oleh zeolit dapat dijelaskan dengan persamaan reaksi berikut [5]:



dengan M^+ adalah ion logam (ion Besi dan ion Natrium) yang akan diambil oleh zeolit.

:

4. KESIMPULAN

Proses perpaduan elektrokoagulasi dan adsorpsi dapat menurunkan kandungan minyak dan lemak serta Besi dan Natrium dalam air limbah yang memenuhi standard air minum. Semakin lama waktu proses dijalankan semakin turun kandungan minyak dan lemak serta Besi dan Natrium dalam air limbah. Semakin besar arus listrik yang digunakan semakin turun kandungan minyak dan lemak serta Besi dan Natrium dalam air limbah. Proses perpaduan elektrokoagulasi dan adsorpsi mempunyai kemampuan penurunan kandungan minyak dan lemak dalam air limbah lebih baik dari pada proses elektrokoagulasi. Kondisi proses terbaik untuk elektrokoagulasi adalah pada arus 0,1 Amper selama 80 menit yang dipadu dengan proses adsorpsi dengan adsorban zeolit aktif sebanyak 200 gram selama 60 menit. Pada kondisi terbaik tersebut kadungan minyak dan lemak dapat diturunkan dari 20 mg/L menjadi 7 mg/L atau setara dengan 65 % , Besi (Fe) dapat diturunkan dari 2,3 mg/L menjadi 0,2 mg/L atau setara dengan 91,30 % dan Natrium (Na) dapat diturunkan dari 525 mg/L menjadi 150 mg/L atau setara 71,43 %.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada DRPM, Kementerian Riset , Teknologi dan Perguruan Tinggi yang telah memberikan dana penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tahun pertama.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.M.S.G. Eiband, K.C.D.A. Trindade, K. Gama, J.V.D. Melo, C.A. Huitle, and S. Ferro, "Elimination of Pb^{2+} Through Electrocoagulation: Applicability of Adsorptive Stripping Voltammetry for Monitoring The Lead Concentration During its Elimination", *Journal of Electroanalytical Chemistry*. vol.1, no 1, pp. 1-8, 2014.
- [2] T.Karichappan,S.Venkatachalam,P.M.Jeganathan,"Optimization of Electrocoagulation Process to Treat Grey Wastewater in Batch Mode using Response Surface Methodology. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, vol. 12, no.29, pp 1- 8, 2014.
- [3] I. Subariyah, A. Zakaria, dan Y. Purwamargapratala , " Karakterisasi Zeolit Alam Lampung Teraktivasi Asam Klorida dan Termodifikasi Asam Fosfat", *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, vol.16, 17- 24, 2013.
- [4] M. Kobya, A. Akyol, E. Demirbas, and M.S. Oncel, " Removal of Arsenic from Drinking Water by Batch and Continuous Electrocoagulation Processes Using Hybrid Al-Fe Plate Electrode", *American Institute of Chemical Engineers Environ Prog.*, vol. 33, no.1, pp.131- 140, 2013.
- [5] Slamet, M. Ellyana,dan S. Bismo , " Modifikasi Zeolit Alam Lampung dengan Fotokatalitis TiO_2 Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya untuk Penyisihan Fenol", *Jurnal Teknologi*, vol.1, 59- 68, 2008.

RE-AKTIVASI DAN MODIFIKASI V93-VA4 SEBAGAI SISTEM PURGING JALUR PENGUMPANAN BBS

Rizki Armando Saputra¹; Fatahula²; Ruslan³; Muhammad Mukhlas Anshori⁴

1. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen
2. Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
3. Electric and Instrument Alternative Fuel and Resources Superintendent, PT. Holcim Indonesia Tbk.
4. Plant Automation and Field Instrument Engineer, PT. Holcim Indonesia Tbk.

¹rizki.armando59@gmail.com

²fatahula@gmail.com

Abstrak

Bahan Bakar Sintetis (BBS) merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang digunakan di PT. Holcim Indonesia Tbk. Plant Narogong 1. Penggunaan BBS ini dimaksudkan untuk mengurangi penggunaan batu bara pada kiln burner. Pada jalur pengumpanan BBS ke burner terdapat pula jalur udara. Jalur udara tersebut memiliki dua percabangan, yang satu digunakan untuk atomisasi BBS pada nozzle dan yang satu untuk sistem purging. Jalur yang digunakan untuk sistem purging dapat di kontrol melalui solenoid valve V93-VA4, namun saat ini solenoid valve V93-VA4 sudah tidak diaktifkan. Sehingga tidak tersedianya sistem pembersihan secara otomatis. Saat ini proses pembersihan masih dilakukan manual menggunakan manpower dan membutuhkan waktu yang lama. Oleh sebab itu, solenoid valve V93-VA4 harus di aktifkan kembali. Dengan re-aktivasi dan modifikasi program V93-VA4, waktu pembersihan yang dibutuhkan jauh lebih singkat di bandingkan dengan pembersihan dengan manual menggunakan manpower. Serta dilakukan instalasi auto-drain pada tangki V93-PV1 agar kelembaban udara pada tangki V93-PV1 dapat dikurangi.

Kata Kunci: Bahan Bakar Sintetis, Jalur Udara, Re-aktivasi, Modifikasi.

Abstract

Sintetic fuel is one of alternative fuel which use at PT. Holcim Indonesia Narogong Plant 1. The utilization of Sintetic fuel is to reduce coal's utilization on kiln burner. On Sintetic fuel feeding stripe to burner there is the air stripe. The air stripe has two branch. One is use for BBS atomization and the other one use for purging system. The stripe that use for purging system is controlled by solenoid valve V93-VA4, Nowadays solenoid valve of V93-VA4 has not been activated. So the cleaning system automatically is not available. Therefore, solenoid valve V93-VA4 has to be activated again. By re-activation and modification program of V93-VA4, duration of cleaning process which is needed shorter than cleaning process by manually using manpower. And also install auto-drain V93-PV1 in order to decrease moisture of air in tank V93-PV1.

Keywords: Sintetic Fuel, Air Stripe, Re-activation, modification.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Holcim Indonesia Tbk. menggunakan *Alternative Fuel and Resources* untuk mendukung proses produksi semennya. Salah satu *Alternative Fuel* yang digunakan adalah Bahan Bakar Sintetis (BBS).

BBS adalah bahan bakar synthetic dari limbah cair, yang mengalami pre-processing terlebih dahulu oleh pihak PPLI dan berupa campuran dari limbah cair berbagai industri (industri kimia, cat, solvent, otomotif, dll). Limbah BBS adalah limbah Berbahaya dan Beracun yang dikirim dalam beberapa batch.

^[1] Proses pengumpanan BBS hanya dilakukan di plant Narogong 1.

Proses ini meliputi *unloading* BBS dari truk ke tangki penyimpanan dengan menggunakan *unloading pump unit*, pada proses unloading dilakukan pula proses penyaringan BBS dengan menggunakan filter dengan mesh 6 mm. Kemudian BBS akan di simpan sementara di tangki penyimpanan hingga level maksimum tangki 90 % dari tinggi tangki. Kemudian BBS diumpan ke *kiln burner* dengan *feed pump unit*. Ketika level BBS pada tangki penyimpanan 25 % tinggi tangki maka pengumpanan BBS dihentikan. Selama proses pengumpanan truk dapat melakukan *unloading* ke tangki penyimpanan selama level tangki belum mencapai level maksimum. Proses sirkulasi BBS hanya terjadi ketika level salah satu tangki dibawah 40 % sedangkan tangki yang lainnya memiliki level diatas 40 %.

Terdapat tiga jenis mode pada pengumpanan BBS yaitu *Short Circulation Mode*, *Long Circulation Mode*, dan *Drop Test Mode*. *Long Circulation Mode* merupakan pengumpanan langsung BBS dari tangki

ke *kiln burner* menggunakan *pump unit*. *Short Circulation Mode* merupakan sirkulasi BBS dari *pump unit* kembali ke tangki, sehingga BBS hanya di sirkulasi. *Drop Test Mode* merupakan pengumpanan BBS hanya untuk keperluan kalibrasi *flowmeter* oleh pihak *Electric* dan *Instrument AFR*.

BBS yang berasal dari limbah cair berbagai industri terkadang memiliki kandungan yang berbeda-beda. Hal tersebut memungkinkan BBS yang digunakan memiliki jumlah pengotor atau *impurities* yang berbeda-beda. Jumlah pengotor atau *impurities* yang ikut terumpan ke *kiln burner* dapat mengendap pada jalur pengumpanan BBS. Sehingga ketika terjadi masalah pengumpanan BBS akibat akumulasi pengotor pada nozzle dan jalur pipa BBS, *patroller* produksi akan melakukan pembersihan secara manual menggunakan *manpower*. Proses pembersihan ini membutuhkan waktu yang cukup lama.

Pada jalur pengumpanan BBS, terdapat jalur udara untuk *purging*. Jalur udara ini di kontrol oleh *solenoid valve* V93-VA4. *Solenoid valve* V93-VA4 di non-aktifkan dikarenakan belum terdapat *check valve* pada jalur udara yang dikontrolnya. Saat ini jalur udara tersebut sudah dipasang *check valve*, namun *solenoid valve* V93-VA4 masih belum aktif. Sehubungan permintaan departemen produksi untuk mempermudah proses pembersihan pada jalur pengumpanan BBS, maka *solenoid valve* V93-VA4 harus diaktifkan kembali. Jalur udara tersebut di suplai melalui tangki udara, pada tangki tersebut belum terpasang *auto-drain* sebagai alat pengontrol kelembapan yang berlebih pada tangki.

Jalur udara ini akan dimanfaatkan untuk pembersihan atau *purging* jalur pengumpanan BBS yang dapat di control oleh operator produksi dari Central Control Room (CCR). Maka perlu diadakan re-aktivasi dan modifikasi program V93-VA4 sebagai sistem *purging* pengumpanan BBS.

1.2 Perumusan Masalah

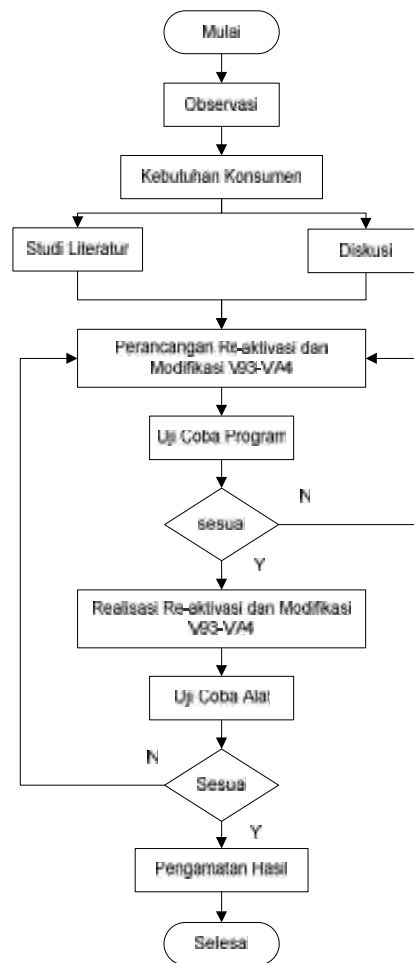
1. Mengaktifkan kembali *solenoid valve* V93-VA4.
2. Modifikasi program *solenoid valve* V93-VA4.
3. Menginstall *auto-drain* pada V94-PV1 untuk *flushing* air pada tangki.

1.3 Tujuan

1. Re-aktivasi dan modifikasi program *solenoid valve* V93-VA4 sebagai sistem *purging* jalur pengumpanan BBS untuk menurunkan durasi pembersihan.
2. Instalasi *auto drain* sebagai jalur *flushing* air dalam tangki V93-PV 1 dan menganalisa sebelum dan sesudah instalasi terhadap kelembapan udara.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir



Gambar.1 Diagram Alir

2.2 Observasi

Pada tahap ini dilakukan observasi terhadap program V93-VA4 sebelumnya. Melakukan pengamatan terhadap kinerja sistem berdasarkan *function block* pada sistem otomasi V93-V94 dan parameter yang mempengaruhi.

Pada tahap ini juga dilakukan pengamatan terhadap kelayakan komponen pendukung untuk sistem *purging* jalur pengumpanan BBS di daerah *burner kiln*, diantaranya:

1. Kondisi *solenoid valve* V93-VA4.

Solenoid valve V93-VA4 yang digunakan adalah merk kinetrol dengan sumber tegangan 230 VAC. Pipe connections ukuran ½ inch.



Gambar.2 Kondisi *Solenoid valve* V93-VA4

Kondisi *solenoid valve* V93-VA4 merk kinetrol sudah tidak berfungsi dengan baik dan tertutup debu. Sehingga perlu dilakukan penggantian *solenoid valve*.

2. Ketersediaan udara pada tangki.

Untuk mengecek ketersediaan udara tangki dilakukan dengan membuka katup flushing tangki. Setelah dibuka dilihat kondisi tekanan udara yang keluar apakah menurun atau tidak. Kondisi tekanan dapat dilihat dari *pressure gauge* atau suara udara bertekanan yang keluar katup. Katup *flushing* tangki V93-PV1 setelah dibuka selama durasi 6 menit 46 detik suara udara bertekanan tetap konstan. Sehingga dapat disimpulkan tangki V93-PV1 dapat menyuplai udara bertekanan.

3. Panjang total jalur umpan BBS yang akan di *purging*.

Melakukan pengukuran panjang total pipa dan pendataan sambungan atau fittings yang terpasang pada jalur pengumpanan BBS setelah solenoid V93-VA3. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *measuring tape* 30 m. Proses pengukuran dilakukan pada tanggal 20 April 2017 dengan melibatkan dua orang.

Tabel.1 Panjang Pipa Jalur Pengumpanan BBS

Diameter Pipa (inch)	Panjang (mm)
½"	760 mm
1"	1,803 mm
1 ½"	33,330 mm

Tabel.2 Nilai Tahanan Gesek dan Panjang Ekuivalen Sambungan Pipa ^[4]

Tipe Sambungan Pipa	Ukuran (inch)	Jumlah	Nilai Tahanan Gesek	Panjang Ekuivalen (m)
T-joint	1"	2	0.38	0.6096
	1 ½"	1		0.88392
Elbow 90°	½"	2		0.48768
	1"	2		0.82296
Englargement	1 ½"	13		1.3716
	1"	1 (1" to 1 ½")		0.2956 (perbandingan)
Contraction	1 "	1 (1 ½" to 1")		0.2316 (perbandingan)
Check Valve	½"	1	2.0	1.524
Ball valve	½"	1		0.203
	1"	4	0.5	
	1 ½"	4	0.5	

4. Evaluasi udara *purging*

Evaluasi udara *purging* adalah meninjau kembali jalur udara yang digunakan sebagai sistem *purging* jalur pengumpanan BBS ke *burner kiln*. Evaluasi yang dilakukan adalah:

a. Menghitung tekanan yang dibutuhkan untuk *purging*

Tekanan merupakan jumlah gaya yang diterima oleh suatu permukaan yang memiliki luas. Satuan tekanan N/m^2 disebut juga sebagai Pascal (Pa). ^[2] Tekanan akan menekan ke segala arah dengan nilai yang sama.

b. Menghitung *pressure drop*

Fluida merupakan zat/bahan yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*). Tegangan geser ini dapat menyebabkan terjadinya kerugian Head. Penurunan tekanan adalah penurunan nilai tekanan pada sistem yang di akibat kerugian head. Kerugian head dibagi menjadi dua yaitu kerugian tekanan mayor dan kerugian tekanan minor.

Kerugian mayor adalah kerugian yang di akibatkan terjadinya gesekan aliran fluida dengan dinding pipa pada pipa lurus ^[3]. Profil aliran fluida dapat di tentukan dari bilangan Reynolds.

Kerugian minor adalah kerugian yang disebabkan adanya sambungan pipa (*fitting*) seperti katup (*valve*), siku (*elbow*), saringan (*strainer*), percabangan (*tee*), *losses* pada bagian *entrance*, *losses* pada bagian *exit*, *expansion*, *contraction* dan sebagainya. ^[3]

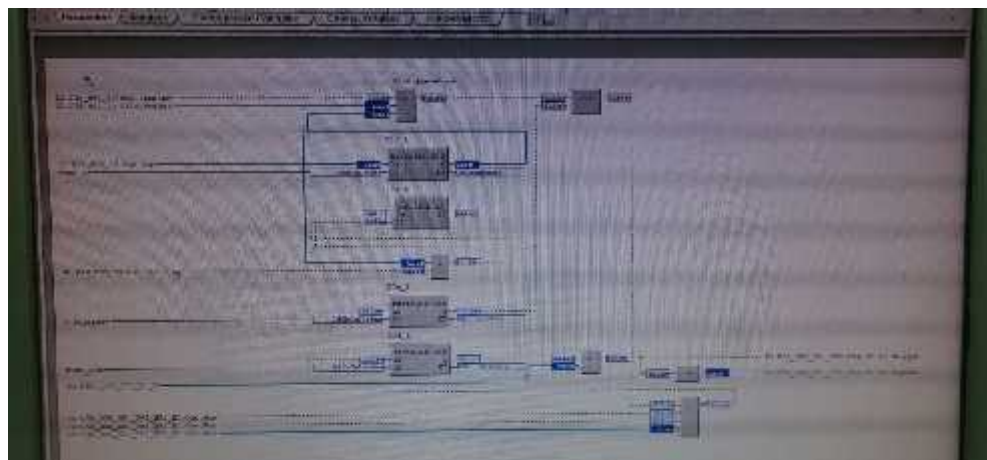
- c. Menghitung volume udara yang dibutuhkan
Menghitung volume pipa jalur pengumpanan dan *nozzle* BBS. Nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai volume tangki.

2.3 Kebutuhan Konsumen

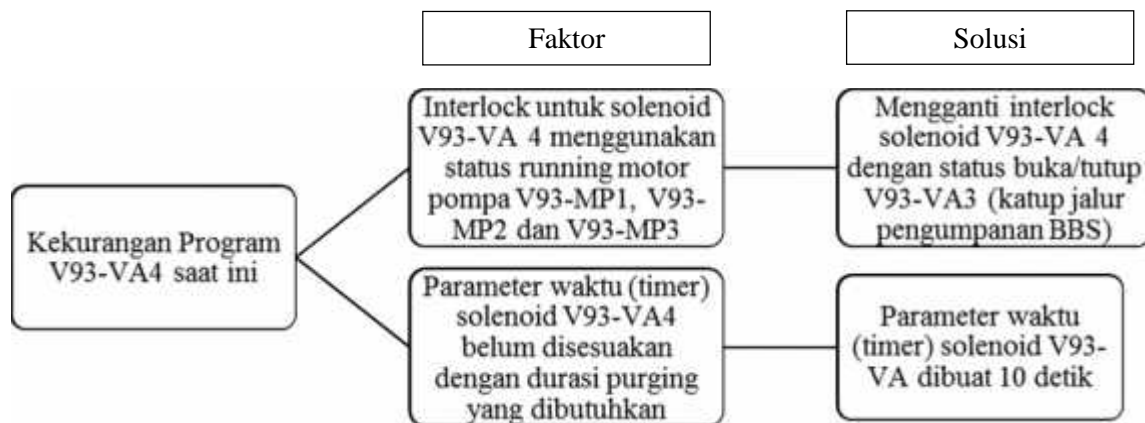
Mencari informasi mengenai kebutuhan konsumen terkait dengan proses re-aktivasi dan modifikasi program V93-VA4. Konsumen dalam hal ini adalah departemen Produksi AFR, *Electric* dan *Instrument* AFR dan *Water & Compressor Utility*. Sehingga didapat informasi yang dibutuhkan untuk direalisasikan.

2.4 Perancangan

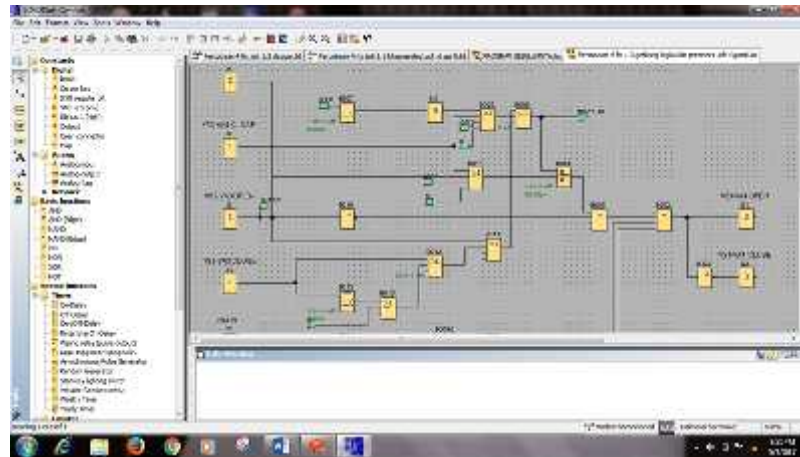
Melakukan perancangan berdasarkan kebutuhan konsumen dan diskusi serta di dukung dengan studi literatur. Perancangan di lakukan mengacu pada program sebelumnya dan dilakukan modifikasi agar sesuai dengan kebutuhan konsumen. Program yang sudah di rancang di simulasikan pada aplikasi pemrogram PLC siemens 7. Program sebelumnya tergambar pada Gambar.3 dibawah ini.



Gambar.3 Layout program ABB 800xA



Gambar.4 Hasil Analisa Program V93-VA4



Gambar.5 Layout Logo Soft Comfort V7.0

Modifikasi program *solenoid valve* V93-VA4 pada ABB 800xA dilakukan dengan menganalisa program sebelumnya yang sudah pernah digunakan. Menganalisa kekurangan program sebelumnya agar dapat di modifikasi dan di aktifkan kembali V93-VA4 sebagai sistem *purging* jalur umpan BBS. Hasil modifikasi dapat dilihat dari Gambar.5.

2.5 Realisasi

Melakukan realisasi setelah perancangan sudah di setuju. Realisasi tugas akhir ini meliputi:

1. Upload program V93-VA4 ke Plant Automation
2. Pemasangan auto-drain pada V93-PV1

2.6 Uji Coba

Uji Coba dengan menghetikan proses pengumpanan BBS ke *burner kiln* dari *Central Control Room* (CCR). Proses operasi pengumpanan BBS dapat ditinjau dari nilai *flowrate* BBS yang terukur dari *flowmeter* yang terkoneksi dengan CCR, setelah nilai tersebut menunjukkan angka 0 l/t, gun BBS dapat di tarik keluar dari *burner kiln*. Kemudian *patroller* yang berada di area *burner* akan bertindak sebagai pengamat kinerja sistem *purging*. Lalu lakukan proses *purging* dari CCR oleh operator dan mengkomunikasikan kepada *patroller* di area *burner*. *Patroller* akan mengamati apakah terdapat angin yang keluar dari *nozzle* pada *gun* BBS selama durasi proses *purging*. Angin yang keluar dari *nozzle* mengindikasikan proses *purging* berhasil dilakukan.

2.7 Pengamatan Hasil

Melakukan pengamatan terhadap hasil reaktivasi dan modifikasi dengan mengambil data perbandingan waktu pembersihan dengan *purging* menggunakan sistem ini terhadap pembersihan manual menggunakan *man power*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kebutuhan Konsumen

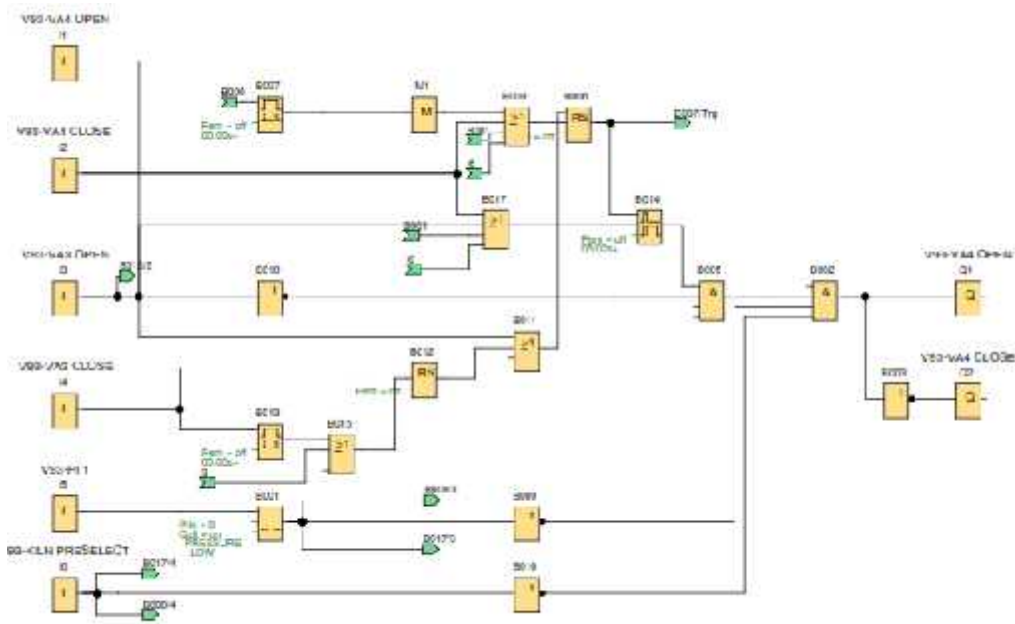
Kebutuhan dari segi produksi, dalam melakukan pembersihan jalur umpan BBS ke *burner kiln* melalui *nozzle* masih di lakukan secara *manual local* menggunakan *man power* dan jarang sekali di lakukan. Hal tersebut terjadi di karenakan proses tersebut memakan waktu lama dengan rata-rata waktu 1 jam 30 menit dan dilakukan di area *burner* yang memiliki potensi bahaya terpapar material dan udara panas dari proses pembakaran. Sehingga dibutuhkan sistem pembersihan secara otomatis dan dapat di kontrol dari CCR. Selain itu proses pembersihan pada BBS *facility* menjadi kewajiban bagi operator BBS untuk menjaga kelancaran pemakaian BBS di kiln.

Kebutuhan segi material, total moisture BBS di batasi pada nilai maksimum 35 %, sehingga untuk mencegah penambahan kelembapan dari tangki V93-PV1 maka di pasang *auto-drain* yang akan melakukan *flushing* dalam durasi tertentu.

Kebutuhan dari segi elektrik, pada *solenoid valve* V93-VA3 dan V93-VA4 belum terdapat alat pemutus arus berlebih, sehingga di pasang *Miniature Circuit Breaker* (MCB) pada sumber listrik kedua alat tersebut.

3.2 Modifikasi Program V93-VA4

Modifikasi yang dilakukan pada program V93-VA 4 adalah dengan menghilangkan status motor V93-MP1, V93-MP2, dan V93-MP3. V93-VA 4 hanya dapat di buka (kondisi *open*) ketika motor dalam kondisi mati. Hal tersebut merupakan antisipasi agar V93-VA4 tidak terbuka saat kondisi BBS sedang di umpan ke *burner kiln*. Pada program BBS terdapat pilihan *start group short circulation*. Pada pilihan ini BBS tidak akan di umpan ke *burner kiln*, melainkan di sirkulasi ke tangki yang memiliki level terendah. Kondisi ini dapat di manfaatkan untuk melakukan *purging* pada jalur umpan BBS dan *nozzle* pada *platform burner*. Namun pada pilihan *start group short circulation* motor V93-MP1, V93-MP2, dan V93-MP3 akan di aktifkan salah satu atau ketiganya. Sehingga proses *purging* yang *interlock* dengan status motor pompa tidak dapat dijalankan.



Gambar.6 Hasil Modifikasi Program pada Logo V.7

Tabel.3 Perbandingan Input dan Output Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Input	Input
V93_000_0.Out.stopping	V93-VA 4 Start
V93_000_0.Kiln. PreSel	V93-VA 4 Stop
V93_000_0.Out.Run	V93-VA 3 Open
V93_000_0.Out.Starting	V93-PI 1
V93_VA3_X1_X	V93-Kiln Preselect
V93_MP1_M1. Out. Run	
V93_MP2_M1. Out. Run	
V93_MP3_M1. Out. Run	
Output	Output
V93_VA4_V1. In. SeqOpen	V93-VA 4 Open
V93_VA4_V1. In. SeqCls	V93-VA 4 Close

Setelah dilakukan *downloading* program pada *plant automation* dan dilakukan uji coba, maka dilakukan perbandingan durasi waktu pembersihan yang dilakukan secara manual menggunakan *manpower* terhadap pembersihan secara otomatis menggunakan *solenoid valve* V93-VA4. Nilai perbandingan waktu pembersihan ditunjukkan pada Tabel.4

Tabel.4 Perbandingan Durasi Waktu Pembersihan

Metode Pembersihan	Durasi Waktu (detik)
Manpower	5400
Solenoid Valve V93-VA4	10

3.3 Instalasi *Auto drain*

Instalasi *auto drain* dilakukan pada *kiln burner platform plant* Narogong 1. *Auto drain* yang digunakan adalah merk JROC dengan *valve connection* ½” dan tegangan kumparan 230 VAC. *Setting* waktu *auto drain* dibuat menjadi 45 menit. Hal tersebut disesuaikan dengan banyaknya air yang keluar dari tangki V93-PV1 dan lamanya durasi air yang keluar dari tangki V93-PV1 ketika katup *flushing* dibuka. Durasi air yang keluar dari tangki V93-PV1 adalah 37 detik. Semakin banyak jumlah airnya dan lama durasi air yang keluar maka *setting* waktu *auto drain* semakin singkat.



Gambar.7 Sebelum dan Sesudah Instalasi *Auto Drain* pada Tangki V93-PV1

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Reaktivasi yang dilakukan pada *solenoid valve* V94-VA4 dapat digunakan sebagai tindakan preventive untuk menjaga kelancaran pengumpanan BBS jika terjadi *block-up* pada *nozzle* BBS. Selain itu dapat digunakan untuk membersihkan jalur pengumpanan BBS ketika tidak dilakukan pengumpanan BBS ke *burner kiln*. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menghilangkan status motor pompa pada program *solenoid valve* V93-VA4. Serta dilakukan instalasi *auto-drain* pada tangki V93-PV1.

Berdasarkan hasil reaktivasi dan modifikasi program *solenoid valve* V94-VA4, durasi waktu yang dibutuhkan 10 detik, jauh lebih singkat dibandingkan pembersihan secara manual dengan durasi waktu 5400 detik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak Mukhlas, Bapak Ruslan dan Bapak Fatahula atas bimbingan selama pembuatan Tugas Akhir dan penulisan, serta kepada Bapak Dani Arijandi dan Tim *Electric* dan *Instrumen* AFR Bapak Ade Mulyadi, Bapak Egis Setiawan, Bapak Jajang Muhammad Hendriansyah, Bapak Budi Hartono, Bapak Ade Saprudin yang telah memberikan support dalam pembuatan tugas akhir ini

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Holcim Indonesia Tbk. 2011, Juni. Standard Operating Procedure BBS Co-procesing. Jakarta.
- [2] Khurmi, R.S dan J.K Gupta. 2005. *A Text of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House Ltd.
- [3] Hamid, Abdul dan Hilman Muwardi. Evaluasi Penurunan Tekanan pada Pemipaan Sistem Udara Bertekanan di PT. Indoffod Sukses Makmur (Bogasari Flour Mill). Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- [4] Raswari. 2010. Teknologi dan Perencanaan Sistem Permipaan. Jakarta: UI-press.

PERANCANGAN MODIFIKASI CEKAMAN JIG *TOOL POST* MESIN BUBUT KONVESIONAL DENGAN SISTEM HIDROLIK

FIRGHILI JIILUL MUSTAQBAL¹, DARIUS YUHAS²

¹ Mahasiswa S-1 Terapan Teknik Mesin Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta

Email : Jmustaqbal@gmail.com

² Dosen Pembimbing Jurusan Teknin Mesin Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Sistem Hidrolik sudah banyak diaplikasikan di dalam berbagai bidang yang peranannya berhubungan dengan nilai beban dan gaya yang besar. Sistem Hydraulic dinilai mampu menahan ataupun memberikan gaya dan beban yang kuat dalam cekaman dengan proses yang lebih praktis dibanding sistem penguncian lainnya (penguncian baut). Perancangan dan penelitian ini mengaplikasikan sistem Hidrolik dalam cekaman Jig Tool Post pada mesin bubut konvensional dengan mengetahui analisis penjabaran gaya gaya yang bekerja pada pahat bubut Coated Carbide, nilai nilai gaya yang berpengaruh dalam pemotongan (Cutting Force 2847 [N], Longitudinal Thrust Force 2744 [N]) dan gaya potong spesifik 2218 [N] pada benda kerja material AISI 1045, serta gaya yang dihasilkan oleh modifikasi Roemheld Mini Hydraulic 500 [bar] ~ 10 [kN] di dalam Tool Post yang dirancang. Hasil perancangan dan penelitian ini adalah rancangan produk Reverse Engineering modifikasi Tool Post dengan mini Hydraulic dengan mengetahui nilai gaya yang dihasilkan oleh Mini Hydraulic mampu menahan gaya-gaya yang berpengaruh dalam pemotongan benda kerja sehingga rancangan tersebut berfungsi sebagai opsi pengganti Tool Post umum sebelumnya yang sudah ada pada mesin bubut konvensional.

Kata Kunci : Mini Hydraulic, Cutting Force, Longitudinal Thrust Force, Gaya potong spesifik

Abstract

Hydraulic system has been applied in many various sectors which relating to the value of mass and big force. Hydraulic system is considered able to hold or give style and the load that strong in clamping process that is more practical than other clamping system (Screw Clamp). This design and research try to applied that system in jig tool post clamping at conventional lathe machine knowing analysis distribution force on coated carbide tool, values of force that affect in cutting (gaya potong 2847 [N], longitudinal thrust force 2744 [N]) and specific cutting force 2218 [N] on material AISI 1045, and force that produced by modification of roemheld mini hydraulic 500 [bar] ~ 10 [kN] in tool post that will designed. Result of this research and design is a design of reverse engineering product toolpost modification with mini hydraulic and knowing the values of distribution forces that affect in cutting material so that design function as optional alternative of general toolpost at conventional lathe.

Keyword : Mini Hydraulic, Cutting Force, Longitudinal Thrust Force, Specific Cutting Force

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

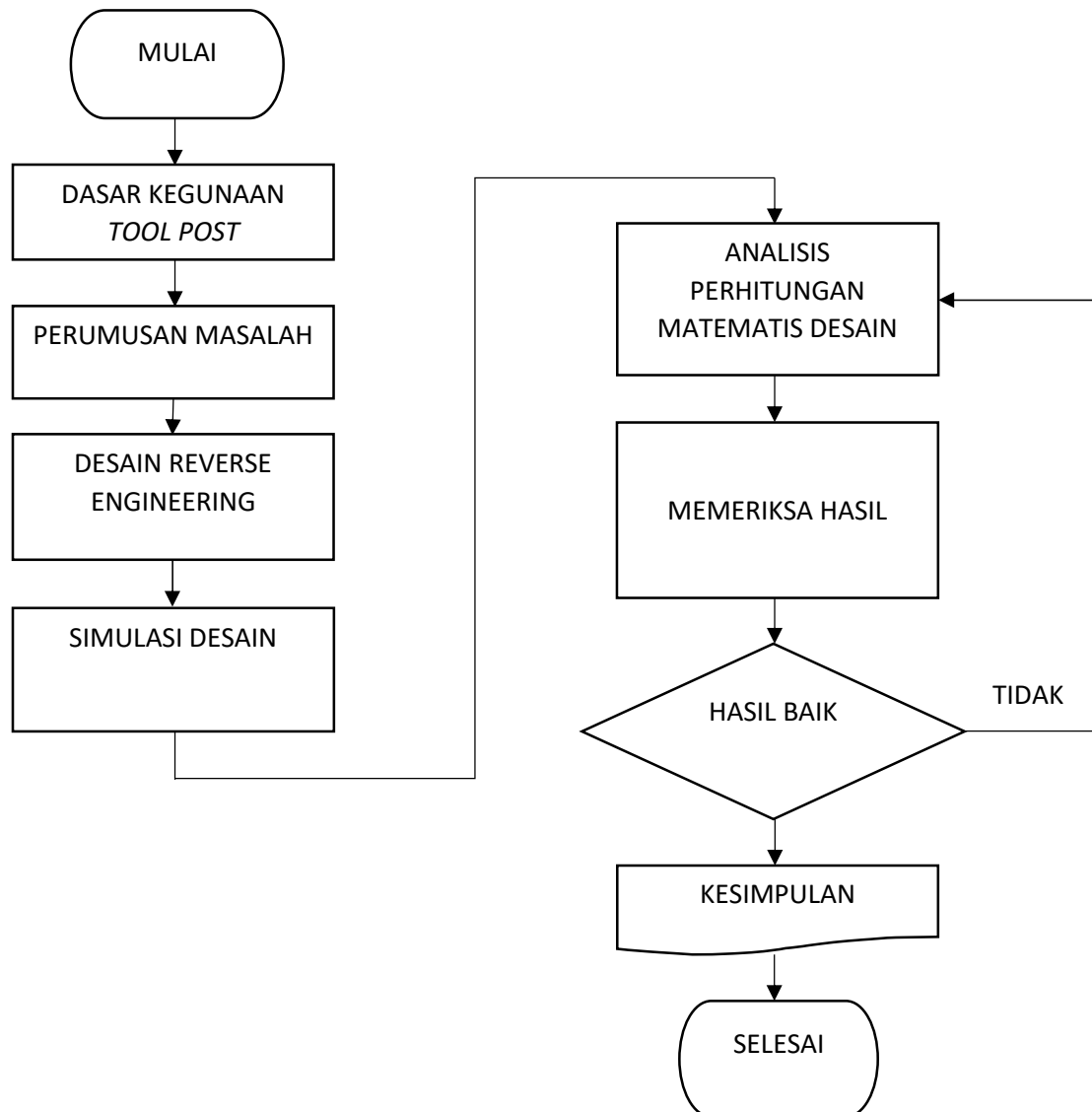
Mesin Bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar (Wikipedia, mesin bubut). Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Seringkali gerakan pemotongan yang dilakukan oleh pahat di mesin bubut konvensional gagal dan mengakibatkan rusaknya benda kerja. Kegagalan tersebut disebabkan oleh banyak faktor, namun faktor yang biasa terjadi adalah kurangnya kekuatan cekaman oleh baut baut yang terdapat pada *Tool Post* yang pengencangan baut tersebut dilakukan manual dengan kekuatan lengan manusia (operator). Kesalahan operator dalam pengencangan baut (*Human Error*) sering dijumpai dilapangan, karena kelalaian kurang disiplin dan kemalasan operator. Hal ini memberikan acuan kepada peneliti untuk merancang *Tool Post* dengan sistem pencengkaman hidrolik menggantikan fungsi baut yang ada sebelumnya sehingga mempermudah operator dalam pemasangan pisau pahat pada *Tool Post* dan menghindari kelalaian operator.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *Jig Tool Post* dengan sistem pencengkaman Hidrolik pada mesin Bubut Konvensional sehingga menghindari *Human Error* dan membantu mempercepat persiapan pengoperasian menggunakan mesin bubut konvensional dalam proses manufaktur.

2. METODE PELAKSANAAN

Di dalam metode pelaksanaan terdapat penggambaran alur proses perancangan yang digambarkan pada Gambar 1.

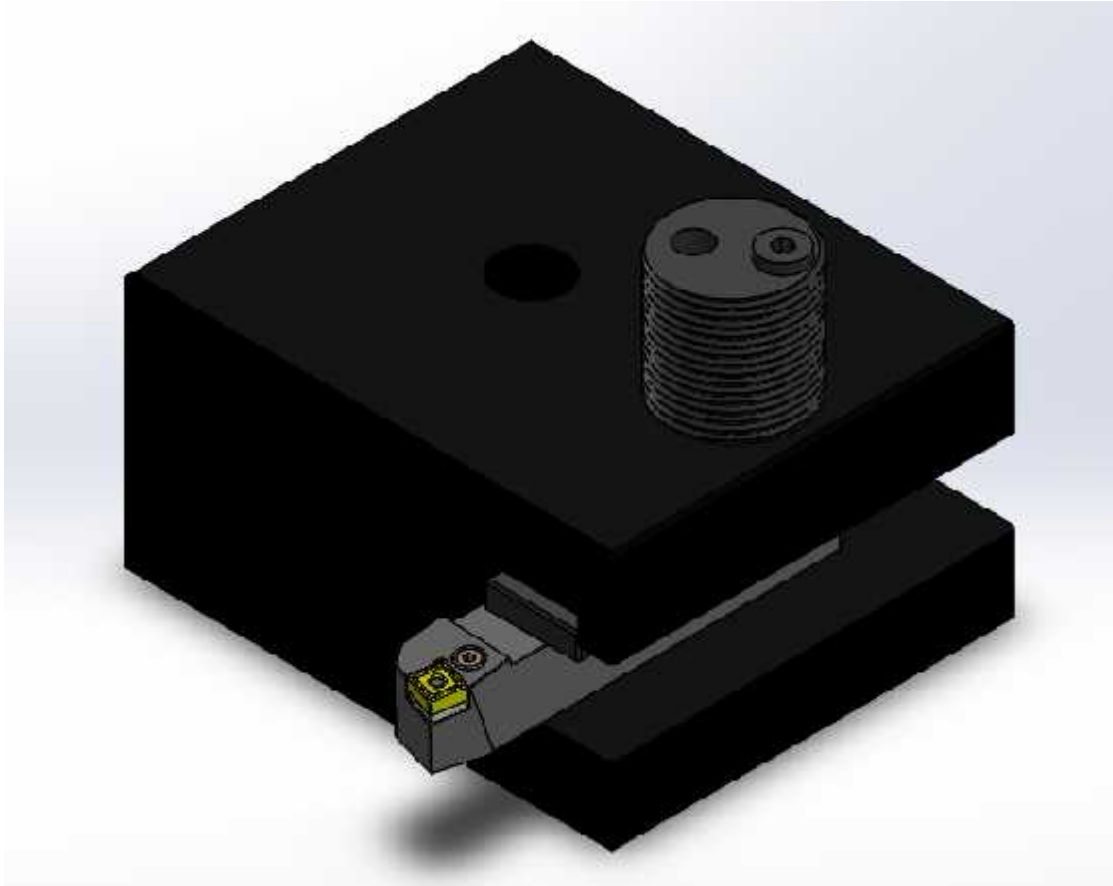


Gambar.1 Metode Pelaksanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rancangan Jig ToolPost Hidrolik

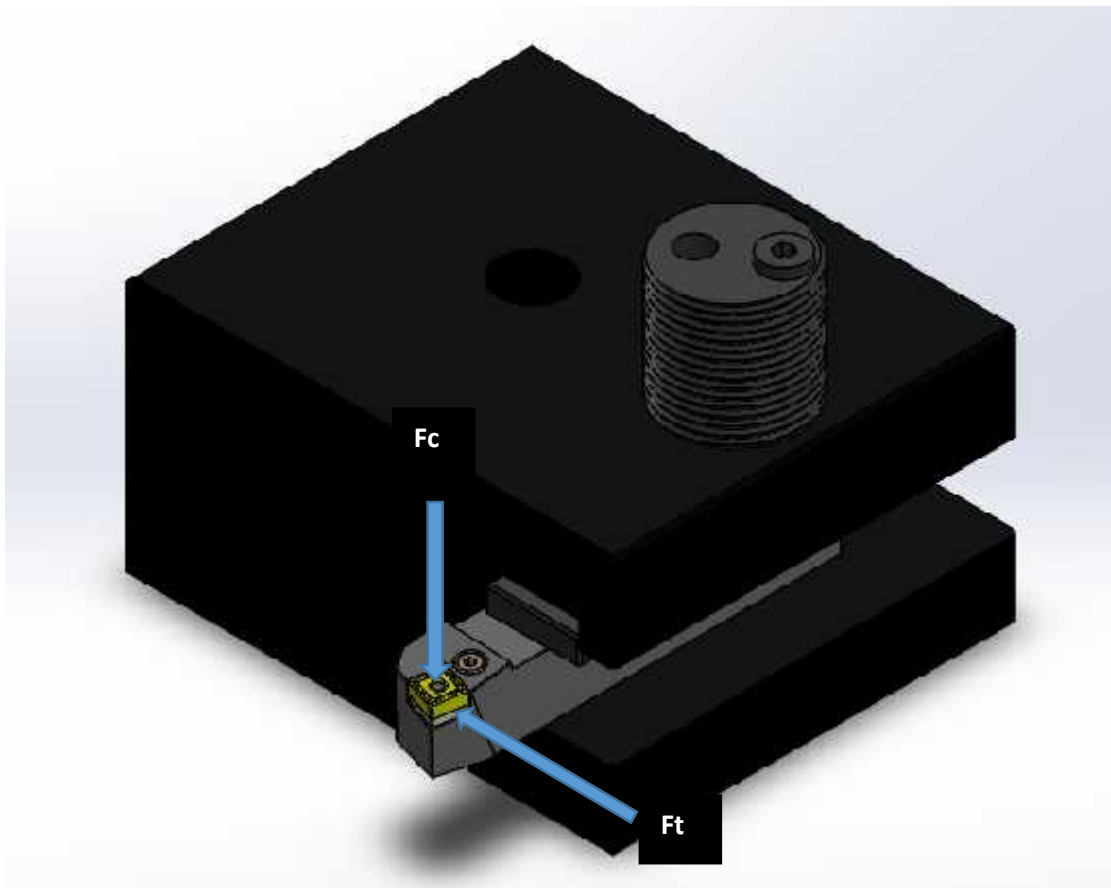
Perancangan Jig Tool Post Hidrolik merupakan perancangan *Reverse Engineering* dengan memodifikasi sistem pecekaman baut yang digantikan oleh sistem pecekaman hidrolik dengan bentuk yang masih umum dengan maksud menggantikan *Tool Post* pada umumnya.



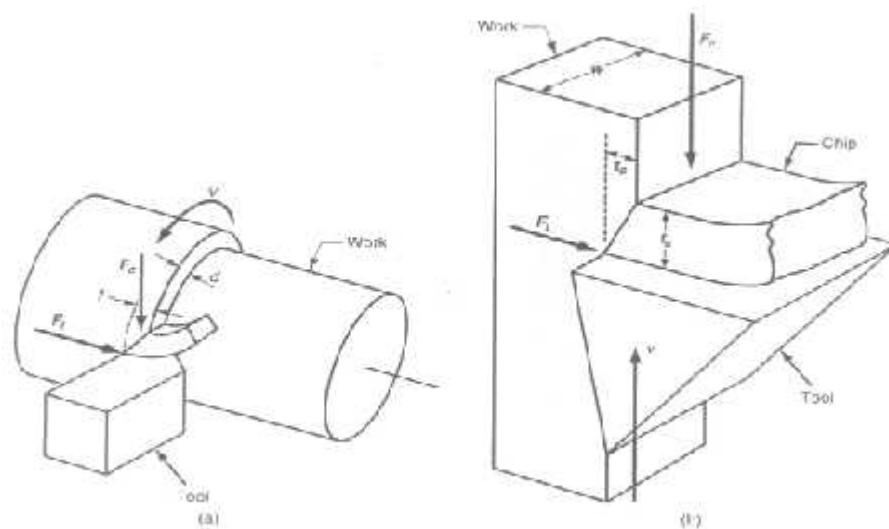
Gambar.2 Rancangan *Jig Tool Post* Hidrolik

3.2 Perhitungan Gaya Potong Pada Proses Bubut

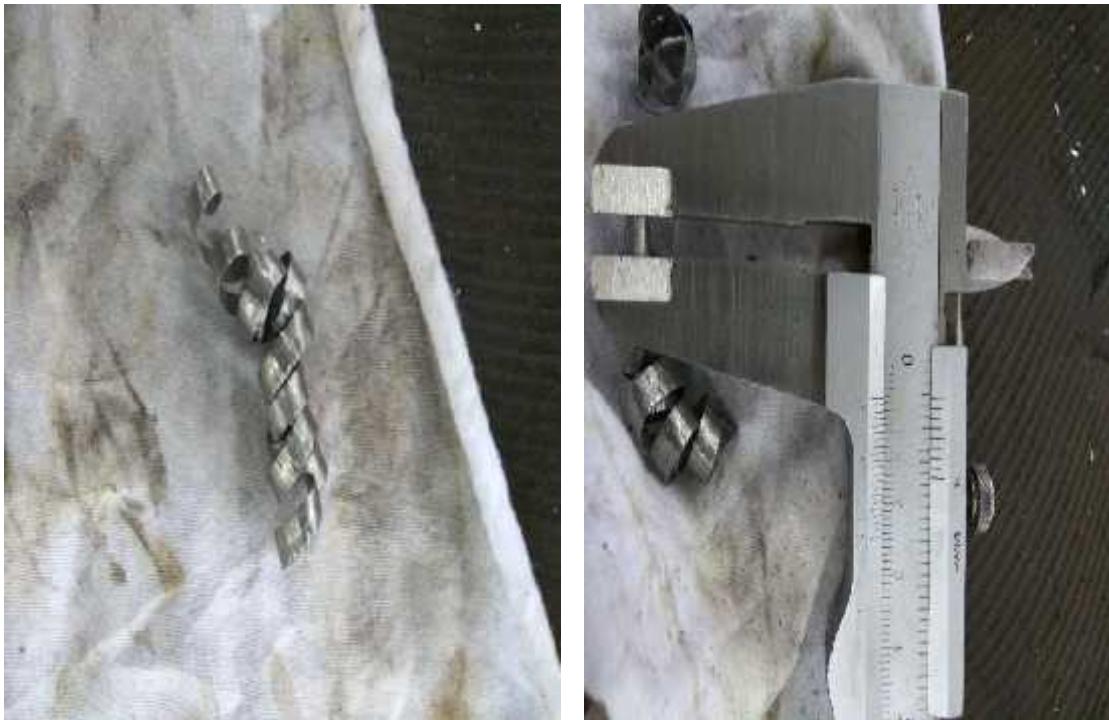
Gambar 3 menjelaskan tentang gaya potong yang terjadi pada proses pembubutan maka harus diketahui terlebih dahulu retribusi gaya yang terjadi pada pahat bubut.



Gambar.3 Distribusi Gaya Potong



Gambar.4 Distribusi gaya potong *orthogonal*



Gambar.5 pengukuran *Cutting Ratio*

3.1.1 *Cutting Ratio*

Dalam menentukan gaya pemotongan, *cutting ratio* harus ditentukan terlebih dahulu dengan mengukur hasil chips yang diproduksi ketika pemotongan berlangsung. Pengukuran dilakukan oleh jangka sorong dengan ketelitian 0.20 [mm]. Rumus *cutting ratio* (Herman W. Pollack, Tool Design, 1988:364) adalah :

$$r = \frac{t_o}{t_c} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

r = ratio, biasanya kurang dari 1.0

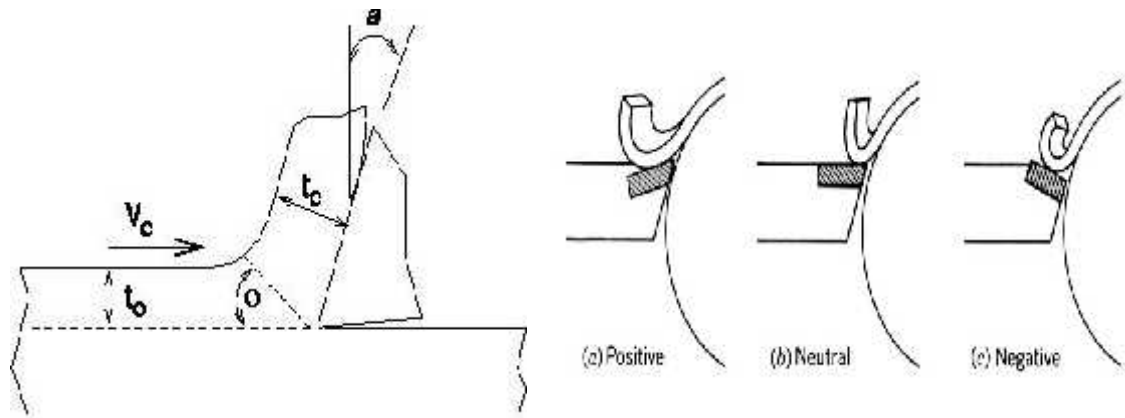
t_o = feed

t_c = ketebalan *Chips* setelah pemotongan ($t_c > t_o$)

$$r = \frac{0.2}{0.23} = 0.87$$

3.1.2 *Shear Angle* (Sudut Geser)

Berbagai macam sudut dalam pembentukan *Chips* sehingga mendeformasikan material yang digambarkan pada Gambar 6.



Gambar.6 sudut geram

Sudut geram (Rake Angle) oleh pahat, 0° karena posisi mata pahat ketika pemotongan rata atau netral. Sudut geram akan menentukan sudut geser. Semakin besar sudut geram maka sudut geser akan membesar dan menurunkan gaya potong.

$$\tan \theta = \frac{r \cos \alpha}{1 - r \sin \alpha} \quad [\text{Persamaan.2}]$$

= Rake angle = 0° = neutral.

r = cutting ratio

$$\tan \theta = \frac{0.87 \cos 0^\circ}{1 - 0.87 \sin 0^\circ}$$

$$\tan \theta = \frac{0.87}{1}$$

$$\theta = \arctan 0.87 = 41^\circ$$

Kedalaman pemotongan dan feeding adalah variabel dalam rumus perhitungan gaya potong. Kedalaman pemotongan dan feeding ditentukan dari tabel rekomendasi pemotongan oleh pahat carbide. Dengan kedalaman pemotongan maksimal dari tabel rekomendasi dengan berasumsi bahwa kedalaman maksimal tersebut akan memberi gaya yang besar atau maksimal yang dilakukan ketika pemotongan roughing oleh mesin bubut konvensional.

Turning

Uddeholm Corrax

Turning	Cemented carbide		HSS
	Roughing	Finishing	
Cutting speed, v_c (m/min)	110-160	160-210	13-18
Feed, f (mm/rev)	0,2-0,4	0,05-0,2	0,05-0,3
Depth of cut, a_p (mm)	2-4	0,5-2	0,5-3
Suitable grades	P20-P30 coated carbide	P10 coated carbide or cermet	

Gambar.7 rekomendasi pemotongan pahat carbide

3.1.3 Shear Force (Gaya Geser).

gaya yang mendeformasikan material pada bidang geser sehingga melampaui gaya elastik dan akhirnya material pun terdeformasi. Adapun gaya geser (Herman W. Pollack, Tool Design, 1988:366) yang dihasilkan adalah :

$$F_{shear} = S_s \times A_o \text{ [Lb]} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

$S_s = \text{Shear Strength Of material} = 0,5 \times \text{ultimate tensile strength [Psi]} = 0,5 \times 81900 = 40950 \text{ [Psi]}$
(machinery handbook)

$A_o = \text{Cross sectional area of chip [In]} = \text{doc} \times f / \sin$

$\text{doc} = \text{depth of cut [in] or [mm]}$. ketentuan kedalaman berdasarkan pahat yang digunakan dalam penelitian.

$f = \text{feed}$, dengan ketentuan berdasarkan pahat yang digunakan dalam penelitian

$= \text{shear angle}$

$$F_{shear} = 40950 \left\{ \frac{(0.007874 \times 0.1574)}{\sin 41^\circ} \right\} = 77.4 \text{ [Lbf]} \approx 344.3 \text{ [N]}$$

3.1.4 Cutting “Tangensial” Force.

Besar Cutting “Tangensial” Force (Herman W. Pollack, Tool Design, 1988:367) dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_C = \frac{F_s \cos(\beta - \alpha)}{\cos(\theta + \beta - \alpha)} \quad \text{[Persamaan.4]}$$

$F_s = \text{Shearing force (gaya geser)}$

$= \text{rake angle}$

$= \text{shear angle}$

$= \text{friction angle}$

$$\tan \beta = \mu$$

$\mu = \text{koef gesek benda kerja} = 0.96$ untuk AISI 1045

$$\tan \beta = 0.96$$

$$= \text{arc tan } 0.96 = 44^\circ$$

$$F_C = \frac{77.4 \cos(44^\circ - 0^\circ)}{\cos(41^\circ + 44^\circ - 0^\circ)} = \frac{55.7}{0.087} = 640.22 \text{ [Lbf]} \approx 2847.84 \text{ [N]}$$

3.1.5 Thrust Longitudinal Force.

Gaya pemakanan searah (Herman W. Pollack, Tool Design, 1988:367) dengan kecepatan pemakanan dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_t = \frac{F_s \sin(\beta - \alpha)}{\cos(\theta + \beta - \alpha)} \quad \text{[Persamaan.5]}$$

$$F_t = \frac{77.4 \sin(44^\circ - 0^\circ)}{\cos(41^\circ + 44^\circ - 0^\circ)} = \frac{53.766}{0.087} = 616.9 \text{ [lbf]} \approx 2744.107 \text{ [N]}$$

3.1.6 Gaya Potong Spesifik

Perhitungan yang didapatkan dari rumus empirik yang menggambarkan hubungan antara gaya pemotongan dengan variabel-variabel dalam proses pemesinan. Perhitungan ini merupakan pendekatan perhitungan gaya potong dengan kondisi real dengan melibatkan variabel-variabel yang terjadi ketika proses pemesinan berlangsung seperti faktor keausan pahat potong dan pengaruh kecepatan potong (Taufiq Rochim, Proses Pemesinan, 1993:186).

$$k_s = k_{s1.1} f^{-z} C_K C_Y C_{VB} C_V \quad \text{[Persamaan.6]}$$

$$k_{s1.1} = \text{gaya potong spesifik referensi [N/mm}^2] \rightarrow \text{untuk baja } k_{s1.1} = 144 \sigma_u^{0.37}$$

$$f^{-z} = \text{feeding, z rata-rata berharga} = 0.2$$

$$C_K = \text{faktor koreksi akibat pengecilan sudut potong utama, } k_r$$

$$C_\alpha = \text{faktor koreksi sudut geram (rake angle), } \alpha$$

$$C_{VB} = \text{faktor koreksi keausan tepi pahat}$$

$$C_V = \text{faktor koreksi kecepatan potong}$$

Tabel.1 Faktor koreksi C_K

k_r	Jenis Pahat	
	Karbida	Keramik
90°	1	1
80°	1.014	1.016
60°	1.041	1.059
55°	1.057	1.083
50°	1.077	1.110
45	1.102	1.149

Sumber : Taufiq Rochim (1993)

Tabel.2 Tabel Gaya Potong Spesifik Referensi

Benda Kerja	σ_u kekuatan Tarik (UTS), atau kekerasan Brinell ; [N/mm ²]	$k_{z1.1}$ [N/mm ²]
Baja Struktur, C 0,35%	500	1500
C 0.35-0.6%	500 s.d.700	1650
C).66-1%	700 s.d. 1000	1800
Baja Paduan (kondisi annealed)	700 s.d. 850	1650
	850 s.d. 1000	1800
	1000 s.d. 1400	1950
	1400 s.d. 1800	2170
Baja Manganese, Mn Steel	500 s.d. 800	1650
Baja Anti Karat (Stainless Steel)		
Kondisi = Austenic	-	1720
feritic	-	1500
Baja Tuang (Cast Steel)		
GS 40	500	1300
GS 50	500 s.d. 650	1420
GS 65	650	1570

Tabel.3 Faktor Koreksi Sudut Geram (Rake Angle)

α	C_α
15°	0.91
10°	0.96
6°	1
0°	1.06
-6°	1.12

Tabel . Faktor Koreksi Keausan Tepi Pahat

VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}
0.1	1.04	0.3	1.12	0.5	1.20	0.7	1.28
0.2	1.08	0.4	1.16	0.6	1.24	0.8	1.32

Tabel.4
Faktor
Koreksi

V ; [m/min]	C_v	Keramik
30 s.d. 50	1.11	HSS
50 s.d. 100	1.06	Pahat Karbida
100 s.d. 200	1.0	
Diatas 200	0.94	Keramik

Kecepatan Potong, V

$$k_s = 1650 \times 0.4^{-0.2} \times 1 \times 1.06 \times 1.32 \times 1.0$$

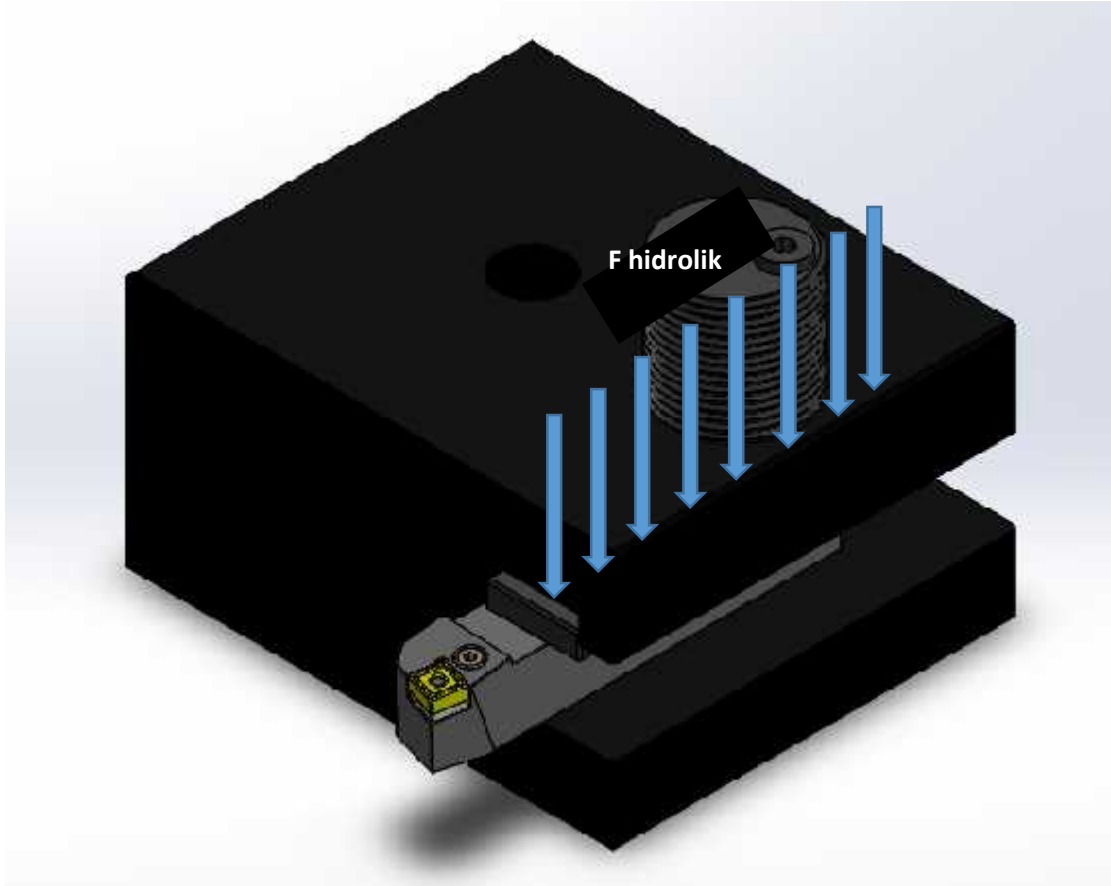
$$k_s = 2773 \text{ N/mm}^2$$

$$F_c = k_s A_0 [N] \quad \text{[Persamaan.7]}$$

$$F_c = 2773 \times 0.2 \times 4 = 2218.4 [N]$$

3.3 Analisis Kekuatan Hidrolik dan Body Ulir Aktuator Hidrolik

Pendistribusian gaya dari *Roemheld Mini Hydraulic* digambarkan pada Gambar 8.



Gambar.8 distribusi Beban Merata Hidrolik

4. KESIMPULAN

Gaya potong yang biasa terjadi ketika pemakanan kasar dalam pemotongan bubut lebih kecil dari gaya cekaman hidrolis dalam menahan pahat bubut di mesin bubut konvensional, maka rancangan *Tool Post Hidrolis* aman dan memenuhi persyaratan sebagai opsi pengganti *Tool Post* pada umumnya

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. Drs., Darius Yuhans, ST, MT, sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Teman-teman D4 Teknik Mesin Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta 2013 yang telah mendukung penyusunan untuk menyelesaikan *full paper* ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anonim *Dasar-Dasar Hidrolis Minyak*. Semarang: PT. Panca manunggal wiradinamika.
- [2]. D. Markk, B. Scharader, M. Thomes, *Hydraulics (Basic Level TP 501)*. Festo Didactic, Esslingen 1990.
- [3]. Giles, R. 1986. *Mekanika Fluida Dan Hidrolis*. Alaih Bahasa: Ir. Herman Widodo Soemitro. Jakarta : Erlangga.
- [4]. J.P.Hasebrink, R.Kobler, *Fundamentals Of Pneumatic Control Engineering-Textbook*,1999.
- [5]. Peter Rokhner, 1984 *Industrial Hydraulic Control*, Melbourne.
- [6]. Sugihartono. 1988 *Sistem Kontrol dan Pesawat Tenaga Hidrolis*, Tarsito Bandung.
- [7]. Wirawan, S. 2004. *Pneumatik / Hydrolic*. Semarang : Teknik Mesin UNNES
- [8]. *Dasar-Dasar Hidrolis (Basic Hydraulics)*. Akademi Teknik Soroako. Juni,2003.
- [9]. Doddannavar, Ravi dan Barnard, Andries. *Practical Hydraullic Sistems: Operation and Troubleshooting for Engineers and Technicians*. Wirawan dan Pramono, 2009, “*Bahan Ajar Pneumatik – Hidrolis*”.
- [10]. Burlon Paul, “*Kinematic and Dynamics of Planer Machinery*”, Edsal Enterprise, 1931
- [11]. Ferdinand P. Boer, “*Mekanika Untuk Insinyur Statika*”, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985
- [12]. E. Paul DEGARMO. J.T. BLACK. Ronald A. KOHSER. 2003. *Materials and Processes in Manufacturing*. John Wiley & Sons, New Jersey
- [13]. Agus E. Pramono *Elemen Mesin 1*. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta, 2013.
- [14]. Wikipedia 2017, Mesin Bubut, https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin_bubut
- [15]. Taufiq Rochim, 1993, *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung
- [16]. Herman W. Pollack 1988, *Tool Design*. The University of Michigan, Prentice Hall PTR.

STUDI KASUS PENERAPAN *WORKPLACE DESIGN* DALAM PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LINI PRODUKSI PENCETAKAN *PAVING BLOCK* DI PT. X

Muhamad Hanhan Nugraha¹, Tri Widjatmaka²

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia
Hanhannugraha1@gmail.com

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Di industri manufaktur paving block PT.X, paving block berbentuk segi enam diproduksi secara manual oleh 2 orang operator, 1 orang bertugas sebagai pengaduk dan operator lainnya bertugas sebagai pencetak paving block. Berdasarkan observasi pendahuluan di lapangan, workplace pencetakan paving block memiliki desain yang tidak optimal. Ketidakefektifan workplace tersebut dapat dilihat karena adanya elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan yang dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja dan adanya jarak jangkauan gerakan terhadap tata letak bahan baku tidak optimal yang dapat menyebabkan penggunaan waktu standar menjadi besar dan jumlah produksi tidak mencapai target yang diinginkan. Tujuan penelitian untuk meningkatkan produktivitas pada bagian lini produksi pencetakan paving block. Penelitian dilakukan dengan cara mengukur dan membandingkan waktu standar dan output standar sebelum dan setelah perbaikan dengan menggunakan metode jam henti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbaikan dilakukan dengan cara merancang bangun kembali workplace yang dapat menghilangkan elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan tersebut dan meminimalisir jarak jangkauan berdasarkan perhitungan ergonomi Standar Nasional Indonesia. Perbaikan tersebut dapat memperpendek waktu standar menjadi 39,6 s, meningkatkan output standar menjadi 545 buah, dan meningkatkan produktivitas dan efisiensi senilai 36%.

Kata Kunci: perbaikan workplace, produktivitas, waktu standar.

Abstract

In manufacturing paving block industry PT.X, Hexagonal paving block are produced manually by 2 people operator, one people operator have a job for mixer and other operator have a job for molding of paving block. based on the first observation in the field, molding of paving block's workplace has a design that is not optimal. The workplace is not optimal can be showed by there are element of motion is not agree with principle of economic motion to arrangement layout of workplace and there are distance range requirements toward material layout is not optimal and the condition can cause high of standard time and the target output are not achieved. The purpose of this research is to increase productivity of line production molding paving block. This research is done by the way measure and compare cycle time, standard time and standard output before and after improvement with use stopwatch's metod. The result show that improvement is done by the way redesign workplace that can eliminate the element of motion is not agree with the principle of economic motion and it can minimize the distance range requirement based on the calculation of Indonesian Standard Ergonomic. The improvement can shorten the standart time to 39,6[s], increase the standart output to 545 [unit], and increase productivity and efficiency to 36%.

Keywords: improvement workplace, productivity, standard time.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur adalah suatu usaha atau kegiatan yang mengolah suatu bahan mentah/bahan setengah jadi menjadi sesuatu produk yang memiliki nilai tambah. Di Indonesia, industri manufaktur menengah menjadi satu diantara program binaan pemerintah, khususnya industri menengah di bidang manufaktur paving block.

Industri manufaktur paving block adalah suatu usaha kegiatan yang mengolah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolisi sejenisnya, air dan agregat menjadi produk paving block yang memiliki berbagai macam kualitas. Proses manufaktur paving block, melalui 2 cara sesuai dengan kualitas kekuatan yang diinginkan. Paving block low quality diproduksi dengan cara manual, sedangkan paving block high quality diproduksi dengan menggunakan mesin press.

Di industri manufaktur paving block PT.X, paving block berbentuk segi enam diproduksi secara manual oleh 2 orang operator, 1 orang operator bertugas sebagai pengaduk di stasiun kerja pengadukan dan operator lainnya bertugas sebagai pencetak paving block di stasiun kerja pencetakan. Berdasarkan observasi

pendahuluan di lapangan, stasiun kerja pencetakan *paving block* memiliki penataan *workplace* yang tidak optimal. Ketidakefektifan *workplace* tersebut dapat dilihat karena adanya elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan yang dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja dan adanya jarak jangkauan gerakan terhadap tata letak bahan baku yang tidak optimal, sehingga dapat menyebabkan penggunaan waktu standar menjadi besar serta jumlah produksi tidak mencapai target yang diinginkan.

Alternatif solusi yang tepat harus dilakukan dengan penelitian terhadap studi gerakan dan waktu di PT.X tersebut dengan penerapan *workplace design* guna meningkatkan efisiensi waktu dan produktivitas lini produksi pada pencetakan *paving block*.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dibahas pada penelitian meliputi:

- a. Adanya indikasi penataan *workplace* yang tidak optimal,
- b. Adanya elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan yang dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja,
- c. Jarak jangkauan gerakan yang kurang optimal dapat menyebabkan penggunaan waktu standar menjadi besar, dan
- d. Banyaknya waktu yang terbuang mengakibatkan jumlah produksi tidak mencapai target.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian meliputi:

- a. Tujuan umum penelitian meliputi:
 -) Meningkatkan kinerja industri manufaktur *paving block*, dan
 -) Mengetahui pengaruh *workplace design* baru terhadap produktivitas dan efisiensi kerja.
- b. Tujuan khusus penelitian meliputi:
 -) Merancang bangun *workplace design* baru yang optimal,
 -) Menghilangkan elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja dengan *workplace design* yang baru,
 -) Memperpendek jarak jangkauan dengan *workplace design* yang baru,
 -) Memperpendek waktu standar dengan *workplace design* yang baru, dan
 -) Mengetahui pengaruh jarak jangkauan gerakan terhadap waktu standar kerja.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2017 di Industri menengah dibidang manufaktur *paving block*. Alat-alat yang dibutuhkan antara lain: peta tangan kiri dan tangan kanan, jam henti (*stopwatch*), lembar pengamatan (*time study form*) dan alat perhitungan (*calculator*)^[1]. Penelitian dilakukan pada 3 tahap yaitu tahap awal penelitian, tahap pengumpulan data dan pengolahan data, dan tahap kesimpulan.

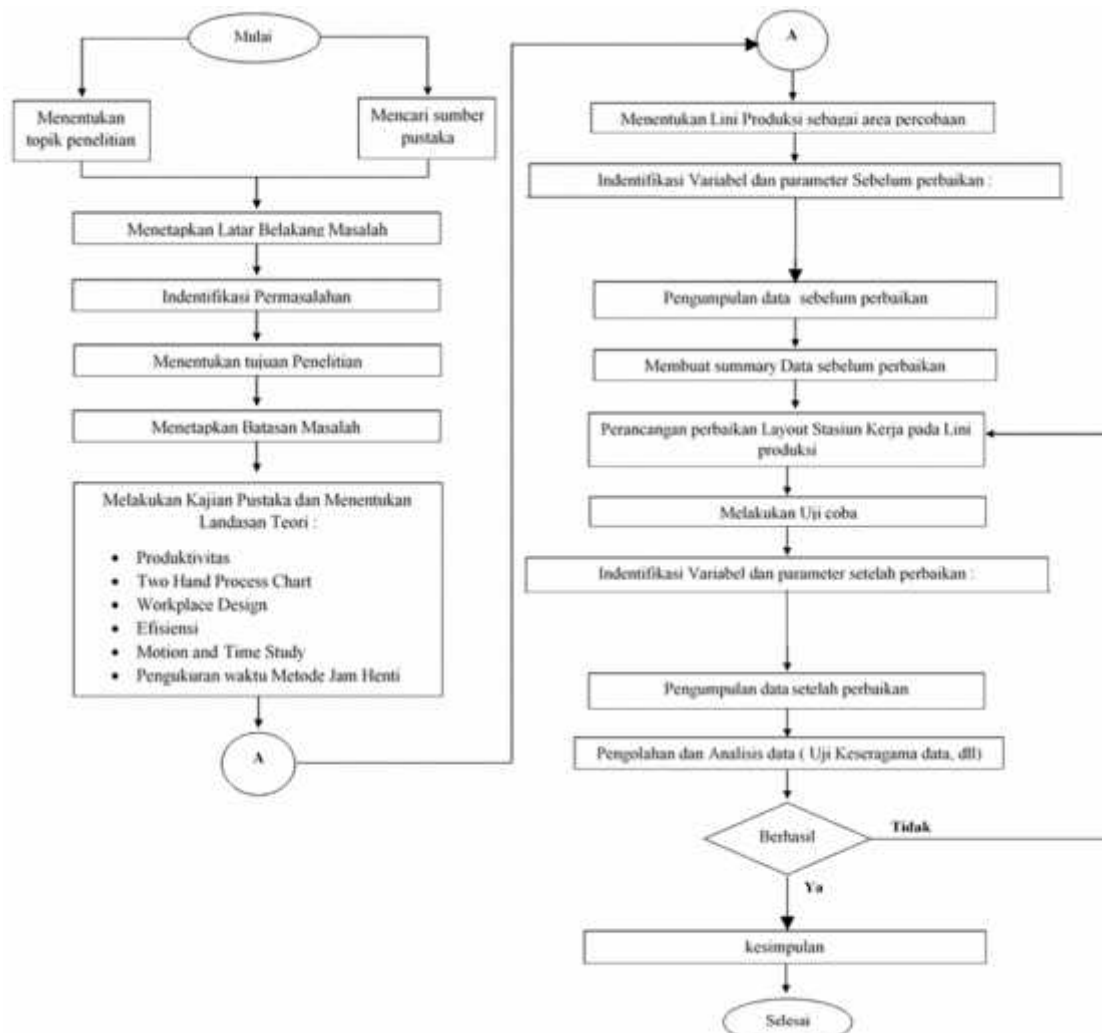
Tahap awal penelitian difokuskan kepada dasar dasar penelitian suatu masalah dan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai: penentuan topik, mencari sumber pustaka, penentuan latar belakang, identifikasi dan perumusan masalah, penentuan tujuan penelitian, menetapkan batasan masalah, melakukan kajian pustakan seperti jurnal internasional dan menentukan landasan teori.

Tahap pengumpulan dan tahap pengolahan data dilakukan dengan langkah sebagai berikut: penentuan lini produksi yang memiliki masalah, identifikasi variabel dan parameter sebelum perbaikan, pengumpulan data sebelum perbaikan, membuat summary data sebelum perbaikan, perancangan perbaikan layout stasiun kerja pada lini produksi, melakukan uji coba, indentifikasi variabel dan parameter setelah perbaikan, pengumpulan data setelah perbaikan dan melakukan analisis. Sedangkan tahap kesimpulan dilakukan dengan menarik simpulan dari penelitian tersebut. Study gerak dan waktu merupakan cara terbaik dalam meningkatkan produktivitas^[4].

Variabel yang diteliti adalah elemen gerakan kerja dan jarak jangkauan. Pengumpulan data dilakukan melalui 2 tahap, yaitu sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan dengan cara penguraian pekerjaan menjadi elemen-elemen gerakan berdasarkan aturan gerak *Therblig*^[1], melakukan pengukuran waktu penyelesaian yang dibutuhkan pekerja untuk setiap satu unit produk dan pencatatan terhadap jumlah *paving block* yang dihasilkan sebagai *output* aktual.

Pengukuran waktu dilakukan dengan metode jam henti karena metode ini adalah yang direkomendasikan kepada perusahaan yang memiliki biaya lebih hemat dan kemudahannya pengukuran^[5]. Jumlah operator yang diukur adalah salah satu operator terpilih yang mampu bekerja secara normal dan dapat diajak bekerjasama biasanya operator yang memiliki kemampuan rata-rata, pengukuran waktu

penyelesaian kerja untuk setiap unit produk terhadap operator dilakukan selama 5 jam kerja dimulai pukul 08.00-13.00 WIB. Data yang diperoleh kemudian diuji keseragamannya dan kecukupan datanya. Lalu dihitung waktu siklus, waktu normal, waktu standar, *output* standar dan efisiensi kerja. Setelah dilakukan perbaikan metode kerja, dibuat kurva belajar terlebih dahulu baru dilakukan pengukuran waktu, sehingga didapatkan data kemudian diuji dan dihitung lagi seperti langkah-langkah sebelumnya. Karena data keluaran yang dihasilkan merujuk ke upah kerja, jadi tingkat ketelitian dan keyakinan yang digunakan sebesar 5% tingkat ketelitian dan 95% tingkat keyakinan.



Gambar 1 Diagram Alir Tahap Awal Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uraian Data Sebelum Perbaikan

Penelitian sebelum perbaikan dilakukan untuk mengetahui masalah utama yang terjadi pada kekurangan *output* di lini produksi pencetakan *paving block*. Salah satu cara untuk mengetahuinya adalah dengan mengetahui keefektifan *workplace* yang ada dalam menghasilkan *output*. Seperti diketahui, kebutuhan jarak jangkauan adalah satu diantara parameter utama dalam mencapai *workplace* yang optimal, sehingga penggunaan waktu standar menjadi besar dan target *output* tercapai. Penelitian sebelum perbaikan dilakukan pada bulan Maret hingga Mei 2017, dan pengambilan data dilakukan pada hari Kamis tanggal 6 April 2017 selama 5 jam 30 menit. Data yang diambil adalah data waktu tiap elemen gerakan dengan metode jam henti. Hasil dari penelitian sebelum perbaikan dipresentasikan ke dalam sebuah peta sebagai alat analisis yaitu peta tangan kanan dan tangan kiri^[2]. Berikut adalah paparan peta tangan kanan dan tangan kiri sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Peta tangan kanan dan tangan kiri sebelum perbaikan

Tangan Kanan	Jarak (cm)	Waktu (s)	Lambang	Waktu (s)	Jarak (cm)	Tangan Kiri
Membersihkan Cetakan Dalam	50	1,37		1,37		Memegang Cetakan dalam
Mengembalikan Lap	50	0,83		0,83	35	Memasang Cetakan dalam
Mengambil Semen Merah	80	1,62		1,62		Memegang Cetakan Merah
Memasukan ke Cetakan Merah	80	1,29		1,29	35	Memasang Cetakan Merah
Mengembalikan Sendok Ke Tempat	80	0,62		0,62		Menunggu
Mengambil Semen Halus	110	1,47		1,47		Menunggu
Memasukan ke Cetakan Besar	110	1,16		1,16		Menunggu
Mengambil Cetakan merah		0,54		0,54		Mengambil Cetakan merah
Merapihkan Semen Halus		0,62		0,62	35	Mengembalikan Cetakan Merah
Mendekatkan Semen Kasar	60	4,93		4,93		Memegang Cetakan Besar
Mengambil Tanah Kasar	42	2,76		2,76		Memegang Cetakan Besar
Memasukan Ke Cetakan Besar	42	2,76		2,76		Memegang Cetakan Besar
Meratakan Permukaan Sementara		0,67		0,67		Memegang Cetakan Besar
Mengambil Pemukul	10	0,42		0,42	10	Mengambil Pemukul
Memukul cetakan		5,27		5,27		Memukul Cetakan
Meratakan kembali permukaan		3,31		3,31		Menunggu
Mengambil dudukan	150	0,79		0,79		Menunggu
Merakit dudukan Ke Cetakan Besar	150	0,94		0,94		Merakit dudukan Ke Cetakan Besar
Membalikan Cetakan Besar		0,88		0,88		Membalikan Cetakan Besar
Membersihkan sekitar Cetakan Besar		1,69		1,69		Memegang Cetakan Besar
Mengangkat Cetakan Besar		1,5		1,5		Mengangkat Cetakan Besar
Mengambil Cetakan Dalam		1,19		1,19		Menunggu
Menvimpan Hasil Paving Block	110	3,4		3,4	110	Menvimpan Hasil Paving Block
Total	1124	40,03		40,03	225	Total
RINGKASAN						
WAKTU SETIAP SIKLUS				40,03 [s]		
JUMLAH PRODUK TIAP SIKLUS				1 [buah]		
WAKTU UNTUK MEMBUAT 1 PRODUK				40,03 [s]		
WAKTU NORMAL				40,82 [s]		
WAKTU BAKU				53,9 [s]		
JUMLAH MIN PRODUK UNTUK 6 JAM KERJA				400 [Buah]		

Jumlah elemen gerakan pembuatan *paving block* sebelum perbaikan sebanyak 23 elemen gerakan. Berdasarkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja *point* ke-3, tempat penyimpanan bahan baku sebaiknya memanfaatkan prinsip gaya berat, sehingga bahan yang akan dipakai selalu tersedia ditempat yang dekat untuk diambil ^[1], sedangkan dari ke 23 elemen tersebut ada 1 elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan di atas yaitu “mendekatkan semen kasar”, selain tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan, elemen gerakan tersebut merupakan elemen yang memiliki waktu gerakan kedua terbesar yaitu 4,93 [s] setelah elemen “memukul cetakan” sebesar 5,27 [s].

Selain elemen gerakan yang tidak sesuai prinsip ekonomi gerakan, pada *workplace* sebelum perbaikan terindikasi bahwa adanya jarak jangkauan yang tidak optimal. Menurut SNI- 03-1979-1990 Kementrian PU No.306/KTPS/1989 bentangan tangan maksimum standar orang Indonesia sebesar 800 mm. Bentangan optimum yang digunakan untuk melakukan pekerjaan harus kurang dari 800 mm, sedangkan dari hasil uraian pengukuran jarak jangkauan sebelum perbaikan di atas masih banyak jarak jangkauan yang tidak sesuai dengan standar seperti jarak dari cetakan ke semen merah sebesar 800 mm, jarak dari cetakan ke semen halus sebesar 1100 mm, jarak dari cetakan ke dudukan sebesar 1500 mm, dan jarak dari cetakan ke *storage* 1100 mm. Jarak jangkauan yang tidak optimum tersebut dapat menyebabkan waktu yang terbuang banyak dan *output* pun tidak dapat mencapai target. Selain hal tersebut, jarak jangkauan yang tidak optimum dapat menyebabkan operator mudah letih dan lelah karena gerakan bersifat memaksa.

Jarak jangkauan yang tidak optimal dan gerakan yang tidak ekonomis menyebabkan waktu standar sebesar 53,9 s, sehingga *output* yang dihasilkan pada 6 jam waktu kerja sebanyak 400 buah.

3.1.2 Uraian Langkah Perbaikan

Berdasarkan Deskripsi keadaan aktual sebelum perbaikan yang ada, perlu adanya langkah perbaikan agar prinsip ekonomi gerakan terhadap tata letak dapat diterapkan dan kebutuhan jarak jangkauan dapat optimal, sehingga Produktivitas pada lini tersebut dapat lebih baik dari sebelumnya. Berikut adalah langkah perbaikan terhadap *workplace* yang ada:

1. Elemen mendekatkan semen kasar dapat dihilangkan dengan cara merancang wadah bahan baku semen kasar dengan permukaan dalam yang miring, sehingga bahan selalu berada pada bibir wadah dan dekat dengan operator.
2. Jarak jangkauan seperti jarak dari cetakan ke semen merah, jarak dari cetakan ke semen halus, jarak dari cetakan ke dudukan dan jarak dari cetakan ke *storage* harus diperpendek sesuai dengan perhitungan SNI-03-1979-1990 Kementerian PU No.306/KTPS/1989.
3. Penerapan prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan pada tata letak dan perhitungan kebutuhan jarak akan memperpendek waktu standar, sehingga produktivitas dapat meningkat.

Langkah-langkah perbaikan di atas diterapkan pada rancangan *workplace* baru yang dipresentasikan dengan Meja ergonomi yang memiliki kapasitas sesuai SNI- 03-1979-1990 Kementerian PU No.306/KTPS/1989 sebagaimana Gambar 2. Perhitungan Ukuran Meja Ergonomi berdasarkan SNI- 03-1979-1990 Kementerian PU No.306/KTPS/1989 sebagai:

1) Ukuran Panjang Meja

Berdasarkan SNI -03-1979-1990 Kementerian PU No.306/KTPS/1989 untuk menghitung panjang bentangan kedua tangan optimum dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Y = 1,522 X - 78,975 \quad \text{[Persamaan.1]}$$

$$Y = 1,522 \cdot 155 - 78,975$$

$$Y = 156,935 \text{ cm} \sim 1560 \text{ mm}$$

dengan Y adalah panjang bentangan kedua tangan dan X adalah tinggi operator yang digunakan yaitu 155 cm.

Berdasarkan hasil dari persamaan diatas, ukuran bentangan kedua tangan optimum operator sebesar 1560 [mm]. Ukuran tersebut dapat dijadikan acuan sebagai ukuran panjang meja yang akan dirancang.

2) Ukuran Lebar Meja

Ukuran lebar meja didapatkan dari ukuran optimum bentangan 1 tangan operator. Berdasarkan perhitungan ukuran bentangan kedua tangan di atas, ukuran optimum bentangan 1 tangan operator adalah $\frac{1}{2}$ dari ukuran bentangan kedua tangan, sehingga ukuran bentangan 1 tangan operator sebesar 780 mm tetapi untuk ukuran lebar meja digunakan ukuran maksimum bentangan 1 tangan operator yaitu sebesar 800 mm.

3) Ukuran Tinggi Meja

Berdasarkan SNI -03-1979-1990 Kementerian PU No.306/KTPS/1989 untuk menghitung ukuran tinggi optimal meja dapat dilakukan bila ukuran tinggi siku operator diketahui maka ukuran tinggi siku dihitung dengan menggunakan persamaan Persamaan 2.

$$Y_s = 0,620 \cdot X + 0,038 \quad \text{[Persamaan.2]}$$

$$Y_s = 0,620 \cdot 155 + 0,038$$

$$Y_s = 96,062 \text{ cm}$$

dengan Y_s adalah tinggi siku operator dan X adalah tinggi operator yaitu sebesar 155 cm.

Berdasarkan perhitungan di atas ukuran tinggi siku operator sebesar 96,062 cm, maka ukuran tinggi meja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

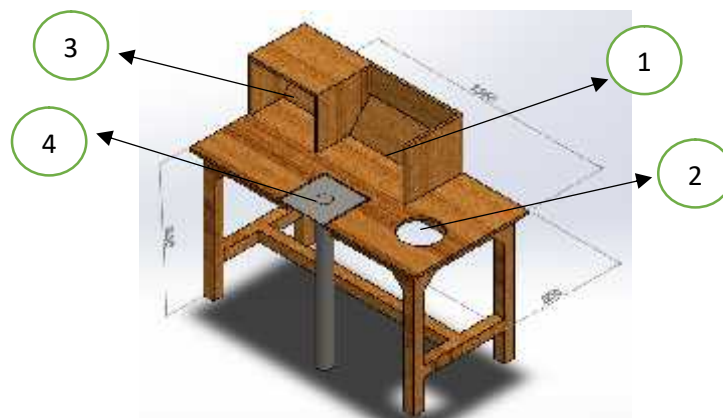
$$Y = 0,556 \cdot Y_s + 29,664 \quad \text{[Persamaan 3]}$$

$$Y = 0,556 \cdot 96,062 + 29,664$$

$$Y = 83 \text{ cm} \sim 830 \text{ mm}$$

dengan Y adalah ukuran tinggi meja optimum yang digunakan.

Berdasarkan perhitungan diatas ukuran tinggi meja optimum yang digunakan sebesar 830 mm sebagaimana Gambar 2.



Keterangan: 1: Semen Kasar ; 2: Semen Merah; 3:Semen Halus; dan 4:Penempatan Cetakan.
Gambar. 2 Tata Letak dan Ukuran Meja Ergonomi

3.1.3 Uraian Meja Ergonomi

Meja ergonomi yang dirancang memiliki ukuran sesuai Standar Nasional Indonesia. Meja tersebut memiliki ukuran panjang sebesar 1560 mm, lebar sebesar 800 mm, dan tinggi sebesar 830 [mm]. Meja ergonomi memiliki urutan penempatan tata letak bahan baku. Berdasarkan Gambar 2 tata letak bahan baku ditunjukkan dengan butir-butir dan diuraikan sebagai berikut:

- Butir 1 merupakan wadah bahan baku semen kasar berpermukaan miring sesuai dengan kebutuhan prinsip ekonomi gerakan yang dihubungkan dengan tata letak bahan baku,
- Butir 2 merupakan lubang yang digunakan sebagai penyimpanan ember semen merah,
- Butir 3 merupakan wadah bahan baku semen halus berpermukaan miring sesuai dengan kebutuhan prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan tata letak bahan baku, dan
- Butir 4 merupakan dudukan penahan tekanan, di lokasi tersebut cetakan ditempatkan dan proses pemukulan dilakukan.

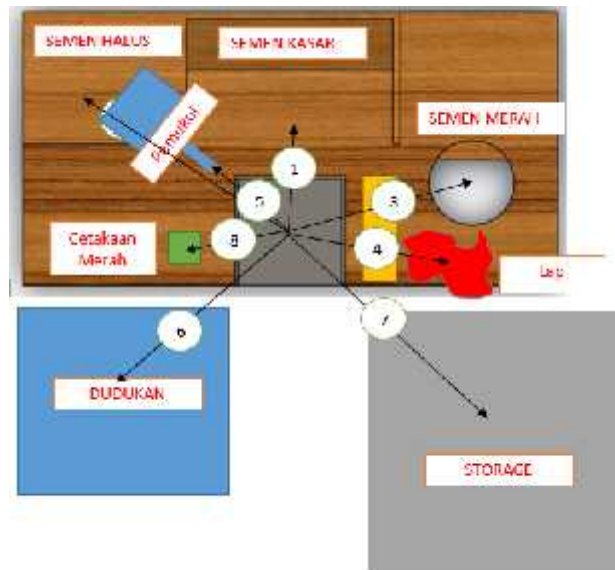
Dengan menggunakan permukaan miring pada wadah bahan baku, meja yang dirancang tersebut dapat menghilangkan 1 elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan yaitu mendekatkan semen kasar.

Selanjutnya meja ergonomi yang dirancang, membutuhkan jarak jangkauan yang sesuai dengan standar nasional Indonesia yaitu kurang dari 800 mm sebagaimana Gambar 3.

Berdasarkan Gambar. 3 kebutuhan jarak jangkauan meja ergonomi tersebut terukur sebagai berikut:

- Jarak dari cetakan ke semen kasar sebesar 330 mm,
- Jarak dari cetakan ke semen halus sebesar 630 mm,
- Jarak dari cetakan ke semen merah sebesar 530 mm,
- Jarak dari cetakan ke lap sebesar 30 mm,
- Jarak dari cetakan ke pemukul sebesar 10 mm,
- Jarak dari cetakan ke dudukan sebesar 630 mm,
- Jarak dari cetakan ke storage sebesar 630 mm,
- Jarak dari cetakan ke cetakan merah 350 mm.

Selanjutnya diuji coba terhadap meja tersebut dan dilakukan proses penelitian akhir setelah perubahan. Proses penelitian akhir setelah perubahan diuraikan pada sub bab selanjutnya.



Gambar.3 Kebutuhan Jarak Jangkauan

3.2 Uraian Data Setelah Perubahan

Setelah dilakukan perbaikan pada *workplace* pencetakan *paving block*, maka perlu adanya penelitian kembali untuk melihat dan menganalisis perubahan yang terjadi pada *workplace* tersebut. Penelitian dilakukan pada 11 sampai dengan 20 Mei 2017, dan pengambilan data dilakukan pada hari Kamis tanggal 18 Mei 2017 selama 5 jam 30 menit. Data yang diambil adalah data waktu tiap elemen gerakan dengan metode jam henti (data setelah perbaikan terlampir). Hasil dari penelitian setelah perubahan dipresentasikan ke dalam sebuah peta sebagai alat analisis yaitu peta tangan kanan dan tangan kiri. Paparan peta tangan kanan dan tangan kiri sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Peta tangan kanan dan tangan kiri setelah perbaikan

Tangan Kanan	Jarak (cm)	Waktu (s)	Lambang	Waktu (s)	Jarak (cm)	Tangan Kiri
Membersihkan Cetakan Dalam	30	1,18		1,18		Memegang Cetakan dalam
Mengembalikan Lap	30	0,32		0,32	15	Memasang Cetakan dalam
Mengambil Semen Merah	53	1,3		1,3		Memegang Cetakan Merah
Memasukan ke Cetakan Merah	53	1,16		1,16	15	Memasang Cetakan Merah
Mengembalikan Sendok Ke Tempat	53	0,36		0,36		Menunggu
Mengambil Semen Halus	63	1,09		1,09		Menunggu
Memasukan ke Cetakan Besar	63	0,86		0,86		Menunggu
Mengambil Cetakan merah		0,54		0,54		Mengambil Cetakan merah
Merapihkan Semen Halus		0,62		0,62	15	Mengembalikan Cetakan Merah
Mengambil Tanah Kasar	33	2,57		2,57		Memegang Cetakan Besar
Memasukan Ke Cetakan Besar	33	2,57		2,57		Memegang Cetakan Besar
Meratakan Permukaan Sementara		0,67		0,67		Memegang Cetakan Besar
Mengambil Pemukul	10	0,42		0,42	10	Mengambil Pemukul
Memukul cetakan		5,27		5,27		Memukul Cetakan
Meratakan kembali permukaan		3,31		3,31		Menunggu
Mengambil dudukan	63	0,57		0,57		Menunggu
Merakit dudukan Ke Cetakan Besar	63	0,87		0,87		Merakit dudukan Ke Cetakan Besar
Membalikan Cetakan Besar		0,88		0,88		Membalikan Cetakan Besar
Membersihkan sekitar Cetakan Besar		1,69		1,69		Memegang Cetakan Besar
Mengangkat Cetakan Besar		1,5		1,5		Mengangkat Cetakan Besar
Mengambil Cetakan Dalam		1,19		1,19		Menunggu
Menyimpan Hasil Paving Block	63	2,89		2,89	63	Menyimpan Hasil Paving Block
Total	610	31,84		31,84	118	Total
RINGKASAN						
WAKTU SETIAP SIKLUS				31,84 [s]		
JUMLAH PRODUK TIAP SIKLUS				1 [buah]		
WAKTU UNTUK MEMBUAT 1 PRODUK				31,84 [s]		
WAKTU NORMAL				32,47 [s]		
WAKTU BAKU				39,6 [s]		
JUMLAH MIN PRODUK UNTUK 6 JAM KERJA				545 [Buah]		

Berdasarkan Tabel 2, diketahui bahwa jumlah elemen gerakan menjadi 22 elemen gerakan, dapat diartikan bahwa setelah terjadi perbaikan elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip gerakan dihubungkan terhadap tata letak bahan butir ke 3 telah dihilangkan, jelas hal tersebut dapat berpengaruh terhadap waktu standar yang ada. Selain itu jarak jangkauan seperti jarak dari cetakan ke semen merah, jarak dari cetakan ke semen halus, jarak dari cetakan ke dudukan dan jarak dari cetakan ke *storage* yang memiliki nilai dari lebih atau sama dengan 800 mm dapat diperpendek sesuai dengan jarak jangkauan optimal Standar Nasional Indonesia. Selain jarak jangkauan tersebut, jarak jangkauan yang lainnya pun ikut berkurang karena menyesuaikan terhadap perbaikan yang ada.

Menghilangkan elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan dan memperpendek jarak jangkauan mempengaruhi waktu standar dan *ouput* standar yang ada. Sesuai dengan Tabel 2 yang menjelaskan bahwa waktu standar berkurang dari 53,9 s menjadi 39,6 s, dan *output* standar bertambah dari 400 unit/hari menjadi 545 unit/hari. Menurut Atkinson et al (1995), Krajewski dan Ritzman (1998), produktivitas adalah perbandingan nilai output yang diproduksi dengan nilai input sumberdaya yang digunakan^[3]. Pertambahan *output* dapat mempengaruhi terhadap indeks produktivitas sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. Indeks Produktivitas

Indeks Produktivitas Total					
Perbaikan	Rata2 Produksi (unit/hari)	Tenaga Kerja	Waktu Kerja (menit)	Produktivitas	Indeks Produktivitas
a	b	c	d	$e = b/(cxd)$	$f = e/1,1 \times 100$
Sebelum Perbaikan	400	1	360,0	1,1	100
Setelah Perbaikan	545	1	360,0	1,5	136

Berdasarkan Tabel 3, dengan adanya peningkatan *output* dari 400 unit/hari menjadi 545 unit/hari Indeks produktivitas mengalami peningkatan sebesar 36%, dan peningkatan tersebut dapat juga mempengaruhi terhadap efisiensi kerja sebagaimana Tabel 4.

Tabel 4 Efisiensi kerja

Efisiensi Kerja					
Perbaikan	Rata2 Produksi (unit/hari)	Jam Kerja (Jam)	Output/jam (Wb= 53,9)	Kapasitas Efektive Kerja	Efisiensi
a	b	c	d	$e=b/(cxd)$	$f=(b/e)*100$
Sebelum Perbaikan	400	6	66,8	401	100
Setelah Perbaikan	545	6	66,8	401	136

Berdasarkan Tabel 3, dengan adanya peningkatan *output* dari 400 unit/hari menjadi 545 unit/hari efisiensi meningkat senilai 36%.

4. SIMPULAN

Simpulan penelitian studi kasus berupa:

- Kinerja industri manufaktur *paving block* PT.X meningkat dengan ditandai adanya peningkatan produktivitas dan efisiensi,
- Rancang bangun *workplace* baru mempengaruhi terhadap peningkatan produktivitas senilai 36% dan Efisiensi senilai 36%,
- Rancang bangun *workplace* baru menghilangkan elemen gerakan yang tidak sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja butir ke-3,
- Rancang bangun *workplace* baru mempengaruhi ukuran jarak jangkauan menjadi optimal (pendek) kurang dari 800 mm sesuai dengan SNI 03-1979-1990 Kementrian PU No.306/KTPS/1989,
- Rancang bangun *workplace* baru memperpendek waktu standar senilai 14,3 s, dan
- Pengurangan jarak jangkauan gerakan yang menjadi optimal mempengaruhi waktu standar kerja dari 53,9 s menjadi 39,6 s.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak-bapak: Dr. Belyamin, M.Sc, Eng., B.Eng., Mochammad Sholeh, S.T.,M.T., di Prodi S1-Terapan Teknik Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- I. Sitalaksana, R. Anggawisastra, and J. H. Tjakraatmadja, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB, 2006.
- R. Alifia, E. S. M. Santoso, and N. Hidayat, "Perbaikan Metode Kerja di Bagian Pelinting Rokok dengan Menggunakan Studi Gerak dan Waktu untuk meningkatkan Efisiensi Kerja (Studi Kasus di P.R Sumber Rejeki Wajak Malang)," *J. Univ. Brawijaya-Teknik Pertan.*, vol. 5, no. 2, pp. 95–105, 2004.
- M. R. Muhamad, W. Hasrulnizam, and W. Mahmood, "Productivity Improvement Through Motion and Time Study," in *Management of Technology and Technology Entrepreneurship (MOTTE 2005)*, 2005, no. June, pp. 1–14.
- A. S. N. Reddy, P. S. Rao, and G. Rajyalakshmi, "Productivity Improvement Using Time Study Analysis in A Small Scale Solar Appliances Industry- A Case Study," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 666–674, 2016.
- N. Sukma, A. Hidayat, and S. Anggarini, "Analisis Pengukuran Waktu Kerja dengan Metode Pengukuran Kerjas Secara Langsung pada Bagian Pengemasan PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk.," *J. Univ. Brawijaya-Teknik Pertan.*, 2013.

RANCANGAN MODIFIKASI *SNUB PULLEY BELT CONVEYOR L21-BC2* UNTUK MEMUDAHKAN PELUMASAN DAN PENGGANTIAN *BEARING*

Muchammad Bagus Efrizal, Mochammad Sholeh

1. Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta
2. Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

Abstrak

Salah satu equipment vital pada proses transport material di sebagian besar industri adalah belt conveyor. Di pabrik semen, hampir semua area pasti terdapat belt conveyor. Belt conveyor berfungsi untuk mentransport material dari satu tempat ke tempat yang lain.

Salah satunya yaitu belt conveyor L21-BC2, belt conveyor ini merupakan jalur utama raw coal untuk bahan bakar Pabrik Tuban 1 dan Pabrik Tuban 2, untuk itu terhentinya belt conveyor pada jalur ini harus diminimalkan. Oleh karena itu, untuk menghindari insiden yang tidak diharapkan, preventive maintenance yaitu pelumasan pada bearing snub pulley harus selalu dilakukan secara berkala. Akses yang mudah dalam pelumasan bearing snub pulley menjadi salah satu faktor dilakukannya preventive maintenance. Permasalahannya adalah sebagian besar di Pabrik Tuban, snub pulley terdapat di dalam casing yang tidak ada akses baik untuk pelumasan atau pengecekan snub pulley, sehingga dalam beberapa kasus seperti bearing macet hingga ambrol harus menonaktifkan belt conveyor, dan dalam penggantian bearingnya membutuhkan waktu yang cukup lama hingga memakan waktu satu hari karena harus melewati 3 proses yaitu proses pelepasan snub pulley, dilanjutkan penggantian bearing, dan terakhir baru pemasangan snub pulley kembali. Hal ini dapat mengganggu proses transport raw coal.

Dengan dilakukannya perubahan desain pada snub pulley pelumasan bearing snub pulley menjadi mudah dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian menjadi lebih cepat.

Kata Kunci : *belt conveyor, snub pulley, bearing,*

Abstract

One of the vital equipment in material transport process in most industries is belt conveyor. At the cement plant, almost all areas must have conveyor belts. Belt conveyor serves to transport material from one place to another.

One of them is belt conveyor L21-BC2, belt conveyor is the main line of raw coal for fuel Tuban 1 and Tuban 2 Factory, for that conveyor belt cessation in this path must be minimized. Therefore, to avoid unexpected incidents, preventive maintenance of lubrication in the bearing snub pulley should always be done periodically. Easy access in lubrication bearing snub pulley becomes one of the factors doing preventive maintenance. The problem is mostly in the Tuban plant, the snub pulley is contained in the casing which has no access for either lubrication or snub pulley checking, so in some cases such as bearing jams until the ambrol has to deactivate the conveyor belt, and in replacement the bearing takes a long time to Takes one day because it must pass through 3 process that is process of snub pulley release, continued replacement of bearing, and lastly new snub pulley back. This can disrupt the raw coal transport process.

With the change of design on the snub pulley lubrication bearing snub pulley becomes easy and the time required to do things faster.

Keywords: *belt conveyor, snub pulley, bearing,*

1. PENDAHULUAN

Belt Conveyor merupakan alat transport yang pada umumnya digunakan setiap pabrik untuk mempermudah pemindahan material dari suatu tempat ke tempat yang lain, baik secara mendatar ataupun dengan kemiringan tertentu [1]. *Belt conveyor* bergerak karena adanya motor yang mentransmisikan dayanya ke head pulley, kemudian head pulley menarik belt dengan arah gerakan sesuai dengan arah head pulley. Dibagian belakang belt conveyor terdapat tail pulley yang berfungsi untuk meringankan beban yang ditarik head pulley.

Pada bagian head station dan tail station terdapat snub pulley yang memiliki fungsi untuk menjaga agar tidak terjadi slip pada belt conveyor ketika sedang beroperasi. Peristiwa slip pada belt conveyor harus dihindari karena dapat menyebabkan terganggunya jalannya transportasi material, sehingga snub pulley harus selalu terpasang dan terawat dengan baik [2]. Perawatan berkala dilakukan untuk memastikan kondisi snub pulley tetap dalam kondisi baik. Perawatan pada snub pulley dilakukan dengan cara running inspection dan stop inspection [3]. Running inspection merupakan perawatan yang

dilakukan pada saat equipment running, misalnya adalah pelumasan bearing secara rutin. Sedangkan stop inspection adalah perawatan yang dilakukan ketika equipment dalam kondisi stop, misalnya penggantian bearing snub pulley. Salah satu faktor penunjang perawatan adalah desain equipment yang ada di lapangan harus mempermudah proses perawatan. Jika desain di lapangan tidak mendukung dilakukannya perawatan, maka hasilnya tidak akan maksimal.

Di PT. Holcim Indonesia Pabrik Tuban, sebagian besar snub pulley terletak didalam casing head station, sehingga snub pulley tidak terlihat dari luar casing dan menyebabkan perawatan yang dilakukan tidak maksimal. Pada saat running inspection, proses pelumasan tidak dapat dilakukan karena jalur pelumasan yang terhalang casing, sehingga diperlukan adanya jalur untuk proses pelumasan. Jika pelumasan secara rutin tidak bisa dilakukan, maka bearing snub pulley akan rusak. Sedangkan ketika terjadi kerusakan pada bearing, penggantian bearing snub pulley membutuhkan waktu yang cukup lama karena penggantian bearing hanya bisa dilakukan dengan membuka casing terlebih dahulu selanjutnya snub pulley baru bisa dilepas. Pelepasan snub pulley dari dalam casing sangat berpotensi menyebabkan seseorang jatuh kedalam chute, maka diperlukannya modifikasi pada snub pulley dengan bearing yang terletak di luar casing untuk mempermudah proses pelumasan pada bearing dan mempercepat penggantian bearing serta dapat meminimalkan resiko kecelakaan kerja.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisa Kebutuhan

Berisi tentang identifikasi masalah, survey lapangan, dan mengumpulkan informasi tentang apa saja yang akan diperlukan untuk rancang bangun ini.

2.2 Mekanisme Alat

Membuat rancangan bagaimana alat tersebut bekerja dan menentukan apa saja yang diperlukan untuk alat tersebut dapat bekerja dengan baik.

2.3 Perhitungan Material

Sebagai tindak lanjut dari perancangan mekanisme alat, dengan menghitung jumlah material yang akan dibuat atau dibeli. Menentukan ukuran masing-masing material, seberapa banyak material yang diperlukan dan kapasitas alat yang akan beroperasi.

2.4 Gambar Kerja

Membuat diagram kerja alat menjadi nyata dengan memperhatikan perhitungan-perhitungan yang telah dibuat di lapangan.

2.5 Pemasangan Alat

Proses perakitan alat-alat yang telah dibeli atau dibuat menjadi serangkaian sistem yang dapat bekerja dengan baik

2.6 Uji Alat

Yaitu proses pengecekan alat apakah dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Dan juga sebagai proses evaluasi terhadap kualitas alat yang dibuat

2.7 Kesimpulan

Menyimpulkan seluruh rangkaian kegiatan yang telah dilaksanakan serta memastikan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dan memberi manfaat yang signifikan terhadap proses operasional mesin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

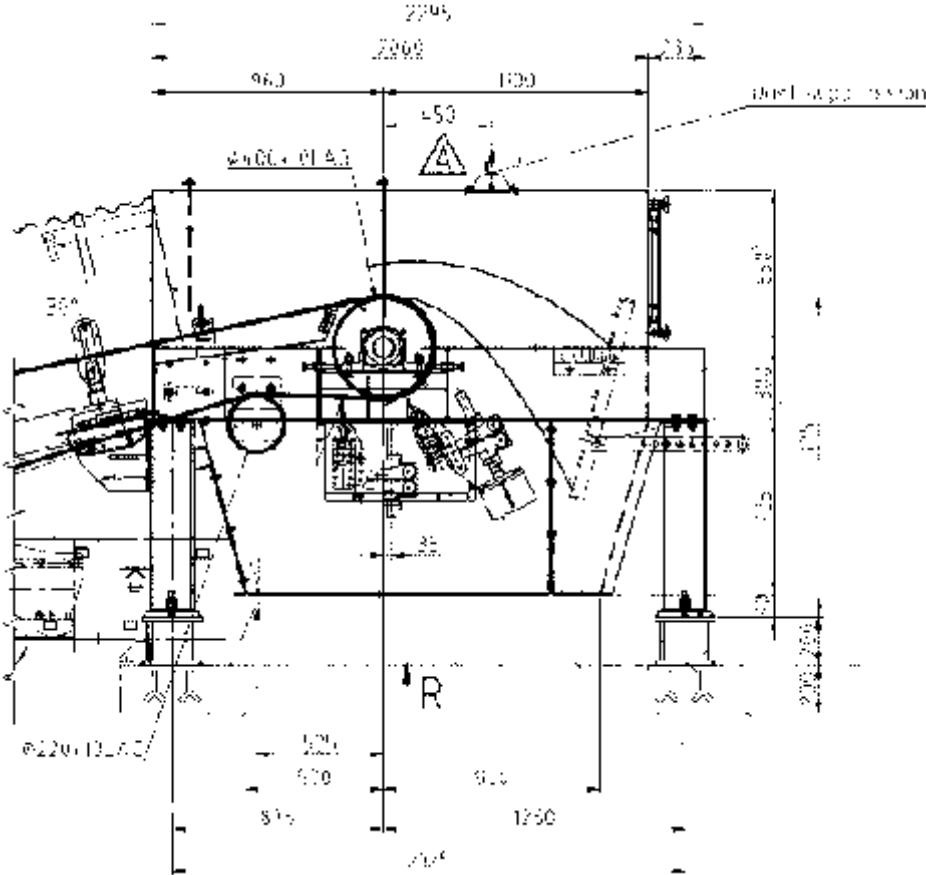
3.1 Analisa Kebutuhan

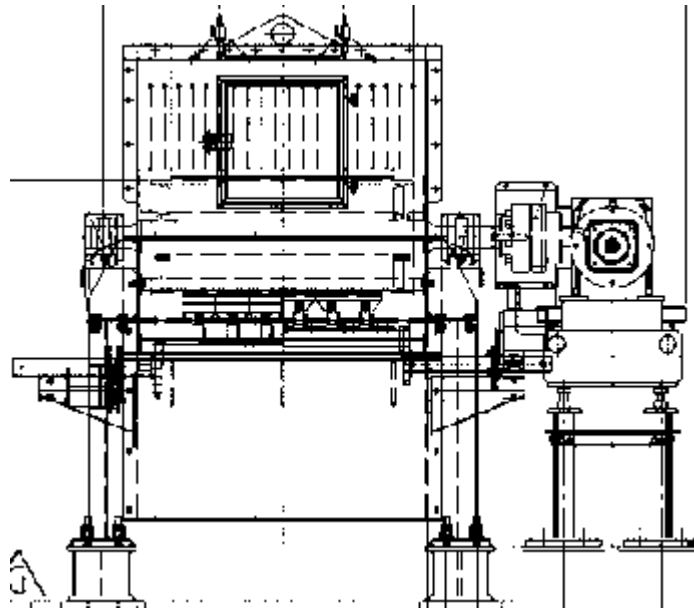
Konsumen (Mechanic Raw Mill and Kiln Tuban 1) menginginkan kemudahan dalam melakukan pelumasan pada bearing dan penggantian bearing Snub Pulley pada mesin L21-BC2. Hal ini dikarenakan Snub Pulley terdapat di dalam casing head station, sehingga menyebabkan tidak adanya akses untuk pelumasan bearing, karena sebagian besar snub pulley di Tuban Plant terhalang oleh plat body cover. Sedangkan pada saat breakdown untuk melakukan penggantian bearing membutuhkan waktu yang lama. Lamanya waktu penggantian bisa memakan waktu hingga 8 jam, karena harus melepas snub pulley terlebih dahulu yang ada di dalam casing. Pelepasan snub pulley juga berpotensi bahaya, karena dapat menyebabkan orang masuk kedalam chute. Oleh karena itu, dengan diadakannya modifikasi dengan memperpanjang shaft dan bearing yang berada di luar casing diharapkan dapat mempermudah proses pelumasan dan penggantian bearing snub pulley.



Gambar 1 . Kondisi Head Station Sebelum Di Modifikasi

3.2 Mekanisme Alat





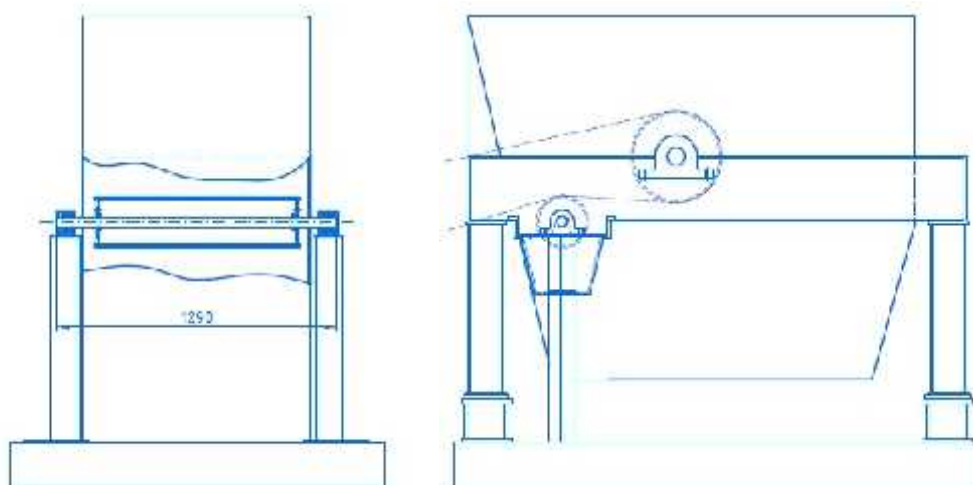
Gambar 2 . Gambar Susunan Sebelum di Modifikasi

Snub pulley sebelum di modifikasi terletak didalam casing head station dan terpasang pada plat yang dipasang pada dinding casing. Untuk akses pelumasannya hanya salah satu casing yang di lubangi, sedangkan sisi lainnya tidak terdapat akses untuk pelumasan bearing, karena terhalang oleh Reducer. Sehingga bearing sisi yang tidak terlumasi menjadi macet. Karena tidak adanya akses untuk melihat secara visual kondisi didalamnya, maka hanya suara abnormal dari bearing menjadi salah satu tanda bahwa bearing dalam kondisi tidak baik. akibatnya poros terkikis setengah dari ukuran diameternya.



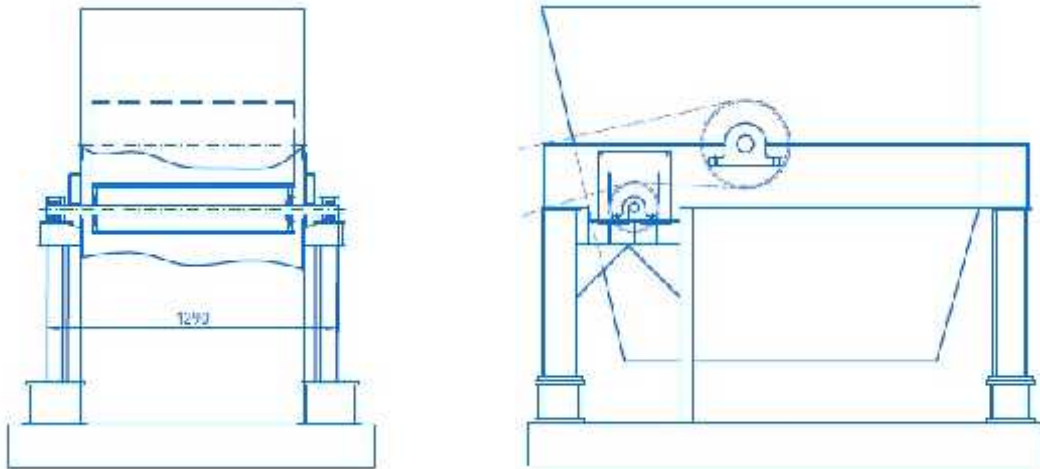
Gambar 3 . Poros Yang Terkikis *Bearing*

3.3 Konsep Modifikasi



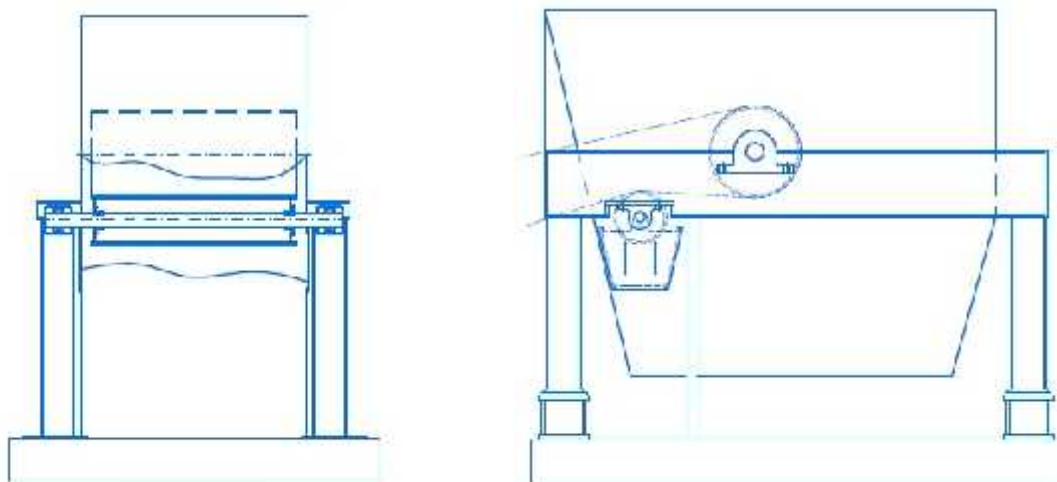
Gambar 4 . Konsep Pertama

Desain pertama adalah memperpanjang poros dengan bearing yang terdapat di luar casing body dengan mainhole terletak di samping dudukan portable sehingga saat pemasangan snub pulley tanpa harus mengangkat belt.



Gambar 5 . Konsep Kedua

Desain kedua adalah memperpanjang poros dengan bearing yang terdapat di luar casing body dengan mainhole terletak sejajar dengan bearing guna mempermudah pengecekan kondisi snub pulley saat running inspection.



Gambar 6 . Konsep Ketiga

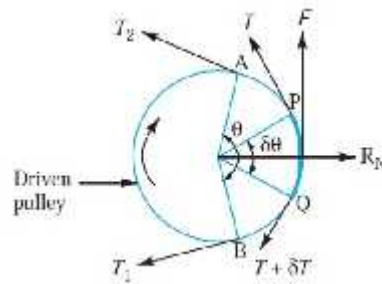
Desain ketiga adalah memperpanjang poros dengan bearing yang terdapat di luar casing body dengan mainhole terletak dibawah bearing yang menggantung. Ini berfungsi untuk memudahkan pemasangan snub pulley dan pengecekan saat running inspection.

3.4 Perhitungan Teknik

Poros snub pulley berfungsi sebagai dudukan snub pulley yang di tumpu oleh dua buah bearing. Untuk memodifikasi bagian ini perlu diperhatikan pemilihan material agar kekuatan konstruksi kuat menahan beban yang diterima. Hal yang perlu diperhitungkan untuk pemilihan adalah sebagai berikut.

1. Tegangan Belt

Besarnya gaya tegang dalam sabuk menentukan besarnya momen puntir yang dapat ditransmisikan.



Gambar 7 . Tegangan Pada Belt

Perhitungan transmisi sabuk :

$$P = (T_1 - T_2) \times v \quad \text{[Persamaan.1]}$$

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \theta \times \mu$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\theta \times \mu}$$

Keterangan:

P = Power (W)

T₁ = Tegangan tarik belt bagian atas (N)

T₂ = Tegangan tarik belt bagian atas (N)

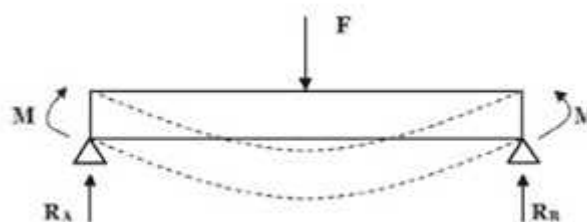
v = Kecepatan ($\frac{m}{s^2}$)

θ = Sudut kontak (rad)

μ = Koefisiengesek

e = Bilangan Natural (2,71828)

2. Tegangan Kombinasi Bengkok dan Puntir



Gambar 8 . Tegangan Kombinasi

Tegangan yang terjadi pada poros ialah kombinasi antara bengkok dan puntir. Tegangan bengkok terjadi karena adanya poros menumpu *snub pulley* dan puntir adalah akibat dari pergerakan belt yang memutar *snub pulley*.

Maka untuk mencari ukuran diameter rumus yang diperlukan adalah :

$$\sigma_b = \sigma_t, \tau_p = \tau_g$$

$$\sigma_b = \frac{32M}{\pi D^3}, \tau_p = \frac{16T}{\pi D^3}$$

$$\sigma_b komb = \frac{1}{2} \left(\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau_p^2} \right)$$

$$\sigma_b komb = \frac{1}{2} \left(\frac{32M}{\pi D^3} + \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi D^3} \right)^2 + 4 \left(\frac{16T}{\pi D^3} \right)^2} \right)$$

$$\sigma_b komb = \frac{1}{2} \cdot \frac{32}{\pi D^3} \cdot (M + \sqrt{M^2 + T^2})$$

$$\left(\sigma_b \cdot \frac{32}{\pi D^3} \right) komb = \frac{1}{2} (M + \sqrt{M^2 + T^2})$$

$$M komb = \frac{1}{2} (M + \sqrt{M^2 + T^2})$$

$$M komb = \frac{\pi D^3}{32} \cdot \sigma_t$$

$$\tau_p komb = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau_p^2}$$

$$\tau_p komb = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi D^3} \right)^2 + 4 \left(\frac{16T}{\pi D^3} \right)^2}$$

$$\tau_p komb = \frac{32}{2\pi D^3} \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$\tau_p komb = \frac{16}{\pi D^3} \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$\left(\tau_p \cdot \frac{\pi D^3}{16} \right) komb = \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$T komb = \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$T komb = \frac{\pi D^3 \tau_p}{16}$$

3. Faktor Keamanan

Faktor keamanan ini merupakan wujud kepedulian terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Faktor keamanan ini berfungsi untuk menentukan seberapa aman material tersebut di bebani. Di bawah ini merupakan tabel dari faktor keamanan berdasarkan pembebanan yang diterima material.

Tabel 1 . Faktor Keamanan

Bahan	Beban Diam	Beban Dinamis	Beban Kejut
Besi tuang	5 – 6	8 – 12	16 – 20
Besi tempa	4	7	10 – 15
Baja	4	8	12 – 16
Baja lunak paduan	6	9	15
Karet	9	12	15
Kayu	7	10 - 15	20

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini rancangan modifikasi *snub pulley belt conveyor* L21-BC2 untuk memudahkan pelumasan dan penggantian *bearing* didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Untuk mempermudah pelumasan dan penggantian *bearing* pada *snub pulley belt conveyor* L21-BC2, diperlukan modifikasi desain pada porosnya dengan memperpanjang ukurannya dan *bearing* yang pada desain awal terletak di *snub pulley* di pindahkan menjadi di luar casing. Dengan demikian pelumasan *bearing* dapat dilakukan dengan mudah sesuai *checklist* yang ada. Dan juga untuk penggantian *bearing* tidak memerlukan waktu lama. Waktu yang dibutuhkan untuk mengganti *bearing* terdapat diluar casing kurang lebih sekitar 4 jam, sedangkan *bearing* yang terletak di *snub pulley* untuk menggantinya membutuhkan waktu sekitar 8 jam.
- b. Rancangan modifikasi *snub pulley belt conveyor* L21-BC2 ini menghasilkan gambar kerja yang baru dan bisa diaplikasikan tidak hanya pada alat ini saja.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, PT Holcim Indonesia Pabrik Tuban, dan seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Fenner Dunlop. (2009), "*Conveyor Handbook*." http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/dangnh/file/5_Fenner%20Dunlop_%202009_%20Conveyor%20Handbook.pdf (diakses 9 Desember 2016 : 17.30)
2. PCI. (2014), "*Pulley Selection Guide*." http://www.pcimfg.com/wp-content/uploads/2014/11/PCI_Pulley_Selection_Guide_2014.pdf (diakses 9 Desember 2016 : 16.00)
3. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/aan-ardian-mpd/2c-handout-perawatan-dan-perbaikan-mesin.pdf> (diakses 15 Desember 2016 : 11.08)

ANALIS KINERJA *MULTI EFFECT DESALINATION* TERHADAP PRODUK YANG DIHASILKAN

Argi Leksono¹, Cecep Slamet Abadi²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok, 16425 Indonesia

Tel : (62-21) 7863530, Fax : (62-21) 7863530

Email : argi.leksono1@gmail.com

Abstrak

Di dalam siklus Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap dibutuhkan air demineralisasi, yaitu agar alat-alat pada sistem tidak terjadi korosi. Sebelum memperoleh air demineralisasi terlebih dahulu yang dibutuhkan adalah air tawar. Air tawar memiliki banyak fungsi pada Pembangkit Listrik yaitu untuk dijadikan air demineralisasi, tanki pemadam kebakaran dan kebutuhan umum. Desalination adalah alat yang berfungsi merubah air laut menjadi air tawar, sehingga peran desalination sangat penting dalam siklus pembangkitan.

Penelitian bertujuan untuk menganalisis kinerja Multi Effect Desalination (MED) dengan cara mengamati dan menganalisis peralatan, proses, dan data pada log sheet. Adapun peralatan utama pada desalination tersebut adalah Main Ejector, Vent Ejector, Condenser, Chemichal Injection. Proses pada desalination yaitu evaporasi dan kondensasi. Data log sheet digunakan untuk menghitung kinerja desalination dan untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan.

Setelah melakukan analisis, maka didapatkan hasil yaitu pengaruh kenaikan atau penurunan kinerja terhadap kualitas air tawar yang dihasilkan dan juga mengetahui parameter penting yang mempengaruhi kinerja MED. Dengan demikian dapat meningkatkan kinerja desalination plant dan kualitas air tawar yang dihasilkan.

Kata Kunci : Chemichal Injection, Condenser, Desalination, Demineralisasi, Main Ejector.

Abstract

In cycle of Gas Turbine Power Plant it needs demineralization water, So that equipment on the system does not occur corrosion. Before getting demineralization water the first needed is freshwater. Freshwater has many function in cycle of Gas Turbine Power Plant such as to make a demineralized water, fire fighting water tank, and general activity. Desalination is a plant that serves to convert sea water into fresh water so that very important in the cycle of Gas Turbine Power Plant.

The purpose of this study is to analyze the Performance of Multi Effect Desalination by observing and analyzing the equipment, processes, and data on the log sheets. The main tools in Desalination are Main Ejector, Vent Ejector, Condenser, Chemichal Injection. The Desalination process is evaporation and condensation. A log data sheet is used to calculate Desalination Performance and to determine the parameters that most affect the Products produced.

After completing the analysis, the results obtained are the effect of increase or decrease in the Performance of freshwater quality produced and also to know the parameters of the mportant parameters that affect the Performance of the Multi Effect Desalination. Thus it can improve the Desalination plant Performance and the freshwater quality.

Keyword : Chemichal Injection, Condenser, Desalination, Demineralization, Main Ejector,

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) membutuhkan air demineralisasi, hal tersebut dilakukan agar peralatan pada siklus PLTU tidak korosi. Sebelum memperoleh air demineralisasi terlebih dahulu diperlukan air tawar. Dikarenakan sulitnya memperoleh air tawar dalam jumlah besar, maka di dalam unit pembangkit tenaga uap peran desalinasi sangat diperlukan untuk penyediaan air tawar sebagai bahan baku produksi listrik [1].

Desalinasi adalah proses menghilangkan mineral terlarut dari air garam untuk menghasilkan air tawar. Proses terpenting dari desalinasi digerakkan oleh energi termal yaitu *Multi Stage Flash* (MSF) dan *Multi Effect Desalination* (MED). Proses desalinasi yang digerakkan listrik adalah *Reverse Osmosis* (RO) dan *Electroyialisis* (ED). di seluruh dunia kapasitas desalinasi yang terpasang dengan menggunakan RO sekitar 56%, sedangkan 37% adalah menggunakan desalinasi termal [2].

Kinerja *desalination plant* dapat dinilai dari beberapa faktor seperti peralatan utama, peralatan bantu, proses kerja, dan pengoperasiannya. Adapun peralatan utama pada *MED plant* yaitu *Main Ejector*, *Vent*

Ejector, Condenser, dan Chemical Injection. Proses kerja pada *Desalination plant* yaitu Kondensasi dan Evaporasi.

Kenaikan atau penurunan kinerja *desalination* berpengaruh besar terhadap kualitas produk yang dihasilkan juga biaya produksi air tawar *desalination plant*, sehingga *Performance test Desalination multi effect* harus dilakukan tiap bulan untuk mengoptimalkan produksi air tawar *Desalination multi effect*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ditemukan dalam analisis ini adalah:

1. Bagaimana kinerja *MED plant* di PLTU MK pada kondisi 100% beban operasi?
2. Bagaimana pengaruh kinerja *MED plant* terhadap produk yang dihasilkan di PLTU MK pada kondisi komisioning dengan kondisi operasi?
3. Apakah faktor yang paling penting dalam kinerja *Multi Effect Desalination* di PLTU MK?

1.3. Tujuan

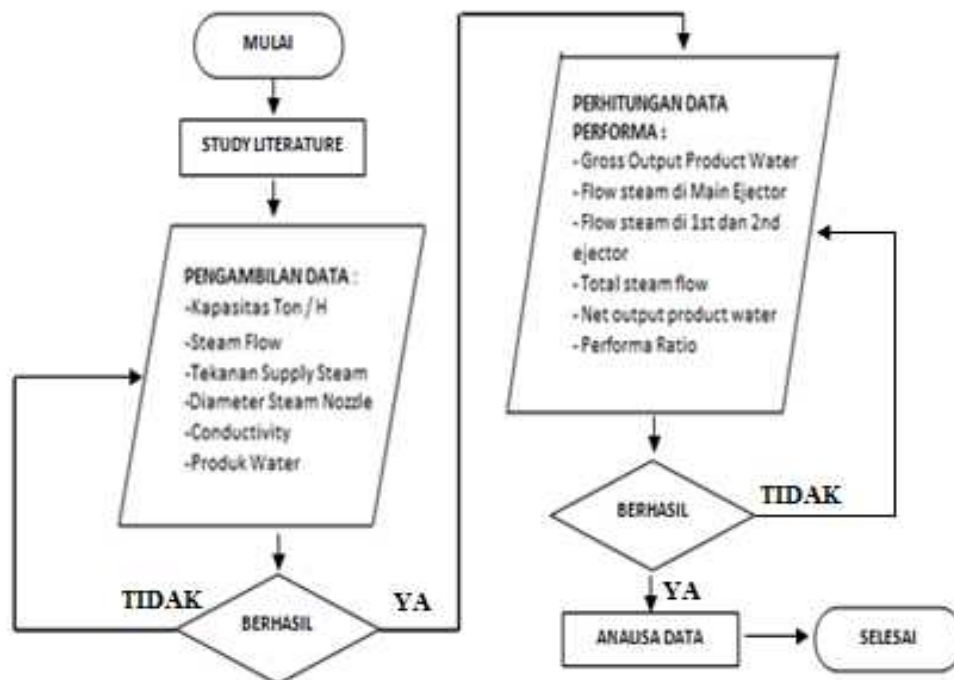
Adapun tujuan dalam analisis ini adalah :

1. Mengetahui kinerja *MED* di PLTGU MK.
2. Mengetahui pengaruh kinerja *MED* terhadap produk yang dihasilkan.
3. Mengkaji faktor-faktor penting pengaruh kinerja terhadap kualitas dan ekonomis produk yang di hasilkan di PLTGU MK.

2. METODE PENELITIAN

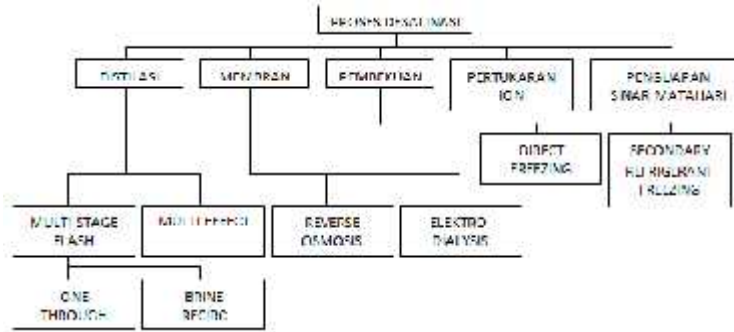
2.1. Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian sebagaimana Gambar 1. Penelitian dimulai dengan *study literature* tentang *MED*, kemudian setelah melakukan *study literature* tentang *Desalination* dilanjutkan dengan pengambilan data yang diperlukan untuk kinerja tes. Data Setelah data yang dibutuhkan lengkap baru bisa lanjut ke tahap selanjutnya yaitu Perhitungan data untuk *Performance test*. Analisis dilakukan setelah perhitungan telah berhasil, analisis menghasilkan pengaruh kinerja *desalination* terhadap produk yang dihasilkan.



Gambar. 1 Diagram Alir Penelitian

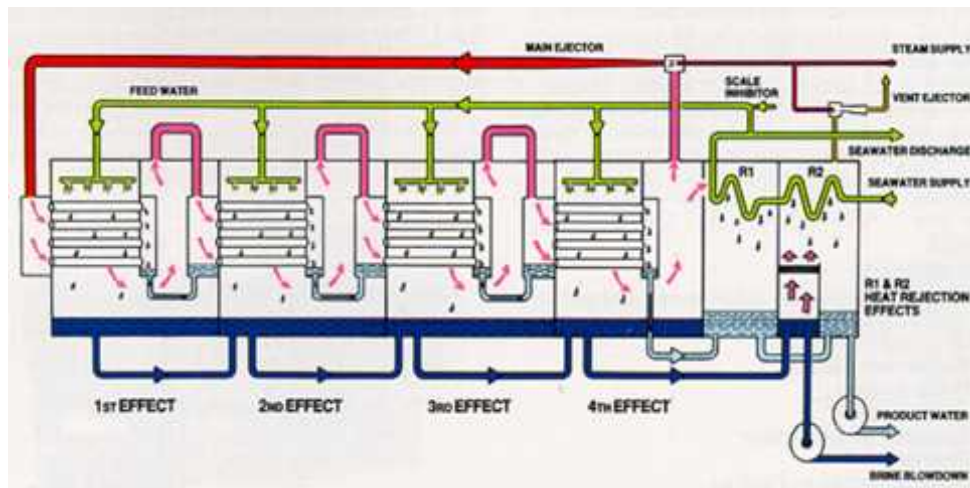
2.2. Desalination Plant



Gambar. 2 Teknologi Desalination [1]

2.3. Multi Effect Desalination

MED adalah suatu proses yang terdiri dari beberapa *flash chamber* yang di sebut “*effect*”. Dalam proses ini, hanya efek pertama yang dialiri *steam* dari *boiler* dan efek kedua dan selanjutnya memperoleh *steam* yang diproduksi oleh efek sebelumnya.



Gambar. 3 Effect Reheat Process Flow Diagram [3]

2.4. Performance Test

Performance test digunakan untuk memonitor operasi, sehingga dapat diketahui *Performance Desalination plant* setiap bulan dan sebagai bahan evaluasi jika *desalination plant* mengalami ketidak normalan operasi. *Desalination plant* dioperasikan dengan *load setter* 100% dan dalam kondisi *steady state*. *Recording* data sesuai form yang telah tersedia [4].

2.4.1. Gross Output Product Water

Gross Output Product Water adalah rata-rata produksi air tawar pada *desalination* tiap waktu yang ditentukan.

$$W_{pg} = \frac{W_{q2} - W_{q1}}{t} \quad [\text{Persamaan 1}]$$

dengan:

- W_{q1} : Totalizer akhir (ton)
- W_{q1} : Totalizer awal (ton)
- t : lama pengetesan (jam)

2.4.2. Flow Steam di Main Ejector

$$W_{ME} = 0,59 \times C \times d1^2 \sqrt{\frac{P1}{V1}} \quad [\text{Persamaan 2}]$$

dengan:

- W_{ME} : *Steam flow* (kg/jam) ke *main ejector*
- C : *Flow efficient* (0,95)
- $d1$: *Diameter steam nozzle main ejector* (42.4 mm)
- $P1$: *Tekanan supply steam* (bar Abs)
- $V1$: *Specific volume steam* m³/kg

2.4.3. *Flow Steam di 1st dan 2nd Ejector*

$$W_{VE} = 0,59 \times C \times d2^2 \sqrt{\frac{P1}{V1}} + d3^2 \sqrt{\frac{P1}{V1}} \quad [\text{Persamaan 3}]$$

dengan:

- W_{VE} : *Steam flow*(kg/jam) ke *1st dan 2nd ejector*
- C : *Flow coefficient* (0.95)
- $d2$: *Diameter steam nozzle 1st ejector* (12.3 mm)
- $d3$: *Diameter steam nozzle 2nd ejector* (13.3 mm)
- $P1$: *Tekanan supply steam* (bar Abs)
- $V1$: *Specific volume steam*

2.4.4. *Total Steam Flow*

$$W_{SG} = W_{SM} + S_{SV} \quad [\text{Persamaan 4}]$$

dengan:

- W_{SG} : *Jumlah total steam*
- W_{SM} : *Steam flow* ke *main ejector*
- S_{SV} : *Steam flow* ke *1st dan 2nd ejector* (tidak dipakai)

2.4.5. *Net Output Product Water*

$$W_{PN} = W_{PG} - W_{SG} \quad [\text{Persamaan 5}]$$

dengan:

- W_{PN} : *Net Output Product water*
- W_{PG} : *Gross Output Product water*
- W_{SG} : *Jumlah total steam*

2.4.6. *Performance Ratio*

$$PR = \frac{W_{PN}}{W_{SG}} = \frac{20.45}{2.85} = 7.14 \quad [\text{Persamaan 6}]$$

dengan:

- W_{PN} : *Net Output Product water*
- W_{SG} : *Jumlah total steam*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Performance MED Plant MK*

Performance Test MED plant dilakukan dengan 6 pengujian dengan perbedaan waktu uji kinerja, yaitu pada Bulan Januari 2017 sampai dengan Juni 2017. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh kinerja *MED* terhadap produk yang dihasilkan yaitu air tawar. Hasil kinerja diukur dengan standar *performance desalination* yang ada pada *Manual Book Desalination “Desalination Test Performance Procedure”*. Berikut adalah design dan standar kinerja *MED plant*.

Tabel. 1 Desain standar parameter *performance test* [4]

No.	Parameter	Design
1	<i>Gross outpot Product water</i>	24 Ton / Hours
2	<i>Net Output Product water</i>	>20 Ton / Hours
3	<i>Performance Ratio</i>	> 6.0
4	<i>Product Water Temperature</i>	< 40°C
5	<i>Conductivity</i>	< 20 ms
6	<i>TDS</i>	<10 ppm

3.2. *Performance Test Bulan Januari 2017*

Performance Test digunakan untuk memonitor operasi, sehingga dapat diketahui *Performance desalination plant* setiap bulan dan sebagai bahan evaluasi jika *desalination plant* mengalami ketidaknormalan operasi. *Performace test* dilakukan dalam kondisi *steady state* dan beban 100%. Hasil dari pengujian pada bulan Januari 2017 dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel. 2 Hasil Perhitungan *Performance Test* Bulan Januari 2017

No.	Parameter	Hasil	Judgement
1	<i>Gross Output Product water</i>	21,9 t/h	91,25%
2	<i>Net Output Product water</i>	19 t/h	Bad
3	<i>Perfomance Ratio</i>	6,46	Good
4	<i>Product Water Temperature</i>	42 °C	Bad
5	<i>Conductivity</i>	9,50 m/s	Good
6	<i>TDS</i>	5,7 ppm	Good

3.3. *Performance Test Bulan Februari 2017*

Performance Test digunakan untuk memonitor operasi, sehingga dapat diketahui *Performance desalination plant* setiap bulan dan sebagai bahan evaluasi jika *desalination plant* mengalami ketidaknormalan operasi. *Performace test* dilakukan dalam kondisi *steady state* dan beban 100%. Hasil dari pengujian pada bulan Februari 2017 dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel. 3 Hasil Perhitungan *Performance Test* Bulan Februari 2017

No.	Parameter	Hasil	Judgement
1	<i>Gross Output Product water</i>	23,8 t/h	99,17%
2	<i>Net Output Product water</i>	21 t/h	Good
3	<i>Perfomance Ratio</i>	7,48	Good
4	<i>Product Water Temperature</i>	42 °C	Bad
5	<i>Conductivity</i>	3,70 m/s	Good
6	<i>TDS</i>	1,7 ppm	Good

3.4. *Performance Test Bulan Maret 2017*

Performance Test digunakan untuk memonitor operasi, sehingga dapat diketahui *Performance desalination plant* setiap bulan dan sebagai bahan evaluasi jika *desalination plant* mengalami ketidaknormalan operasi. *Performance test* dilakukan dalam kondisi *steady state* dan beban 100%. Hasil dari pengujian pada bulan Maret 2017 dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel. 4 Hasil Perhitungan *Performance Test* Bulan Maret 2017

No.	Parameter	Hasil	Judgement
-----	-----------	-------	-----------

1	<i>Gross Output Product water</i>	23,1 t/h	96,25%
2	<i>Net Output Product water</i>	20,2 t/h	<i>Good</i>
3	<i>Perfomance Ratio</i>	6,83	<i>Good</i>
4	<i>Product Water Temperature</i>	42°C	<i>Bad</i>
5	<i>Conductivity</i>	4,6 m/s	<i>Good</i>
6	<i>TDS</i>	4,4 ppm	<i>Good</i>

3.5. *Performance Test Bulan April 2017*

Performance Test digunakan untuk memonitor operasi, sehingga dapat diketahui *Performance desalination plant* setiap bulan dan sebagai bahan evaluasi jika *desalination plant* mengalami ketidaknormalan operasi. *Performace test* dilakukan dalam kondisi *steady state* dan beban 100%. Hasil dari pengujian pada bulan April 2017 dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel. 5 Hasil Perhitungan *Performance Test* Bulan April 2017

No.	Parameter	Hasil	Judgement
1	<i>Gross Output Product water</i>	24,2 t/h	96,25%
2	<i>Net Output Product water</i>	21,2 t/h	<i>Good</i>
3	<i>Perfomance Ratio</i>	7,19	<i>Good</i>
4	<i>Product Water Temperature</i>	41°C	<i>Bad</i>
5	<i>Conductivity</i>	4,17 m/s	<i>Good</i>
6	<i>TDS</i>	2,1 ppm	<i>Good</i>

3.6. *Performance Test Bulan Mei 2017*

Performance Test digunakan untuk memonitor operasi, sehingga dapat diketahui *Performance desalination plant* setiap bulan dan sebagai bahan evaluasi jika *desalination plant* mengalami ketidaknormalan operasi. *Performace test* dilakukan dalam kondisi *steady state* dan beban 100%. Hasil dari pengujian pada bulan Mei 2017 dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Perhitungan *Performance Test* Bulan Mei 2017

No.	Parameter	Hasil	Judgement
1	<i>Gross Output Product water</i>	23,9 t/h	96,25%
2	<i>Net Output Product water</i>	20,9 t/h	<i>Good</i>
3	<i>Perfomance Ratio</i>	7,08	<i>Good</i>
4	<i>Product Water Temperature</i>	41°C	<i>Bad</i>
5	<i>Conductivity</i>	4,31 m/s	<i>Good</i>
6	<i>TDS</i>	2,2 ppm	<i>Good</i>

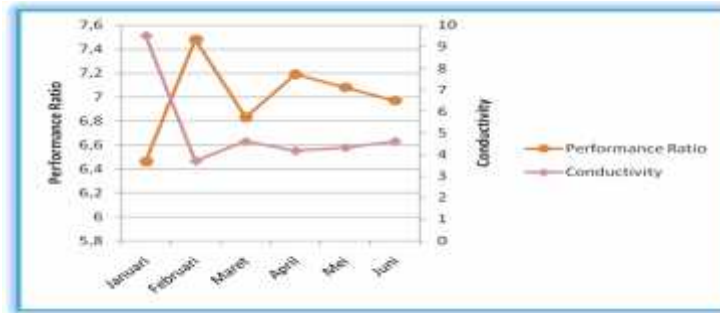
3.7. *Performance Test Bulan Juni 2017*

Performance Test digunakan untuk memonitor operasi, sehingga dapat diketahui *Performance desalination plant* setiap bulan dan sebagai bahan evaluasi jika *desalination plant* mengalami ketidaknormalan operasi. *Performace test* dilakukan dalam kondisi *steady state* dan beban 100%. Hasil dari pengujian pada bulan Juni 2017 dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel. 7 Hasil Perhitungan Performa Test Bulan Juni 2017

No.	Parameter	Hasil	Judgement
1	<i>Gross Output Product water</i>	23,5 t/h	96,25%
2	<i>Net Output Product water</i>	20,6 t/h	<i>Good</i>
3	<i>Perfomance Ratio</i>	6,97	<i>Good</i>
4	<i>Product Water Temperature</i>	41°C	<i>Bad</i>
5	<i>Conductivity</i>	4,6 m/s	<i>Good</i>
6	<i>TDS</i>	2,3 ppm	<i>Good</i>

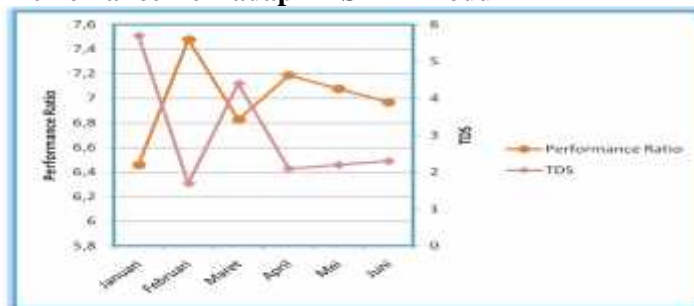
3.8. Grafik Pengaruh kinerja (*Performance*) terhadap konduktivitas (*Conductivity*) Air Produk



Gambar 1 Grafik Pengaruh *Performance* terhadap konduktivitas Air Produk

Dari Gambar 1 diketahui pengaruh *Performance Ratio* terhadap *Conductivity* adalah berbanding terbalik, dapat dilihat ketika nilai *Performance Ratio* “Turun” nilai *Conductivity* “Naik” selanjutnya ketika *Performance Ratio* “Turun”, maka nilai *Conductivity* “Naik”. Jadi hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *Performance Ratio* berbanding terbalik dengan nilai *Conductivity*.

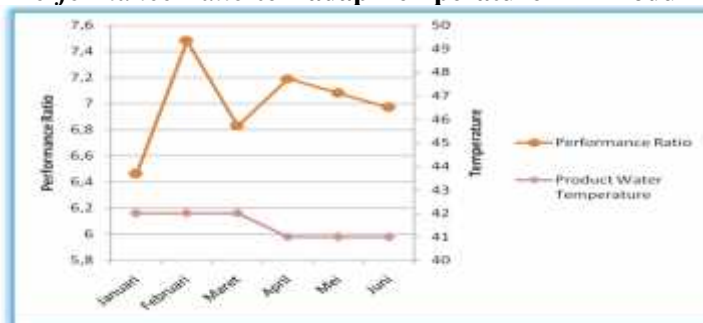
3.9 Grafik Pengaruh *Performance* Terhadap TDS Air Produk



Grafik. 2 Grafik Pengaruh *Performance* Terhadap TDS Air Produk

Dari Gambar 2 diketahui pengaruh *Performance Ratio* terhadap *TDS* adalah berbanding terbalik, dapat dilihat ketika nilai *Performance Ratio* “Naik”, nilai *Conductivity* “Turun” selanjutnya ketika *Performance Ratio* “Turun”, maka nilai *Conductivity* “Naik”. Jadi hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *Performance Ratio* berbanding terbalik terhadap nilai *Conductivity*.

3.10. Grafik Pengaruh *Performance Ratio* terhadap Temperatur Air Produk



Grafik. 3 Grafik Pengaruh *Performance Ratio* terhadap Temperatur Air Produk

Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai *Performance Ratio* tidak berpengaruh terhadap nilai temperatur air produk. Perubahan nilai kinerja naik dan turun setiap bulannya, tetapi nilai temperatur tetap stabil pada *point* 41 dan 42°C. Pada desain nilai standar temperatur air produk adalah <40 °C, sedangkan hasil analisis menunjukkan selalu di atas *point* 40°C, sehingga permasalahan terdapat pada *Product Water Temperature*.

4. SIMPULAN

Simpulan atas hasil analisis berupa:

- 1) Hasil *performance test* didapatkan grafik pengaruh kinerja terhadap konduktivitas dan *TDS* air dengan simpulan bahwa *Performance Ratio* berpengaruh terhadap 2 parameter produk yang dihasilkan yaitu konduktivitas dan *TDS* air, yaitu semakin tinggi kinerja, maka semakin bagus kualitas konduktivitas dan *TDS* airnya,
- 2) Hasil *performance test* didapatkan grafik Pengaruh kinerja terhadap temperatur air produk dengan simpulan bahwa *Performance Ratio* tidak berpengaruh terhadap parameter temperatur air produk, sehingga *Product Water Temperature* tidak sesuai dengan desain standarnya. Dapat disimpulkan penyebab *Product Water Temperature* tidak berhubungan dengan kinerja desalination, sehingga kinerja bukan penyebab *Product Water Temperature* tinggi,
- 3) Parameter yang paling berpengaruh terhadap kinerja *desalintion flow steam* di *main ejector*, bila *flow steam* *main ejector* rendah, maka kinerja menurun dan bila *flow steam* di *main ejector* maksimal, maka kinerja meningkat dengan produk yang dihasilkan pun lebih baik, dan
- 4) Dari hasil *Performance Test* yang telah dilakukan selama 6 bulan dapat diketahui bahwa rata-rata nilai *Performance Ratio* selalu di atas desain yang ditentukan, maka dapat disimpulkan kinerja *multi effect desalination plant* masih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Koswara, "ANALISIS LAJU ALIRAN EJECTOR PADA SISTEM MED PLANT (Studi Kasus : PT PJB UBJ O & M PLTU Indramayu)," vol. 3, no. 1, pp. 5–8, 2016.
- [2] K. M. Bataineh, "Multi-effect desalination plant combined with thermal compressor driven by *steam* generated by solar energy," *Desalination*, vol. 385, pp. 39–52, 2016.
- [3] N. I. Said, "Pengolahan Payau Menjadi Air Minum Dengan Teknologi Reverse Osmosis," in *Teknologi Pengolahan Air*, 2008, pp. 443–501.
- [4] P. P. (Persero) M. K. G. P. P. Project, *DESALINATION PLANT PERFORMANCE TEST PROCEDURE*. 2008.

STUDI KASUS PERBAIKAN SISTEM KERJA DAN *MATERIAL HANDLING* UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI WAKTU DAN KESEIMBANGAN LINI PRODUKSI DI PT.AAA

Nur Afifah¹, Wasiati Sri Wardani²

¹Program Studi Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 0816717413, nurafifahhaling@gmail.com

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Suatu proses manufaktur merupakan suatu system kerja yang saling mendukung satu sama lain dari tiap-tiap bagian yang ada didalamnya. Sistem kerja pada suatu lini produksi haruslah seimbang dan memiliki gerakan yang memiliki nilai untuk produksi agar produksi berjalan sesuai apa yang ditargetkan. Pada PT.AAA adanya ketidakseimbangan lini produksi pada cylinder head karena gerakan yang tak bernilai untuk produksi. Kemudian adanya waktu menunggu yang dilakukan AGV robot line follower sebagai material handling. Hal tersebut membuat waktu siklus transfer cylinder head dari lini produksi ke lini perakitan terlambat semakin panjang. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa dan perbaikan agar masalah yang terjadi dapat terselesaikan. Penelitian akan terfokus pada system kerja pada lini produksi pos terakhir dengan menghilangkan gerakan loading unloading jig cylinder head (slipper). Penggantian material handling juga dilakukan agar tak adanya waktu menunggu. Maka dibuatlah kontruksi karakuri menggunakan prinsip hukum gravitasi, dengan material stainless steel agar tahan terhadap karat dan mudah dilakukan permesinan. Metode yang dilakukan untuk penelitian terhadap waktu yaitu statistika dengan metode Pengukuran Waktu baku dengan pengujian keseragaman data serta jumlah kecukupan data. Variabel penelitian ini adalah waktu dan jumlah elemen kerja, dan parameternya ialah waktu siklus. Hasil yang didapat setelah adanya perbaikan yaitu pengaruh perbaikan material handling dan system kerja mebuat waktu siklus berkurang, maka didapatkan kesimpulan yaitu berkurangnya waktu kerja pada stasiun terakhir lini produksi sebanyak 6 detik, dari 1085 menjadi 1079 detik. Peningkatan efisiensi lini produksi menjadi 99,9% , peningkatan efisiensi stasiun kerja pos 10 menjadi 100% , serta berkurangnya masalah keterlambatan transfer dari 202 kali menjadi 0.

Kata Kunci: Perancangan Sistem Kerja, Pindahan Bahan, Lini Produksi, Stasiun Kerja, Efisiensi Waktu

Abstract

A manufacturing process is a system of work that mutually support each other from each part in it. The system of work on a production line must be balanced and have a movement that has value for production so that production goes according to what is targeted. At PT.AAA there is an indication of the imbalance of production line on the cylinder head line because of the movement that is not valuable for production. Then there is the waiting time made AGV robot line follower as material handling. This makes the cylinder head transfer cycle time from the production line to the late assembly line getting longer. Therefore it is necessary to do analysis and repair so that problems can be resolved. The research will focus on the work system on the last post production line by eliminating the loading unloading action of the cylinder head jig (slipper). Material handling replacement is also done so that there is no waiting time. So karakuri construction is made using the principle of law of gravity, with stainless steel material to be resistant to rust and easy to do machining. The method used for research on time is statistics with the method of Measurement of Standard Time by testing the uniformity of data and the amount of data sufficiency. The variable of this research is the time and number of work elements, and the parameter is cycle time. Results obtained after the improvement of the effect of material handling improvements and work system mebuat cycle time is reduced, it is concluded that the reduced working time on the last station production line of 6 seconds, from 1085 to 1079 seconds. Increased production line efficiency to 99.9%, increased efficiency of postal work station 10 to 100%, as well as reduced problem of transfer delay from 202 times to 0.

Keywords: System Design Work, Material Handling, Line Production, Work Station, Time Efficiency

1. Pendahuluan/Latar Belakang

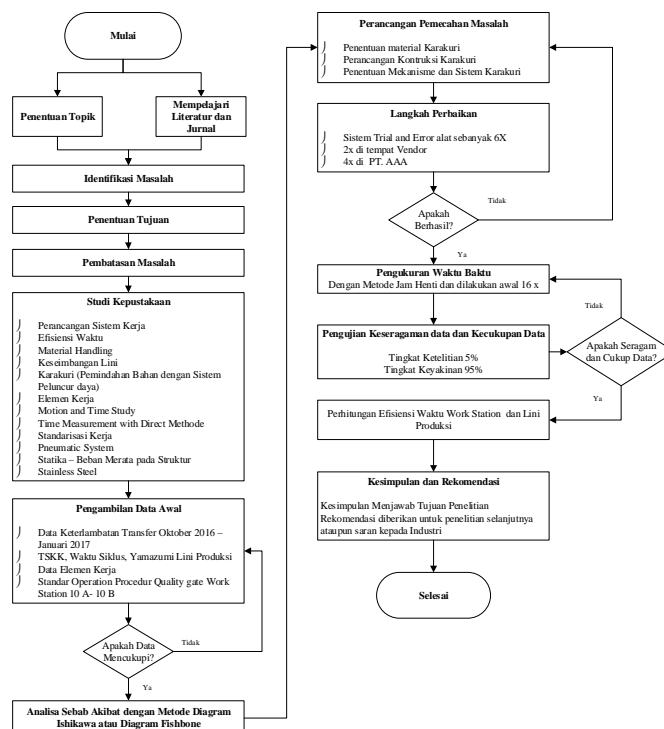
Keterlambatan produk dari satu lini produksi ke area *assembly* merupakan permasalahan yang sering dijumpai pada Industri Manufaktur di Indonesia. Keterlambatan ini berdampak pada berbagai segi, pertama yaitu segi produktivitas. Akibat keterlambatan maka produktivitas akan terganggu atau malah akan berkurang dan tidak sesuai target produksi. Kedua, dalam segi efisiensi waktu. Dengan keterlambatan produk yang sampai maka efisiensi waktu akan berkurang dan tidak 100% pemakaian, akan berdampak adanya pekerjaan yang tidak seharusnya dilakukan serta adanya waktu yang terbuang sia-sia atau *waste*. Ketiga, dalam segi keseimbangan lini produksi, akibat keterlambatan maka akan merusak waktu baku yang ditetapkan pada produksi. [1]

Peneliti akan melaksanakan penelitiannya di PT.AAA yang bergerak dalam manufaktur pembuatan dan perakitan *engine* mobil. Dengan adanya observasi sebelumnya maka didapat adanya keterlambatan produk *cylinder head* dari Lini produksi ke Lini *Assembly*. Hasil analisa mendapatkan bahwa keterlambatan ini disebabkan oleh 2 faktor yaitu Metode *Material Handling* dan Metode Operasi Kerja yang dilakukan operator. Pertama, *material handling* yang digunakan yaitu *AGV robot Line follower*, setelah dianalisa didapat akar penyebabnya yaitu adanya pertemuan AGV yang menyebabkan sensor membuat AGV memperlambat kecepatannya dan ini membuat waktu transfer semakin lama padahal ada 4 produk *cylinder* yang harus dikirim ke lini *assembly*. Kedua, metode operasi kerja yang dilakukan operator membuat adanya waktu menunggu. Akar masalah dari waktu menunggu ini dibagi menjadi 2 yaitu waktu stasiun kerja ke 10 lebih dari waktu siklus yang ditentukan, serta adanya operasi memindahkan – meletakkan – mengambil jig *cylinder head (slipper)* yang dilakukan operator tetapi tidak memiliki nilai guna pada produk *cylinder head*.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghilangkan keterlambatan pengiriman produk dari lini produksi ke lini *assembly*, menghilangkan waktu menunggu dan operasi yang tak ada nilai guna. Dengan menyelesaikan masalah ini maka efisiensi waktu pada lini produksi akan meningkat dan tak ada masalah keterlambatan lagi. Tujuan lainnya yaitu membuat sistem material handling yang lebih baik dalam artian kecepatan yang stabil dan tak terpengaruh karena adanya pertemuan antara 2 AGV. Sistem ini dinamakan Karakuri, berupa konstruksi dengan prinsip hukum gravitasi. Benda akan di transfer menggunakan beratnya sendiri karena adanya gravitasi. Penambahan sistem pneumatik akan dipasang pada saat menaikkan ke atas, lalu untuk mentransfer dan turun akan menggunakan sistem gravitasi.

2. Metode Penelitian

a. Diagram Alir Penelitian

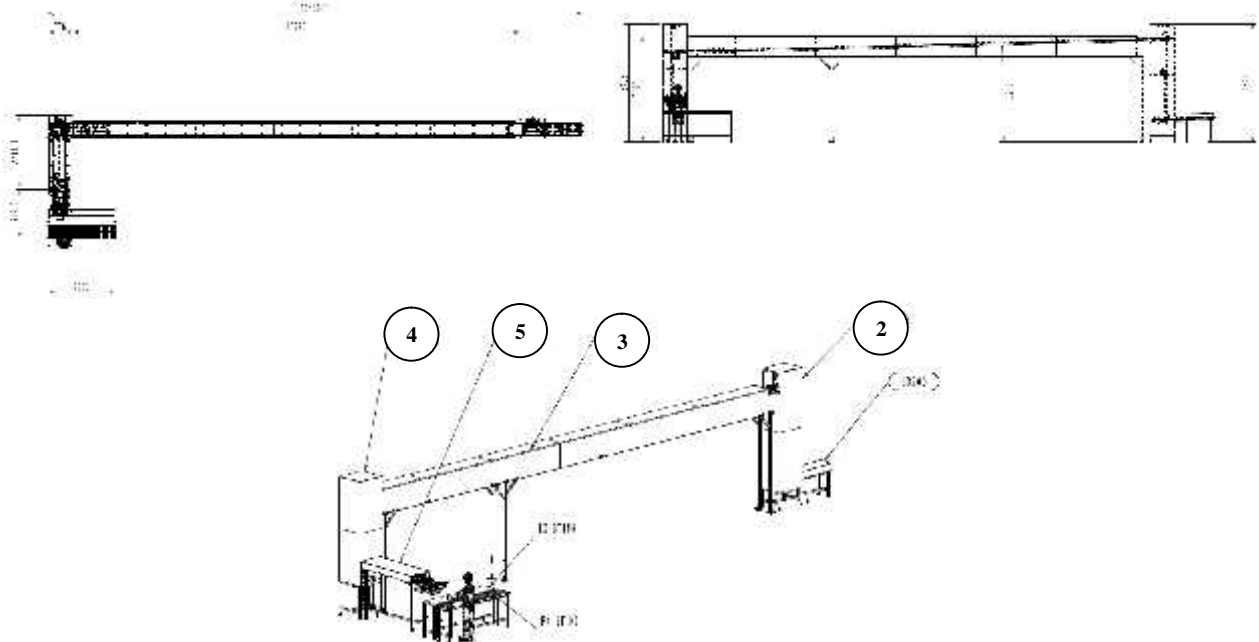


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan oktober untuk dilakukannya observasi dan analisa masalah, lalu penanggulangan atau perbaikan dilakukan pada bulan Februari. Pengambilan data akhir dilakukan pada bulan Maret hingga Mei. Kajian literatur dan jurnal diambil dari jurnal internasional mengenai perancangan sistem kerja dan keseimbangan lini produksi. Pengambilan data awal dilakukan di PT.AAA dengan mengumpulkan data keterlambatan *transfer cylinder head*, waktu produksi *cylinder head*, serta pengambilan data elemen kerja. Analisa sebab akibat dilakukan dengan menggunakan *fishbone diagram* serta analisa satu persatu pada table TSKK.

Perancangan Pemecahan masalah dilakukan saat sudah didapat akar masalah dan data ini ada pada *fishbone diagram*. Perbaikan sistem kerja perlu adanya penghapusan gerakan kerja yang tak ada gunanya serta penggantian *material handling*. Pembuatan alat dilakukan oleh vendor dengan konsep, analisa serta mekanisme dibuat oleh peneliti dan PT.AAA. Setelah alat dibuat, maka perlu diadakan *trial and error* di tempat pembuatan alat sebanyak 2x dan pengujian 4x dilakukan di PT.AAA lini produksi. Kemudian, apabila sistem baru sudah berjalan maka akan dilakukan penelitian terhadap waktu baku, maka dilakukanlah pengukuran waktu baku dengan metode jam henti secara *direct* sebanyak 16 x. Variable yang digunakan adalah waktu dan gerakan kerja, parameternya ialah waktu baku siklus. Tingkat ketelitian yang digunakan adalah 5% dan tingkat keyakinan 95%. Pengujian data dilakukan secara statistik yaitu pengujian keseragaman data dan kecukupan data. Perhitungan efisiensi merupakan perhitungan akhir yang akan dapat menjawab penelitian ini.

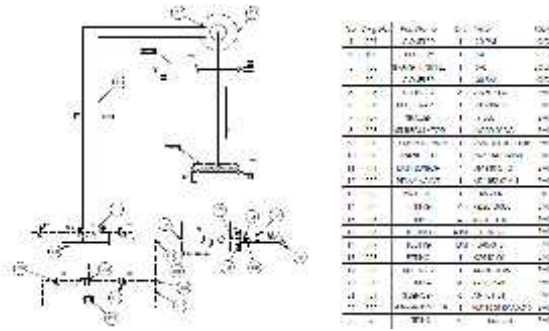
b. Desain Alat dan mekanisme material handling Karakuri



Gambar 2. Konsep desain karakuri

Desain alat pendukung sebagai pengganti material handling ini direkayasa menggunakan 2 sistem penggerak. Untuk gerakan naik, jig cylinder head (slipper) akan menggunakan pneumatik dan air hoist. Jig cylinder head (slipper) akan berherak ke arah quality gate dengan system gravitasi, kemiringan yang dibuat adalah $1,5^{\circ}$. Berikut penjelasan tentang karakuri :

- a. Poin 1 adalah Tempat penempatan slipper dari assyembly
- b. Poin 2 adalah Slipper naik ke atas dengan system pneumatic dan air hoist
- c. Poin 3 adalah Slipper akan di transfer dengan system gravitasi
- d. Poin 4 adalah Slipper akan turun dengan system gravitasi berat slipper tersebut
- e. Poin 5 adalah slipper akan di transfer ke depan operator dengan system gravitasi



Gambar 3. Pneumatik system

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data pengambilan waktu dan Uji Kecukupan Data

Tabel 1. Pengukuran Waktu Baku

LEMBAR PENGAMATAN																									Hal	
SETELAH PERBAIKAN																									Dari	
PEKERJAAN		Pemeriksaan Cylinder Head										TANGGAL					08/04/2017 & 15/04/2017				Validasi SPV					
NAMA MESIN												JAM		10:00			s/d		15:30							
NAMA OPERATOR												5		Jam			30		Menit							
NAMA STASIUN KERJA		Quality Gate Pos 10A										NAMA PENGUKUR					Nur Afifah									
NAMA PABRIK		TMMIN Plant 3										TANDA TANGAN					Joko, Suluh									
ELEME	SIKLUS	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
1	3.00	0.97	0.98	2.78	1.87	3.96	4.00	3.85	1.99	1.97	2.00	1.89	2.00	1.78	2.00	1.99	1.78	2.87	1.86	0.78	1.00	2.05	1.02	0.98	2.98	
2	2.89	1.04	0.97	2.69	2.00	4.00	4.07	4.00	1.97	1.86	1.76	1.77	1.99	1.69	1.87	1.76	1.77	3.00	1.72	0.83	0.95	1.89	0.98	0.85	2.87	
3	2.76	1.00	1.00	2.78	2.16	4.01	4.12	3.96	1.69	1.96	2.00	1.68	1.89	1.94	1.96	1.84	1.89	2.79	1.95	0.89	0.76	1.93	0.86	0.79	2.95	
4	2.79	1.05	0.96	2.88	2.03	4.11	3.69	3.99	1.93	2.00	1.69	2.01	1.85	1.95	1.69	2.00	1.62	2.62	1.84	0.96	0.73	2.03	1.01	0.83	2.89	
5	2.86	0.97	0.99	3.09	1.99	3.79	4.00	3.98	1.97	2.11	1.95	1.76	1.99	1.85	1.86	1.91	2.00	2.88	1.95	0.99	0.86	1.82	1.00	0.95	2.94	
6	2.78	0.89	1.14	2.79	1.89	4.00	4.00	3.77	1.92	2.00	1.87	1.85	1.94	2.00	1.99	1.90	1.89	2.89	1.86	0.75	0.89	1.96	0.96	0.90	3.00	
7	2.98	1.03	1.09	2.95	1.98	3.99	3.99	2.84	1.93	1.87	1.54	1.94	1.96	1.95	1.95	1.75	1.93	3.00	1.77	0.94	1.00	1.85	0.94	0.89	3.06	
8	2.64	1.04	1.13	2.94	1.88	3.79	3.89	3.95	2.13	1.79	1.78	1.86	1.78	1.74	1.88	1.69	1.78	2.90	1.89	0.96	0.93	1.88	0.89	0.98	2.97	
9	2.59	0.99	0.97	2.89	2.01	3.94	3.86	3.97	1.89	1.76	1.99	1.91	1.88	1.69	1.86	1.72	1.76	2.84	1.94	0.97	0.95	1.98	1.00	1.00	2.96	
10	2.87	1.07	0.99	2.78	2.11	3.74	4.02	3.79	1.75	1.87	1.95	1.86	1.75	1.76	1.93	1.89	2.00	2.85	1.86	0.96	0.77	2.00	0.79	0.97	2.99	
11	3.05	1.00	0.98	3.00	2.24	3.69	3.70	3.96	2.06	1.89	1.88	2.00	2.00	1.88	1.85	1.77	1.78	2.79	1.78	0.83	0.87	1.87	0.84	0.95	2.87	
12	2.96	0.98	1.01	3.00	1.76	3.88	3.82	3.86	1.89	1.79	1.86	1.74	2.01	1.99	1.93	2.00	1.98	2.84	1.98	0.88	0.83	1.97	0.87	0.99	2.96	
13	2.79	1.01	0.94	3.06	1.89	3.77	3.95	4.07	1.99	1.59	1.99	1.96	1.75	1.94	1.96	1.94	2.00	2.89	1.83	0.95	0.95	1.94	0.93	0.86	2.88	
14	2.99	1.04	1.00	3.00	2.17	3.94	3.65	3.89	2.04	1.73	2.00	1.97	1.83	2.00	1.79	2.00	1.94	2.89	1.93	1.00	0.86	1.93	0.98	1.00	3.00	
15	2.79	0.99	0.96	2.89	2.03	4.00	3.63	3.83	2.08	1.97	1.99	1.88	1.92	1.98	2.00	1.97	1.91	2.89	1.84	0.93	0.92	1.99	1.00	0.98	3.01	
16	2.99	1.02	1.11	2.95	1.99	4.02	4.01	3.99	1.87	1.99	1.78	1.95	1.99	1.96	2.01	1.99	1.96	3.00	2.00	0.90	0.98	2.00	0.97	0.95	3.00	
WAKTU ELEMEN RATA RATA :	2.86	1.01	1.01	2.90	2.00	3.91	3.90	3.86	1.94	1.88	1.88	1.88	1.91	1.88	1.91	1.88	1.87	2.87	1.88	0.91	0.89	1.94	0.94	0.93	2.96	
SIMPANGAN BAKU	0.13	0.04	0.07	0.11	0.13	0.12	0.16	0.28	0.11	0.13	0.14	0.10	0.09	0.11	0.09	0.11	0.11	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	
BKA	3.26	1.13	1.21	3.25	2.38	4.28	4.37	4.71	2.29	2.27	2.28	2.17	2.19	2.22	2.17	2.22	2.21	3.15	2.11	1.13	1.15	2.14	1.15	1.13	3.13	
BKB	2.46	0.88	0.82	2.56	1.62	3.55	3.43	3.01	1.60	1.49	1.47	1.58	1.63	1.54	1.65	1.55	1.54	2.59	1.64	0.68	0.64	1.74	0.73	0.73	2.79	
KECUKUPAN DATA	3	3	6	2	6	1	2	8	5	7	8	4	4	5	3	5	5	2	3	10	14	2	8	8	1	

➤ Waktu Elemen Rata-Rata

Pengambilan waktu setiap elemen dilakukan sebanyak 16 x. Perhitungan pertama yaitu menghitung waktu elemen rata-rata dengan persamaan :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{k} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

➤ Standar Deviasi (Simpangan Baku)

Langkah berikutnya yaitu menghitung Standar Deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian, dengan persamaan :

$$a = \frac{\sqrt{\sum (x_j - \bar{x})^2}}{N - 1} \quad \text{[Persamaan.2]}$$

➤ Batas Kendali

Menentukan Batas kendali atas (BKA) dan Batas Kendali bawah (BKB) dengan persamaan :

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma$$

[Persamaan.3]

➤ Uji Kecukupan Data

Jumlah data harus sesuai yang dibutuhkan dan dapat dipertanggung jawabkan. Persamaan ini untuk tingkat ketelitian 5% dan Keyakinan 95%

$$n = \left(\frac{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{\sum x_i} \right)^{1/2}$$

[Persamaan.4]

Sesuai perhitungan kecukupan data, maka tak ada yang melebihi 16, maka jumlah pengambilan data sudah sesuai dan tak perlu pengambilan data tambahan.

3.2 Faktor Penyesuaian

Tabel 2. Data Faktor Penyesuaian

Nilai Skill	Fair (E)	-0.05	-0.07
Nilai Effort	Average (D)	0	
Nilai Kondisi Kerja	Average (D)	0	
Nilai Konsisten	Fair (E)	-0.02	
FAKTOR PENYESUAIAN		0.93	

Pemilihan Faktor penyesuaian diambil dari tabel penyesuaian menurut *WestingHouse*. Dalam menghitung faktor tersebut, bagi keadaan yang dianggap wajar maka diberi nilai p=1, sedangkan terhadap penyimpangan dari keadaan ini harga p-nya ditambah dengan angka-angka penyesuaian dari 4 faktor, yaitu nilai skill, effort, kondisi kerja, dan konsisten. [2]

3.3 Kelonggaran

Tabel 3. Data Kelonggaran

Tenaga yang dikeluarkan	Sangat ringan, beban 1,5 kg	1	12
Sikap Kerja	Berdiri diatas dua kaki	2	
Gerakan Kerja	Normal, Ayunan bebas dari palu	0	
Kelelahan Mata	Pandangan Terus Menerus, Pekerjaan sedikit teliti	4	
Keadaan suhu tempat kerja	Tinggi 28-30	5	
Keadaan Atmosfer	Baik, Ruangan Terbuka dan Segar	0	
Keadaan lingkungan	Bersih, Sehat, Cerah dan Kebisingan Rendah	0	
KELONGGARAN		12%	

Kelonggaran diberikan untuk tiga hal yaitu untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue*, dan tambahan-tambahan yang tidak dapat dihindarkan [2]

3.4 Perhitungan Akhir Waktu Baku

➤ Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu penyelesaian rata-rata selama pengukuran. Waktu siklus dapat dihitung dengan persamaan yang memasukkan persamaan-persamaan sebelumnya. [2]

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N}$$

[Persamaan.5] **Ws = 51,8**

➤ Waktu Normal adalah waktu siklus wajar dengan penambahan factor p. [2]

$$W_n = W_s \times p$$

[Persamaan.6] **Wn = 48.18**

➤ Waktu Baku adalah waktu penyelesaian suatu pekerjaan ditambah dengan penyesuaian serta kelonggaran yang diberikan. [2]

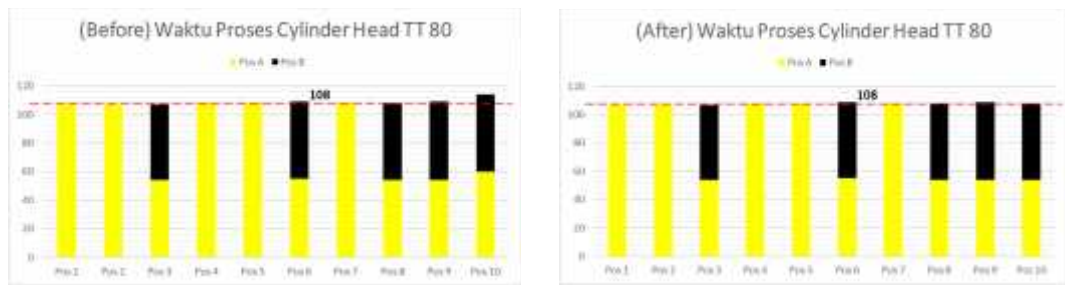
$$W_b = W_n (1 + 1)$$

[Persamaan.7]

1 = nilai kelonggaran/ Allowance **Wb = 54**

3.5 Perhitungan Efisiensi Stasiun Kerja dan Keseimbangan Lini Produksi

a. Perbandingan keseimbangan lini produksi



Gambar 4. Grafik sebelum dan Sesudah Waktu Lini Produksi Cylinder Head

Standard yang digunakan untuk waktu pembuatan cylinder head adalah 1080 det untuk satu lini yang terdiri dari 10 pos, 108 det untuk setiap pos. Dari grafik diatas terlihat sebelum perbaikan adanya pos yang melebihi standar yaitu pos 10, jumlah 1 lini yaitu 1085 det. Waktu ini melebihi waktu standar waktu pembuatan cylinder head. Setelah perbaikan, waktu berkurang menjadi 1079 detik.

b. Data akhir dengan peta aliran proses

Tabel 4. Perbandingan peta aliran proses sebelum dan sesudah perbaikan

Uraian Kegiatan	Lambang	Jarak	Jumlah	Waktu	Analisa			Tindakan			
					Apa	Dimana	Siapa	Bahan	Obat	Perbaikan	
check bagian lower face	○	-	1	3							
check pin knockholes	□	-	2	1							
check lubang oil return IN	⇨	-	1	1							
check lubang head bolt	○	-	10	3							
check lubang oil return EX	⇨	-	4	2							
check valvegude IN & EX	⇨	-	15	4							
lifter up table	⇨	-	-	4							
putar table 180 deg	⇨	15	-	4							
check spark plug holes	○	-	4	2							
check area champer squish	○	-	4	2							
check area water jacket EX	○	-	1	2							
putar table 180 deg ke kanan	⇨	15	1	2							
check area water jacket IN	○	-	1	2							
putar table 180 deg ke kiri	⇨	15	-	2							
tekan tombol lifter down	⇨	-	-	2							
Ambil Slipper	⇨	30	1	3							
Pasang Slipper	⇨	60	1	2							
Masukkan work ke roll over	⇨	30	1	3							
Putar Roll Over 180 deg	⇨	50	-	2							
Check EX Manifold	○	-	1	1							
Check Milling Alternator	○	-	1	1							
Check Lubang & tap EX Manifold	○	-	5	2							
Check lubang & tap water outlet	○	-	-	1							
Check plug & water tum outlet	○	-	1	1							
Keluarkan work dari roll over	⇨	30	1	3							

Dari tabel diatas setelah analisa, terdapat ada beberapa hal yang harus diperbaiki. Yaitu segi transportasi, jarak, serta waktu yang berlebih. Tabel sebelah kanan adalah tabel setelah perbaikan yang menjelaskan telah terjadinya penurunan waktu dan jarak.





Tabel 5. Hasil dilihat dari peta aliran proses

Ringkasan							Pekerjaan : Pemeriksaan Cylinder Head	
Kegiatan	Sekarang		Usulan		Beda		Nomor Peta	2
	JML	WKT	JML	WKT	JML	WKT		
○ Operasi	7	18	7	18	-	-	Orang	Bahan
□ Pemeliharaan	15	28	15	28	-	-		
⇨ Transportasi	3	14	3	8	-	6	Sekarang	Usulan
○ Menunggu	-	-	-	-	-	-	Dipetakan Oleh	Nur Affiah
▽ Penyimpanan	-	-	-	-	-	-	Tanggal Dipetakan	06-Apr-17
Jarak Total cm	365		215		150			

c. Data Akhir Penelitian

Tabel 6. Perbandingan Data Awal dan Akhir

Sebelum analisis dan Perbaikan			STANDAR		Setelah dianalisis dan Perbaikan				
Cycle Time Before	1085 Detik		1080	Detik	Cycle Time After	1079 Detik			
Efisiensi Keseimbangan Lini Cylinder Head	99.54 %				100	%	Efisiensi Keseimbangan Lini Cylinder Head	99.9 %	
Efisiensi Stasiun Kerja Pos 10	94.4 %						100	%	Efisiensi Stasiun Kerja Pos 10
Alarm Pendeteksi Keterlambatan stock cylinder head	220x (Okt-Jan)	12/Minggu	0 /minggu		Alarm Pendeteksi Keterlambatan stock cylinder head	0 x (Maret – Juni)			0/minggu

Hal Perubahan	Sebelum	Sesudah	Penjelasan
Elemen Kerja Pada Sistem Kerja			Setelah perbaikan, tidak ada lagi pekerjaan <i>waste</i> operator tidak perlu berputar untuk mengambil slipper Pengambilan slipper langsung didepan operator
Material Handling			Tidak ada lagi pertemuan antara 2 AGV Robot Line follower yang menyebabkan keterlambatan Akses jalan utama terkendali

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penurunan Waktu Kerja pada Stasiun Kerja 10 dari 1085 detik menjadi 1079 detik.
2. Peningkatan Efisiensi Waktu Stasiun Kerja Pos 10 Cylinder Head menjadi 100 %.
3. Peningkatan Efisiensi Keseimbangan Lini Cylinder Head yang terdiri dari pos 1 sampai 10 menjadi 99,9 %.
4. Menghilangkan Gerakan yang tak diperlukan sebanyak 6 detik, yaitu gerakan loading Unloading Slipper.
5. Menurunkan angka keterlambatan transfer Cylinder Head dari 202 kali (Periode Oktober 2016 – Januari 2017) menjadi 0 (Periode Maret – Juni 2017).
6. Makin banyak jumlah variable gerakan kerja, maka makin panjang waktu siklus yang diperoleh. Makin tinggi waktu dan jarak yang ditempuh maka makin panjang pula waktu siklus yang diperoleh.

5. Ucapan Terimakasih

Penelitian dan Penyusunan *full paper* seminar nasional ini mungkin tidak akan terlaksana tanpa ada bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penyusun mengucapkan terima kasih kepada ;

1. Allah Subhanahu wata'ala atas semua karunia yang telah diberikan, yang tak ada habisnya.
2. Orang tua penyusun Bapak Seppermen dan Ibu Isri Rusmarni yang selalu mendoakan dan mendukung dalam segala hal.
3. PT. AAA Kawan KJIE Karawang Barat yang telah mengizinkan melaksanakan kegiatan penelitian, pengambilan data serta memberikan kesempatan kepada penyusun untuk dapat menyelesaikan masalah industri secara langsung.
4. Wasiati Sri Wardani, Ir, MMBAT., sebagai dosen pembimbing Skripsi yang telah membimbing, mengoreksi dan membantu penelitian ini.
5. Drs. Sunarto yang telah meluangkan waktunya untuk penyusun dalam berkonsultasi dan berdiskusi.
6. Ketua Jurusan Teknik Mesin Dr. Belyamin, M.Sc, Eng., B.Eng., dan Ketua Program Studi Manufaktur Drs. Moh. Soleh., ST., MT.
7. Teman-teman S1 Terapan Teknik Manufaktur yang telah bersama-sama berjuang untuk menyelesaikan penelitian dan telah mendukung untuk menyelesaikan *full paper* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. A. A. M. A. B. Rani, "Implementation of Karakuri kaizen in material handling unit," *SAE Technical Papers*, Vols. 10.4271/2015-26-0074, no. January, pp. 1-6, 2015.
- [2] K. S. Al-Saleh, "Productivity improvement of a motor vehicle inspection station using motion and time study techniques," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 23, no. 1, pp. 33-41, 2011.
- [3] Art of Lean, Toyota Production System Basic Handbook, california: Art of Lean, Inc., 2013.
- [4] R. A. J. H. T. Iftikar Z. Satalaksana, Teknik Perancangan Sistem Kerja, Bandung: ITB, 2006.
- [5] A. dkk, "Perbaikan Metode Kerja di Bagian Penelitian Rokok dengan Menggunakan Studi Gerak Waktu untuk Meningkatkan Efisiensi Kerja," *Journal Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 2, pp. 95-105.
- [6] A. H. S. A. Novita Sukma, "Analysis of Work Time Measurement With Direct Method on The Packaging Section PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk," *Universitas Brawijaya Journal Online*, vol. 7, no. 2, pp. 681-694, 2015.
- [7] d. K. S. Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Jakarta: PT. PRANDNYA PARAMITA, 1987.
- [8] N. Y. Hidayah, "Peningkatan Efisiensi Kerja Di Line 3 Blackpoly Take Pada PT. X," *Journal Online Pancasila University*, no. 021, pp. 2-7, 2013.
- [9] A. S. R. P. R. G. Sai Nishanth Reddy, "Productivity improvement using time study analysis in a small scale solar appliances industry- A case study," *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 666-674, 2016.
- [10] D. B. Matebu A, "Design of manual material handling system through computer aided ergonomics: A case study at BDTSC textile firm," *International Journal for Quality Research*, vol. 8, no. 4, pp. 557-568, 2014.

OTOMATISASI KATUP PADA SISTEM AERASI SILO SEMEN DI PABRIK SEMEN CILACAP

Innu Treesna Juniarta¹, Sidiq Ruswanto², Arif Suryono³

¹Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Kanguru No. 68
Cilacap Utara, 08996682250, innutreesnajuniarta.holcim@gmail.com

²Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Hydraulic, Lubrication, and Pneumatic Superintendent, PT. Holcim Indonesia Tbk.

ABSTRAK

Katup pada sistem Aerasi digunakan untuk mengatur besarnya aliran udara dalam mengalirkan semen keluar dari silo menuju bin di bawah silo. Selama ini katup dioperasikan secara manual di dalam silo semen, hal tersebut menyebabkan blocking semen pada pipa aerasi jika katup ditutup secara penuh dan over flow semen jika katup masih dibuka saat level bin penuh. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan otomatisasi katup pada sistem aerasi agar pengontrolan katup dan monitoring sistem aerasi dapat diatur secara langsung melalui Central Control Room. Otomatisasi katup sistem aerasi dilaksanakan dengan melakukan: analisis kebutuhan, pemilihan mekanisme, penghitungan bahan, pembuatan gambar kerja, perakitan alat, dan pengujian alat. Otomatisasi katup pada sistem aerasi tersebut dapat menghilangkan masalah blocking dan over flow semen karena kesalahan pengoperasian katup sistem aerasi dan menghilangkan biaya operasional untuk pengoperasian katup sistem aerasi secara manual.

Kata Kunci : Silo Semen, Sistem Aerasi Silo, Katup, Otomatisasi

ABSTRACT

Valve on the Aeration system is used to adjust the amount of air flow to drain the cement out of the silo towards the bin under the silo. During this time, the valve is operated manually inside the cement silo, this causes blocking of cement in the aeration pipe if the valve is fully closed and over flow cement if the valve is still open when the bin level is full. For this purpose, valve automation in aeration system is used so that valve controlling and aeration system monitoring can be set directly via the Central Control Room. Valve automation in the aeration system is implemented by performing: needs analysis, mechanism selection, material calculations, making working diagram, tools assembly, and tools testing. This valve automation in aeration system can eliminate blocking and over flow cement problems due to improper valve operation of the aeration system and eliminating operational costs for manually valve operating of aeration system.

Keywords: Cement Silo, Silo Aeration System, Valve, Automation

1. PENDAHULUAN

Silo semen merupakan tempat penyimpanan semen sementara yang telah dihasilkan dari proses penggilingan *clinker* dan bahan tambahan *gypsum*, *fly ash*, dan *dolomite* di *finish mill*. Di pabrik semen Cilacap terdapat 2 silo semen yang masing-masing berkapasitas 20.000 ton dengan *Asset Code* 59B-3S1 dan 59B-3S2 [1].

Silo semen adalah fitur yang penting dalam industri semen modern. Silo dengan diameter lebih dari 20 meter, yang dapat menampung lebih dari 30.000 ton semen per silo, harus mempunyai desain untuk pengosongan yang efisien. Prinsip sistem pengosongan pneumatik adalah menggunakan aerasi di bagian dasar silo, yaitu memberikan banyak udara bertekanan ke silo yang digunakan untuk mengeluarkan semen dengan jumlah yang diinginkan dan untuk menjaga konsumsi energi serendah mungkin [2]. Alat aerasi juga akan menyediakan pengosongan yang benar pada fasilitas penyimpanan dan akan sangat mengurangi sisa semen yang tertinggal di dalam silo [3].

Semen yang disimpan di silo semen selanjutnya dialirkan menggunakan *air slide* menuju *bin* yang ada di bawah silo semen dan dari *bin* tersebut selanjutnya dialirkan menggunakan *air slide* untuk menyuplai masing-masing 4 *packer machine* di area *pack house* dan juga menyuplai semen untuk *bulk truck*. Di dasar silo, semen memadat karena dibebani tumpukan semen didalam silo. Oleh karena hal tersebut, aerasi udara digunakan untuk mengalirkan semen pada *inlet air slide* untuk dialirkan menuju *bin*.

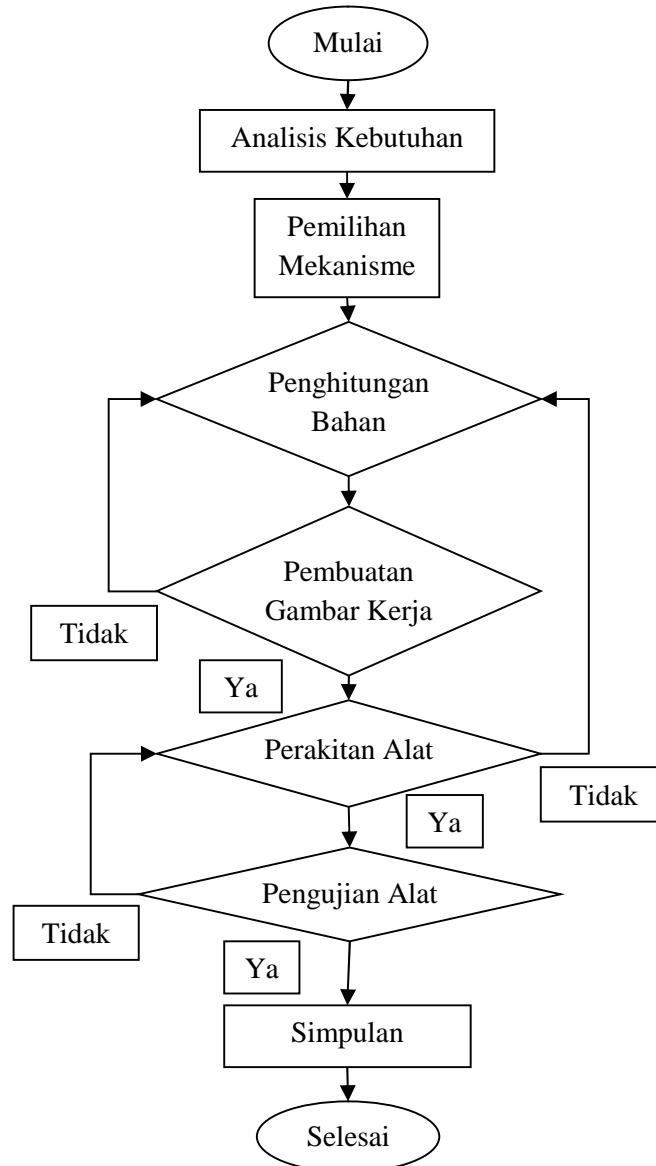
Sistem aerasi di silo menggunakan udara bertekanan yang disuplai oleh tangki udara kompresor dan mengalir melalui pipa menuju *inlet air slide*. Udara bertekanan tersebut menyemprot semen yang memadat disekitar *inlet air slide*, sehingga semen mengalir seperti fluida masuk dengan lancar menuju *air slide*. Besar aliran udara pada sistem aerasi diatur menggunakan katup dan persentase bukaan katup berbanding lurus dengan besar aliran udara. Semakin besar persentase bukaan katup, maka semakin besar tembakan udaranya dan mengakibatkan debit semen yang mengalir semakin banyak. Persentase bukaan katup menyesuaikan level semen di dalam *bin* yang dipantau dari *Central Control Room (CCR)*. Saat ini, katup yang digunakan masih menggunakan katup manual dan dioperasikan oleh patroler silo yang diperintah oleh operator CCR melalui *Handie Talkie*.

Masalah yang terjadi adalah patroler silo tidak selalu *standby* di dekat katup. Hal tersebut menyebabkan respon perintah dari operator CCR tidak selalu cepat. Selain hal tersebut, operator CCR juga tidak mengetahui secara pasti seberapa besar persentase bukaan katup yang diatur oleh patroler silo. Hal tersebut dapat menimbulkan masalah pada proses transportasi dan produksi semen. Katup aerasi yang di tutup sampai 0% dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan *blocking* pada saluran pipa udara aerasi, dan katup aerasi yang di buka 100% dalam jangka waktu yang lama pada kondisi *bin* yang hampir penuh dapat menyebabkan *overflow* semen yang membuat semen di *bin* meluber. Untuk mengatasi masalah tersebut dibuatlah rancangan modifikasi untuk mengotomatisasikan katup sistem aerasi di silo semen pabrik semen Cilacap, sehingga katup sistem aerasi dapat dikontrol langsung oleh operator CCR dan menghilangkan permasalahan *blocking* dan *overflow* karena kesalahan pengoperasian katup.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

Metode yang digunakan digambarkan dengan diagram alir otomatisasi katup sistem aerasi silo semen sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Otomatisasi Katup pada Sistem Aerasi Silo Semen

2.2 Penjelasan Diagram Alir

1. Mulai (Start)

Pada tahapan ini dilakukan persiapan untuk perancangan sistem otomatisasi katup sistem aerasi dengan mempelajari latar belakang dan tujuan dari perancangan.

2. Analisis Kebutuhan

Melakukan survei lapangan, dan mengumpulkan informasi tentang apa saja yang dibutuhkan untuk membangun sistem otomatisasi katup sistem aerasi tersebut.

3. Pemilihan Mekanisme

Pemilihan mekanisme yang digunakan untuk membuka-tutup katup secara otomatis serta menentukan alat kontrol yang cocok diterapkan untuk otomatisasi katup sistem aerasi tersebut sesuai dengan fungsi dan tujuan dari perancangan.

4. Perhitungan Material

Menentukan jumlah dan ukuran material yang akan dibuat atau dibeli untuk menunjang pemasangan alat kontrol untuk otomatisasi katup sistem aerasi tersebut.

5. Gambar Kerja Alat

Berisi tentang bagaimana alat tersebut bekerja dan dapat dengan mudah dipahami.

6. Perakitan Alat

Proses perakitan alat dan material yang telah dibeli atau dibuat menjadi serangkaian sistem yang dapat bekerja dengan baik. Pada proses ini dilakukan pemasangan rangkaian sistem kontrol pada alat.

7. Pengujian Alat

Setelah proses perakitan, dilakukan proses pengujian alat untuk melihat apakah alat dapat berfungsi dengan baik atau tidak, dan juga sebagai proses evaluasi terhadap kualitas alat yang dibuat.

8. Simpulan

Menyimpulkan seluruh rangkaian kegiatan yang telah dilaksanakan serta memastikan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dan memberi manfaat yang signifikan terhadap proses operasional pabrik.

9. Selesai (*Finish*)

Pada tahap ini telah dilakukan otomatisasi katup pada sistem aerasi silo semen dan telah dianalisa hasilnya.

2.3 Alat Otomatisasi Katup Sistem Aerasi

2.3.1 *Electro Pneumatic Positioner*

Electro pneumatic positioner (EPP) adalah alat yang digunakan untuk mengatur persentase bukaan katup dengan menggunakan sinyal analog 4-20 mA. Sinyal 4 mA mengatur bukaan katup 0%, sinyal 12 mA mengatur bukaan katup 50%, sinyal 20 mA mengatur bukaan katup 100%. Pada dasarnya *EPP* mengatur aliran udara yang masuk kedalam aktuator yang menggerakkan katup, untuk prinsip kerja secara lengkap dijelaskan di sub bagian berikutnya. Alat kontrol untuk otomatisasi katup sistem aerasi menggunakan *EPP* type PEP-RDNB53 dan memiliki spesifikasi sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi *EP Positioner* [4]

CATEGORY	PEP-RDNB53	
	Single	Double
Input Signal	4 ~ 20mA DC *1	
Impedance	250±15Ω	
Supply Pressure	1.4 ~ 7.0kgf/cm ² (20 ~ 100psi) (140 ~ 700 kPa)	
Stroke	0 ~ 90° *2	
Air Connection	1/4" NPT	
Gauge Connection	1/8" NPT	
Conduit Entry	1/2" NPT	
Explosion Proof	CSA: Class 1, Zone 1, Group IIB, T5	
Protection	IP66	
Operating Temperature	-10 ~ 60°C (-10°~140°F)	
Linearity	±1.0% F.S	
Hysteresis	1.0% F.S	
Sensitivity	±0.2% F.S	±0.5% F.S
Repeatability	±0.5% F.S	
Air Consumption	3LPM (Sup=1.4kgf/cm ² , 20psi)	
Flow Capacity	80L1/M (Sup=1.4kgf/cm ² , 20psi)	
Material	Aluminum Diecasting	
Weight	2.7 kg (5.1 lbs)	



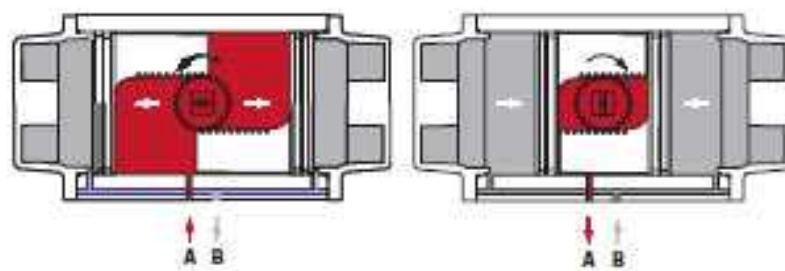
Gambar 2 EP Positioner PEP-RDNB53 [4]

2.3.2 Aktuator yang Digunakan

Aktuator berfungsi untuk memutar katup pada sistem aerasi. Udara untuk menggerakkan aktuator disuplai dari *elektro pneumatic positioner*, sehingga aktuator akan berhenti berputar ketika tidak ada suplai udara dari *positioner*. *Electro pneumatic positioner* tersebut hanya bisa digunakan pada *rotary actuator* dan oleh karenanya digunakan *rotary rack and pinion actuator* untuk menggerakkan katup sistem aerasi. Prinsip kerja *rotary rack and pinion actuator* yang mengacu pada Gambar 3.

) Saat udara dipasok ke *Port A*, udara mendorong piston menjauh satu sama lain (ke arah ujung), memutar *pinion* bergerak berlawanan arah jarum jam dan membuang udara dari *Port B*.

) Saat udara dipasok ke *Port B*, udara mendorong piston menuju satu sama lain (ke tengah), memutar *pinion* searah jarum jam dan membuang udara dari *Port A*.



Gambar 3 Prinsip Kerja Rotary Rack and Pinion Aktuator [4]

2.3.3 Katup yang Digunakan

Katup yang digunakan untuk otomatisasi katup sistem aerasi adalah *butterfly valve* berukuran 1 inci menyesuaikan dengan besarnya saluran pipa udara aerasi. Sistem kerja *butterfly valve* menggunakan sistem isolasi dengan gerbang yang dapat berputar 90° terhadap sumbu gerbang untuk membuka dan menutup aliran sebagaimana Gambar 4. Lebih sederhana dan tentunya memiliki harga yang lebih murah.



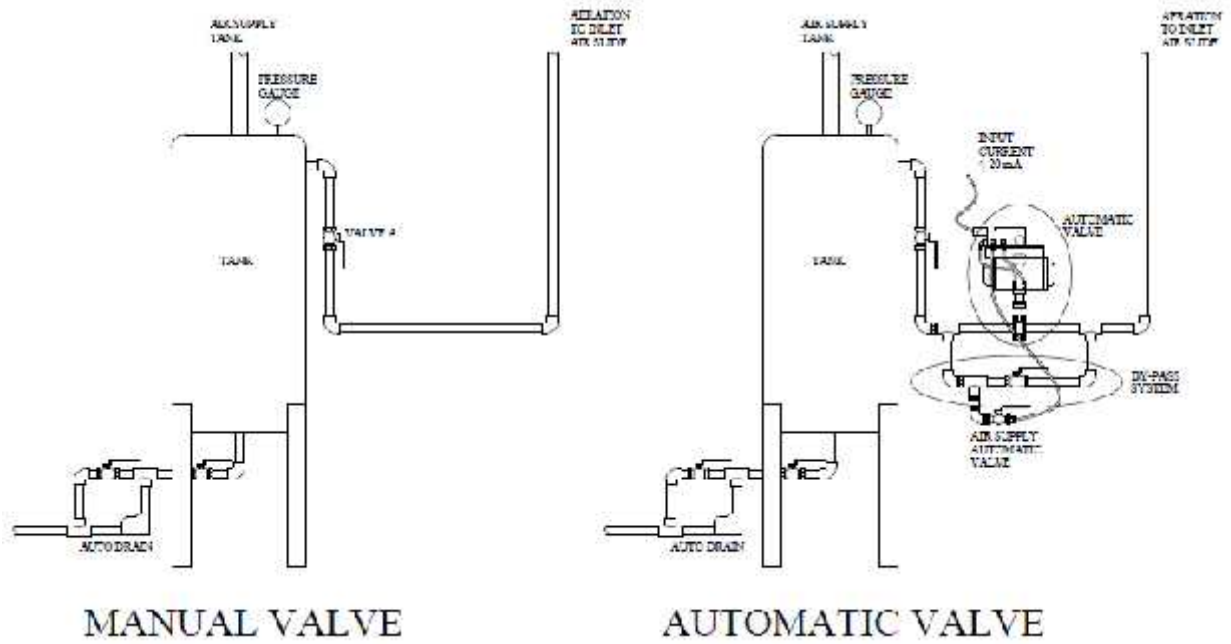
Gambar 4 *Butterfly valve* [4]



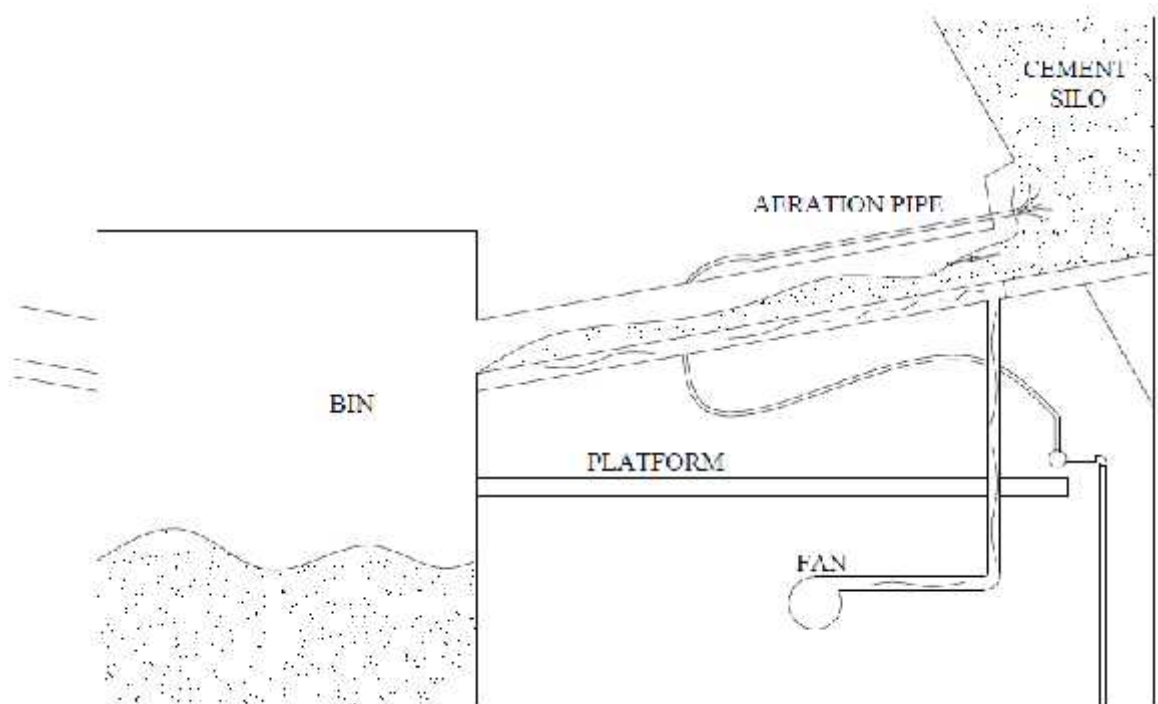
Gambar 5 *Assembly Alat Otomatisasi Katup Sistem Aerasi*

2.4 Cara Kerja Sistem Aerasi

Pada sistem aerasi manual, katup A pada Gambar 6 digunakan oleh petugas di dalam silo untuk mengatur aliran udara pada sistem aerasi. Petugas tersebut diperintah oleh operator *CCR* melalui *handy talky* (HT) dengan mempertimbangkan ketinggian semen di dalam *bin*. Karena tidak ada acuan yang tepat, *valve* diputar hanya dengan perkiraan petugas. Setelah dilakukan otomatisasi katup sistem aerasi, pengontrolan katup dilakukan melalui *CCR*. Pada tampilan layar di *CCR* terdapat tombol yang digunakan untuk memasukkan besarnya persentase bukaan katup antara 0% dan 100%. Pada Gambar 7, udara dari tangki kompresor dialirkan menuju *inlet air slide*, sehingga semen yang ada di *inlet air slide* mengalir menuju *air slide*.



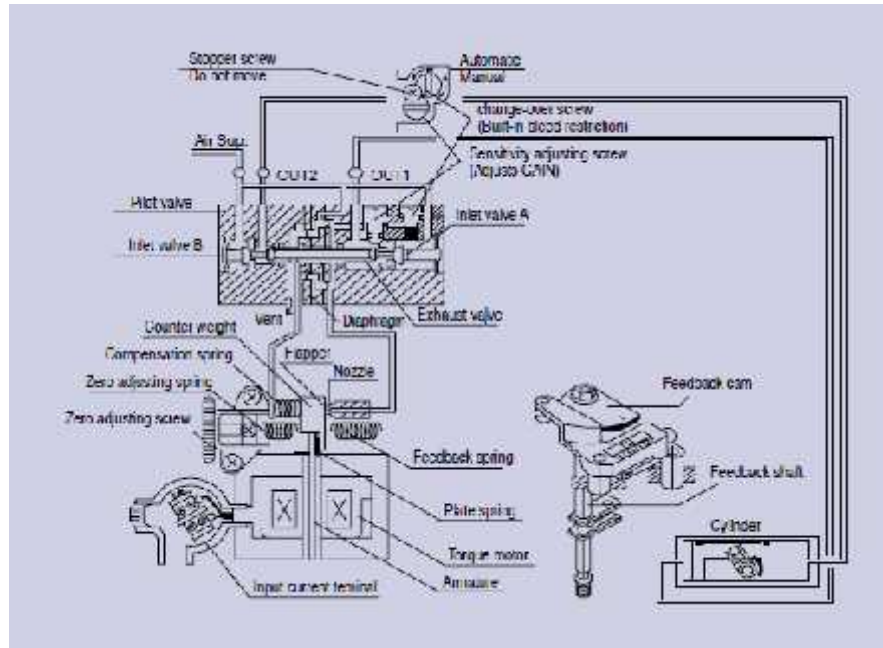
Gambar 6 Manual Valve dan Automatic Valve



Gambar 7 Aliran Semen dari Silo Semen ke Bin

2.5 Cara Kerja Alat

Cara kerja dari EP Positioner ditunjukkan dari deskripsi gambar 8.



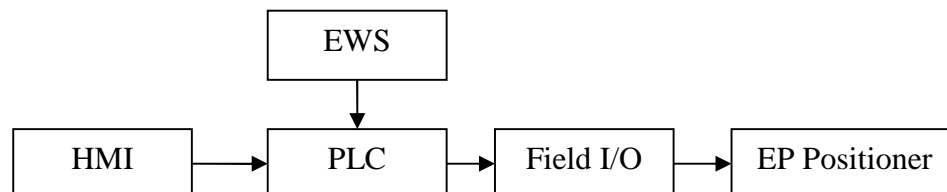
Gambar 8 Sistem Kerja Alat [4]

Saat arus sinyal dari *controller* meningkat, *Plate spring* dari motor torsi bekerja berputar pada poros. *Armature* menerima torsi putaran berlawanan arah jarum jam, *counter-weight* didorong ke kiri, jarak antara *nozzle* dan *flapper* meningkat, dan tekanan balik *nozzle* menjadi turun. Alhasil, *exhaust valve* pada *pilot valve* bergerak ke kanan, dan hasilnya tekanan OUT 1 meningkat (OUT 2 menurun) untuk menggerakkan aktuatur.

Gerakan putar dari aktuatur memutar poros umpan balik, dan pegas umpan balik memanjang atau memendek oleh gerakan nok (*cam*) umpan balik yang terhubung dengan poros umpan balik. Aktuatur akan berhenti berputar jika gaya pegas seimbang dengan gaya yang dihasilkan oleh arus yang masuk pada motor torsi. *Compensation spring* digunakan untuk umpan balik langsung dari gerakan *exhaust valve* dan terhubung ke *counter-weight* untuk meningkatkan stabilitas *loop*. *Zero point* disesuaikan dengan mengubah ketegangan *zero adjustment spring*.

2.6 Pemasangan Rangkaian Kontrol

Gambar 9 berikut adalah alur sinyal pengontrolan *valve* dari *central control room* menuju ke *EP positioner*:



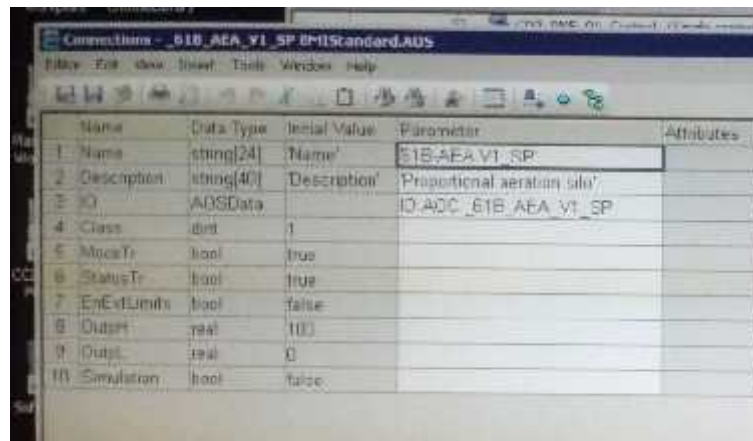
Gambar 9 Diagram Alur Sinyal Kontrol

HMI (*Human Machine Interface*) merupakan layar yang digunakan oleh operator CCR untuk memasukkan *set point* dari kontrol alat (EP positioner). EWS merupakan komputer yang digunakan untuk memasukkan program dari PLC, sehingga *set point* (0%-100%) dari HMI bisa diolah menjadi sinyal analog 4-20 mA yang dikeluarkan melalui *module analog output* didalam *field I/O* di bawah silo. PLC berfungsi untuk mengolah data *set point* (0% -100%) dari HMI menjadi sinyal analog 4-20 mA dan dikirim menuju *module analog output* yang berada didalam *field I/O*. *Field I/O* berisi *module analog output* yang digunakan untuk

mengeluarkan sinyal analog yang diolah oleh PLC menuju ke *EP positioner*. *EP positioner* merupakan alat yang digunakan untuk mengontrol persentase bukaan katup.

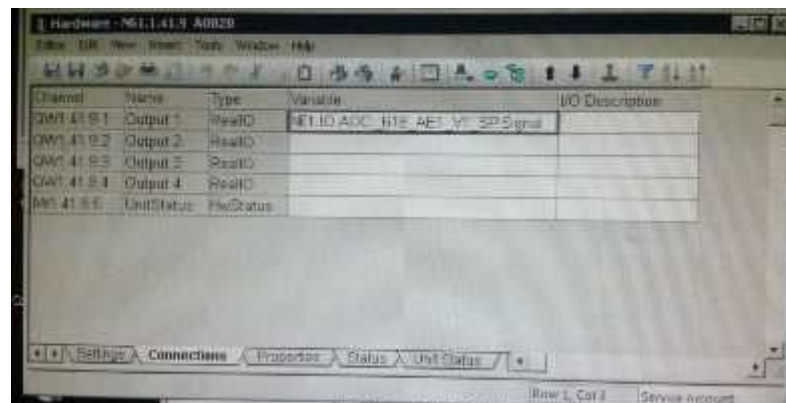
2.7 Pembuatan Program PLC

Langkah pertama yaitu membuat *signal connections* pada *software* PLC dengan nama 61B-AE1.V1_SP (61B-AE1 adalah *asset code* dari sistem aerasi silo 1, V1 adalah *valve* 1, SP adalah *set point*). Untuk keterangan *description* alat ditulis "*proportional aeration silo*". Untuk IO (*Input Output*) dipilih *type AOSData* yang berarti bentuk sinyal adalah sinyal *analog output* yang dimunculkan di CCR. Parameternya ditulis IO.AOC._61B_AE1_V1_SP sebagaimana Gambar 10 yang berarti kode sinyal IO adalah _61B_AE1_V1_SP dan dimunculkan di CCR. *Value OutpH* diisi 100 yang berarti nilai maksimum *set point* adalah 100. *Value OutpL* diisi 0 yang berarti nilai minimum *set point* adalah 0. Untuk kolom *setting* lain tidak perlu dirubah.



Gambar 10 Pembuatan *Signal Connections*

Setelah sinyal telah dibuat selanjutnya mengatur *hardware configuration* (mengatur ke *analog output* mana sinyal dikirim). PLC di area *packhouse* mempunyai kode N61 untuk jalur silo 1 dan N62 untuk jalur silo 2. Masing-masing PLC terhubung dengan 2 *bus* yang terhubung ke semua *field I/O* dengan nomor *node* yang berbeda. Didalam *field I/O* terdapat beberapa *module I/O* yang mempunyai nomor yang berbeda. Untuk *field I/O* yang posisinya dekat dengan alat mempunyai nomor N61.1.41 yang berarti *field I/O* terhubung ke PLC N61 (Jalur silo 1) melalui *bus* 1 dengan nomor *node field I/O* 41. Di dalam *field I/O* 41 terdapat 9 *module I/O* dengan nomor yang berbeda. *Analog output* berada di nomor 9. Selanjutnya buka program *hardware configuration* dengan mencari alamat *analog output* yang dituju N61.1.41.9. Buka konfigurasi *analog output* dan masukan kode sinyal N61.IO.AOC._61B_AE1_V1_SP.Signal sebagaimana Gambar 11 pada nomor *output* yang belum dipakai untuk mengirimkan sinyal dari CCR menuju ke *EPP*.



Gambar 11 *Hardware configuration*

Untuk konfigurasi layar HMI, dibuat tombol *input set point* sebagaimana Gambar 12 pada layar HMI melalui EWS dan buka *properties* tombol. Pada kolom *value input*, masukan kode sinyal 61B-AE1.V1_SP:IO.AutoValue.



Gambar 12 Tombol *Input Set Point*

Setelah *setting* program PLC selesai, selanjutnya ditarik kabel dari *output analog output* yang telah dipilih menuju ke *EPP* untuk menghubungkan rangkaian kontrol alat.

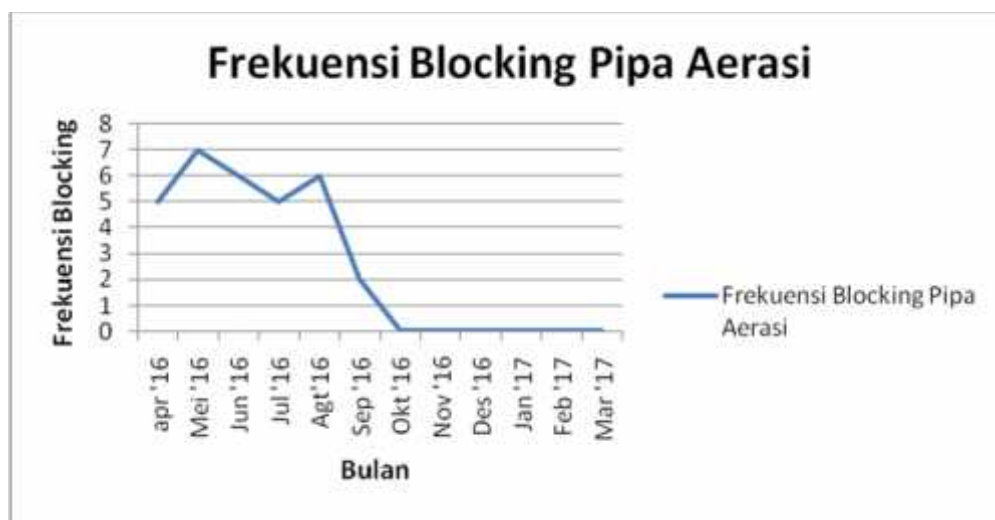
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Dampak Setelah Pemasangan Alat

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan intensitas *blocking* dan *overflow* yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan otomatisasi valve pada sistem aerasi silo semen.

Tabel 2 Frekuensi *Blocking* Pipa Aerasi [5]

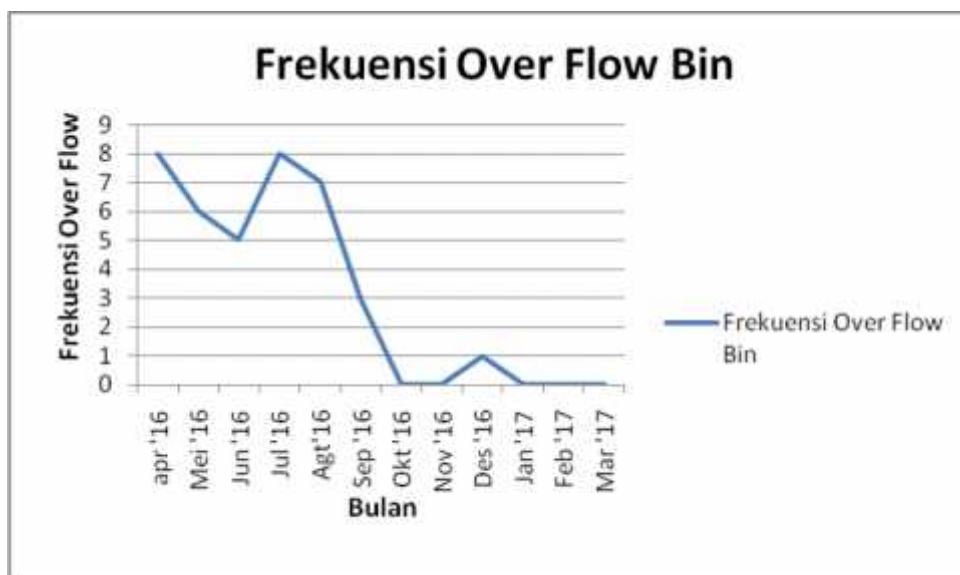
Bulan	Frekuensi <i>Blocking</i> Pipa aerasi	Keterangan
Apr '16	5	
Mei '16	7	
Juni '16	6	
Juli '16	5	
Agt '16	6	
Sep '16	2	Otomatisasi katup sistem aerasi dilakukan tanggal 21 September 2016
Okt '16	0	
Nov '16	0	
Des '16	0	
Jan '17	0	
Feb '17	0	
Mar '17	0	



Gambar 13 Frekuensi *Blocking* Pipa Aerasi [5]

Tabel 3 Frekuensi *Overflow Bin* [5]

Bulan	Frekuensi <i>Overflow Bin</i>	Keterangan
Apr '16	8	
Mei '16	6	
Juni '16	5	
Juli '16	8	
Agt '16	7	
Sep '16	3	Otomatisasi katup sistem aerasi dilakukan tanggal 21 September 2016
Okt '16	0	
Nov '16	0	
Des '16	1	
Jan '17	0	
Feb '17	0	
Mar '17	0	



Gambar 14 Frekuensi *Overflow Bin* [5]

Dari Gambar 13 dan Gambar 14 dapat disimpulkan bahwa frekuensi permasalahan setelah otomatisasi katup sistem aerasi dilakukan menjadi lebih sedikit dibanding dengan saat pengoperasian katup secara manual dan otomatisasi katup pada sistem aerasi silo semen telah berhasil diterapkan.

3.2 Perkiraan Biaya Kembali

Tabel 4 menampilkan biaya pembelian alat otomatisasi katup sistem aerasi dan Tabel 5 menampilkan biaya operasional yang hilang setelah pemasangan alat otomatisasi katup sistem aerasi.

Tabel 4 Biaya Pembelian Alat

Item	Qty	Keterangan	Price/Unit (Rp)	Unit	Total (Rp)
01	1 set	Pemasangan <i>Proportional Valve Aeration System</i> , terdiri dari : a. 1 pcs butterfly 1" merek GOC b. 1 pcs PDA 92, Parker c. 1 pcs positioner PEP-RDNB53,	17.990.000	set	17.990.000

		<i>Parker</i> <i>d. 1 pcs flange + pin</i> <i>e. 1 pcs flange 1"</i> <i>f. 4 pcs bolt for flange</i> <i>g. 4 pcs non return valve 1/4"</i> <i>h. 1 pcs non return valve 1"</i> *Harga Sudah termasuk biaya jasa			
		Jumlah			17.990.000
		PPN 10%			1.799.000
		Total			19.789.000

Tabel 5 Biaya Operasional yang Hilang Setelah Pemasangan Alat

Item	Qty	Keterangan	Price/Unit (Rp)	Unit	Total (Rp)
<i>Manual Valve</i>	90 shift	<i>Manpower</i> untuk pengoperasian katup manual selama 1 bulan (30 hari) dalam 3 shift	100.000	shift	9.000.000
<i>Cleaning Overflow</i>	7 kali	<i>Manpower</i> untuk pembersihan tumpahan semen (2 orang membutuhkan waktu 30 menit)	10.000	Jam	70.000
<i>Cleaning Blocking</i>	6 kali	<i>Manpower</i> untuk pembersihan pipa aerasi saat <i>blocking</i> (1 orang membutuhkan waktu 20 menit)	10.000	Jam	20.000
		Total			9.090.000

Berdasarkan data dari Tabel 4 dan Tabel 5, dapat dihitung waktu yang diperlukan untuk menutupi biaya pembelian alat dengan rumus berikut :

Waktu = Biaya Pembelian Alat / Biaya operasional yang dihilangkan/Bulan

$$= \text{Rp}19.789.000 / \text{Rp}9.090.000/\text{Bulan}$$

$$= 2 \text{ Bulan } 5 \text{ Hari}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk menutupi biaya pembelian alat adalah 2 bulan sejak alat untuk otomatisasi katup sistem aerasi dipasang, untuk selanjutnya didapatkan manfaat dari pemasangan alat tersebut.

4. SIMPULAN

Simpulan yang dapat ditarik dari otomatisasi katup sistem aerasi meliputi:

1. Otomatisasi katup sistem aerasi dapat mengatasi *blocking* maupun *overflow* yang sering terjadi saat pengoperasian katup sistem aerasi yang dilakukan secara manual, dan
2. Otomatisasi katup sistem aerasi dapat menghemat biaya *manpower* untuk pegoperasian katup sistem aerasi secara manual dan pembersihan tumpahan semen senilai Rp9.090.000 / Bulan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. Holcim Indonesia Tbk. Cilacap Plant.
- [2] Labahn, Otto, dan B. Kohlhaas. 1983. *Cement Engineers Handbook: Fourth English Edition*. Wiesbaden: Wiesbadener Graphische Betriebe GmbH.
- [3] Rayman, Petr. 2009. *Aeration of Bulk Materials in Silos and Storage Tanks*. Kladno: *Bulk Solids Handling*. Vol. 29, No. 6.
- [4] PT Parker Hannifin Indonesia. 2016. *Manual Book: PEP-RDNB53 Electro-Pneumatic Rotary Positioner*.
- [5] PT. Holcim Indonesia Tbk Cilacap Plant. *Cement Silo Operations Log Book 2016-2017*.

PENELITIAN EFEKTIVITAS PENERAPAN ISO 14001 DI DEPARTEMEN QUARRY DI PABRIK SEMEN TUBAN

Yena Yuda Fatwa Rahima¹; Mochamad Sholeh²; Uko Wijaya³; Abdul Rozaq³

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Departemen Technical-EQS, PT Holcim Indonesia Tbk.

¹yenayudafr.holcim@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan manusia yang terus meningkat membuat kegiatan industri semakin berkembang, namun kegiatan industri memiliki dampak yang besar terhadap lingkungan seperti pencemaran lingkungan dan berkurangnya sumber daya alam akibat eksploitasi. Industri semen juga membawa dampak bagi lingkungan. Satu diantara proses dalam kegiatan produksi semen yang memberikan dampak besar dan penting terhadap lingkungan adalah kegiatan operasional di Quarry seperti pembukaan lahan, ekstraksi bahan, dan lain-lain. Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan (SML) yang dapat membantu organisasi mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan perlu dilakukan. ISO 14001 merupakan standar yang berisi kerangka kerja SML yang telah diakui dunia. Meskipun penerapannya bersifat sukarela, namun mengingat pentingnya mengelola dampak lingkungan, maka penerapan SML ISO 14001 menjadi sangat penting. Pada tahun 2015 ISO 14001 telah mengalami perbaruan agar menyesuaikan dengan pasar dunia. Pabrik Semen Tuban, telah menerapkan dan telah memiliki sertifikat ISO 14001. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui efektivitas penerapan ISO 14001:2015 di Departemen Quarry Pabrik Semen Tuban, khususnya kegiatan operasi. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah wawancara dan observasi bagaimana penerapan SML di lapangan. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan menentukan sejauh mana penerapan SML di Departemen Quarry. Berdasarkan hasil penelitian, SML yang diterapkan oleh Departemen Quarry telah diterapkan dengan cukup baik, namun masih ada beberapa persyaratan yang masih belum terpenuhi.

Kata Kunci: SML, ISO 14001, Quarry

Abstract

The ever-increasing human need makes industrial activities more developed, but industrial activities have a large impact on the environment such as environmental pollution and reduced natural resources due to exploitation. The cement industry also has an impact on the environment. One of the processes in cement production activities that have a major and significant impact on the environment is operational activities in the Quarry such as land clearing, material extraction, etc. Application of Environmental Management System (EMS) that can help organizations reduce negative impact on the environment needs to be done. ISO 14001 is a standard that contains a world-recognized EMS framework. Although its application is voluntary, but given the importance of managing environmental impacts, the application of ISO 14001 EMS becomes very important. By 2015 ISO 14001 has been updated to make sure they remain relevant to the marketplace. Tuban Cement Plant, has implemented and has been certified ISO 14001. The purpose of this study is to determine the effectiveness of the implementation of ISO 14001:2015 in the Quarry Department Tuban Cement Plant, especially operating activities. Data collection methods used are interviews and observations of how the application of EMS in the field. The data collected is then processed and determines the extent to which EMS is applied in the Quarry Department. Based on the results of the research, the EMS applied by the Quarry Department has been implemented fairly well, but there are still some requirements that are still not fulfilled.

Keywords: EMS, ISO 14001, Quarry

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi lingkungan hidup di dunia ini senantiasa berubah. Perubahan dapat terjadi secara alami maupun akibat kegiatan manusia. Sejak revolusi industri, tingkat perubahan lingkungan menjadi lebih cepat^[1]. Industri memiliki dampak terhadap lingkungan hidup maupun sosial. Dampak bagi lingkungan hidup antara lain terjadinya polusi udara, air, dan tanah. Polutan yang dihasilkan bisa menimbulkan dampak negatif^[2].

Industri semen merupakan satu diantara kegiatan yang memiliki dampak yang cukup besar terhadap lingkungan. Kegiatan operasional industri semen yang memiliki dampak penting terhadap

lingkungan adalah kegiatan penambangan di daerah *Quarry*, seperti kegiatan pembukaan lahan, ekstraksi bahan, kegiatan alat berat, dan lain-lain.

Saat ini masyarakat dunia lebih memperhatikan kelestarian lingkungan. Pemerintah juga telah berupaya meminimalisir pencemaran lingkungan dengan mengeluarkan peraturan tegas mengenai lingkungan hidup. Penerapan sistem manajemen lingkungan (SML) yang dapat membantu meminimalisir kerusakan terhadap lingkungan hampir menjadi suatu kewajiban bagi perusahaan^[3]. *Internasional Organization for Standardization* atau ISO telah mengembangkan standar yang dapat membantu perusahaan dalam melaksanakan SML yaitu ISO 14001^[4]. Pada tahun 2015, ISO telah merevisi ISO 1400:2004. Tujuan dari revisi adalah untuk memastikan bahwa standard ISO 14001 tetap relevan dengan perkembangan pasar^[5].

Pabrik Semen Tuban merupakan perusahaan industri semen yang memperoleh sertifikat ISO 14001 telah berkomitmen untuk meningkatkan kinerja lingkungan hidup secara berkesinambungan. Mengingat dampak lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan operasional Pabrik Semen Tuban khususnya Departemen *Quarry*, maka diteliti efektivitas penerapan ISO 14001:2015 di Departemen *Quarry* Pabrik Semen Tuban.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana efektivitas penerapan ISO 14001:2015 di Pabrik Semen Tuban Departemen *Quarry*?

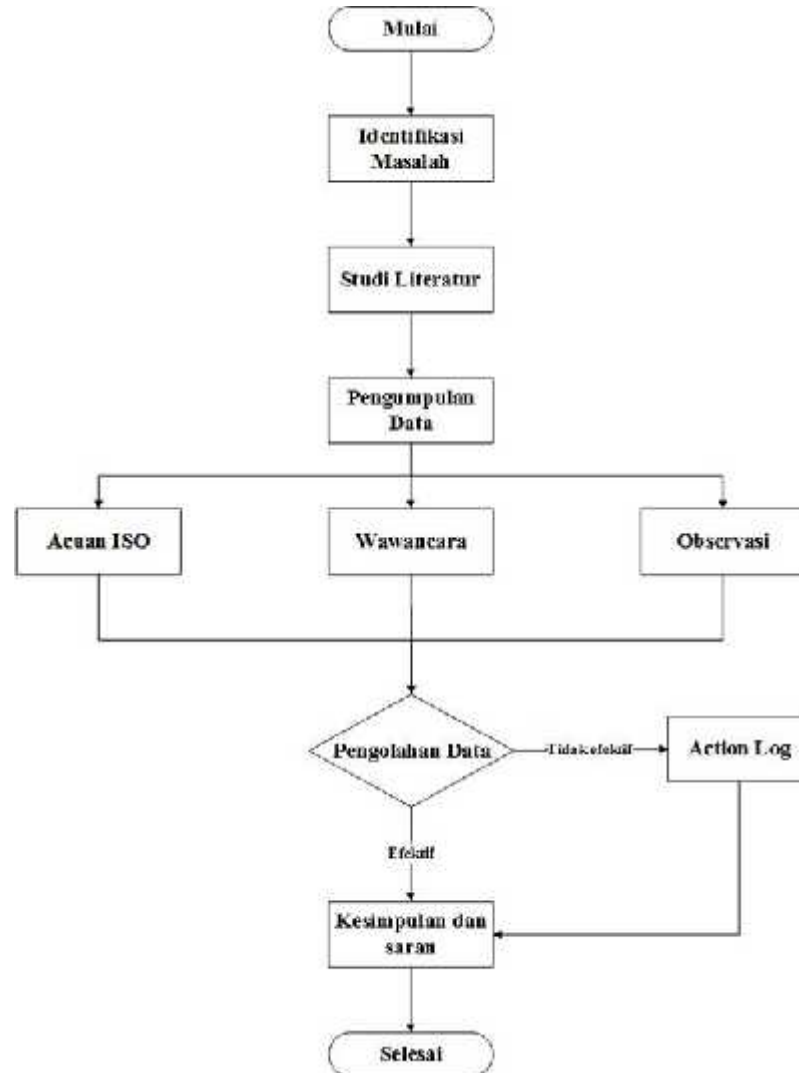
1.3 Tujuan

Mengetahui efektivitas penerapan SML ISO 14001:2015 di departemen *Quarry*, sehingga hasil penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi acuan dalam menyempurnakan SML di departemen *Quarry*.

2. METODOLOGI

2.1 Diagram Alir

Berikut ini adalah diagram alir pelaksanaan penelitian mulai dari Identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan dan saran.



Gambar 1 Diagram alur

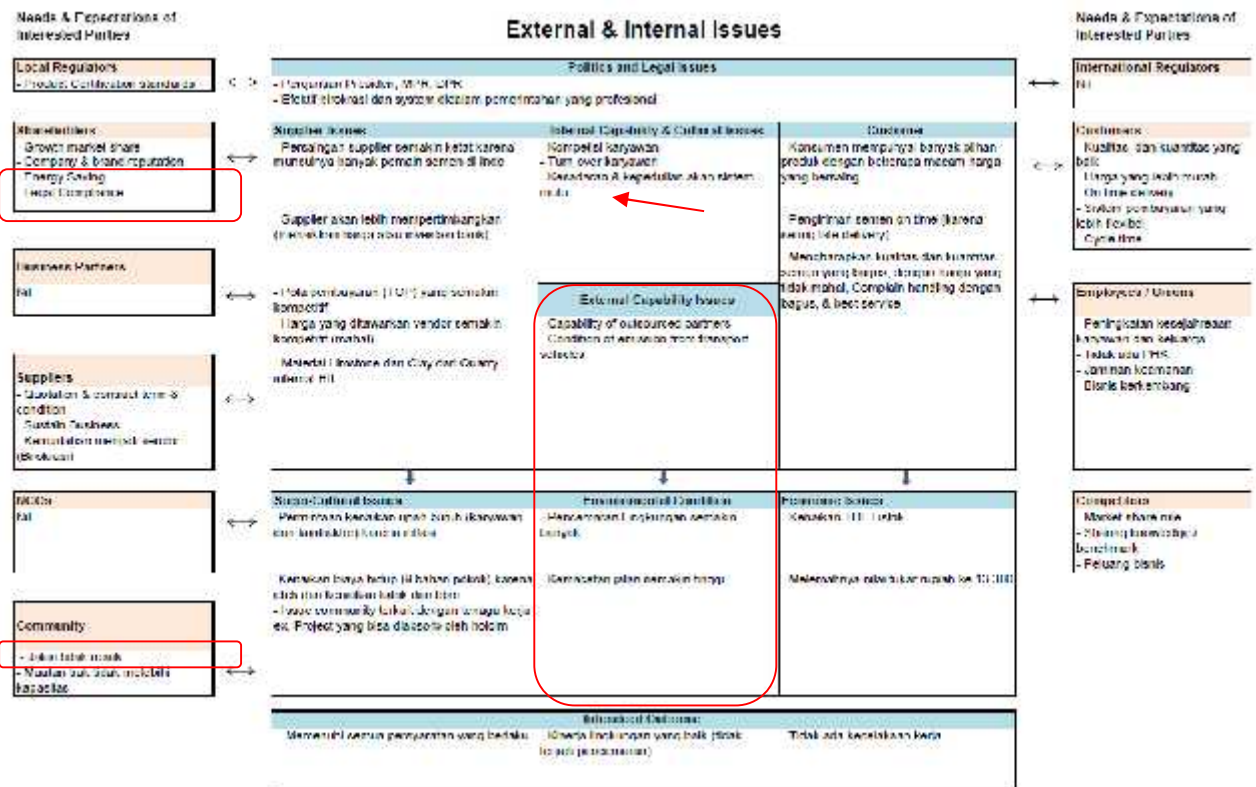
2.2 Metode Penelitian

Subjek penelitian adalah SML di Departemen *Quarry*. Data diambil dengan metode observasi dan wawancara berdasarkan persyaratan ISO 14001:2015. Persyaratan dibandingkan dengan data dari dokumen rekaman dan bukti lain yang ada di Departemen *Quarry*. Hasil perbandingan tersebut menentukan sejauh mana Departemen *Quarry* menerapkan ISO 14001:2015.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konteks Organisasi

Pabrik Semen Tuban telah menetapkan isu internal, isu eksternal dan lingkup sesuai dengan persyaratan ISO 14001:2015. Lingkup organisasi Pabrik Semen Tuban telah dibuat dalam bentuk informasi terdokumentasi (Gambar 2).



Gambar 2 Konteks Organisasi Pabrik Tuban

3.2 Kepemimpinan

Manajemen puncak dituntut untuk berkomitmen dalam pelaksanaan SML yaitu dengan cara memberikan akuntabilitas terhadap keefektifan SML, menetapkan kebijakan lingkungan, dan menyediakan sumberdaya yang dibutuhkan untuk penerapan SML. Pabrik Semen Tuban telah berkomitmen.

Kebijakan lingkungan Pabrik Semen Tuban telah sesuai dengan persyaratan ISO 14001:2015. Berikut ini adalah persyaratan mengenai Kebijakan Mutu dan Lingkungan ISO 14001:2015:

- sesuai dengan lingkup, tujuan serta konteks organisasi,
- menyediakan kerangka kerja untuk menetapkan tujuan lingkungan,
- mencakup komitmen untuk perlindungan terhadap lingkungan seperti pencegahan polusi, perubahan iklim, keanekaragaman hayati dan lain-lain,
- mencakup komitmen untuk menaati *compliance obligation*, dan
- mencakup komitmen untuk pengembangan berkelanjutan.

3.3 Perencanaan

Pabrik Semen Tuban telah mengidentifikasi risiko dan peluang berdasarkan isu eksternal dan internal, kebutuhan dan ekspektasi pihak terkait serta lingkup SML. Risiko dan peluang Pabrik Semen Tuban.

Pabrik Semen Tuban memiliki prosedur untuk menjelaskan metodologi untuk penilaian pengendalian aspek lingkungan. Penilaian aspek lingkungan dilakukan untuk seluruh produk dan jasa. Penilaian aspek lingkungan dapat dilakukan secara *online* berdasarkan metodologi yang telah diatur dalam *software* internal untuk sistem manajemen mutu, lingkungan, dan keselamatan kerja (*envoy*). Departemen *Quarry* juga telah menilai dan mengunggah aspek lingkungan di *envoy*. Berikut ini adalah beberapa aspek yang berkaitan dengan kegiatan operasional di *Quarry*.

Tabel 1 Aspek Lingkungan Departemen *Quarry*

Jenis Dampak	Sumber Dampak	Tolok Ukur Dampak	Tujuan Pengelolaan Lingkungan
Penurunan kualitas udara ambien (kadar debu)	Penambangan tanah liat dan mesin peremuk batu	Peraturan Gubernur Jatim No. 10 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambient dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur	<ul style="list-style-type: none">) Meminimalkan kadar debu di udara) Meminimalkan risiko kesehatan akibat kandungan debu di udara
Penurunan mutu udara (PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ , HC, Pb)	Emisi gas buang dari alat berat	Peraturan Gubernur Jatim No. 10 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambient dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur	Mencegah agar kadar parameter polutan udara terukur tidak melebihi baku mutu udara ambien
Perusakan Tanah	Kegiatan penambangan (pengupasan tanah pucuk) dan reklamasi bekas tambang	Tebal solum tanah	Mengamankan tanah pucuk yang terkupas, mengurangi <i>run off</i> dan erosi
Penurunan keanekaragaman dan kelimpahan flora dan fauna darat	Kegiatan penambangan (<i>land clearing</i>) dan reklamasi bekas tambang	Perubahan keanekaragaman jenis dan kerapatan flora darat	Meningkatkan keanekaragaman jenis dan kerapatan flora
Perubahan keaktifan proses geomorfologi	Proses penambangan batu kapur dan reklamasi bekas tambang	<i>Run off</i> , erosi dan sedimentasi	<ul style="list-style-type: none">) Mengurangi <i>run off</i>, erosi dan sedimentasi) Meningkatkan infiltrasi

Kewajiban atas kepatuhan (*Compliance Obligation*) merupakan satu diantara persyaratan ISO 14001:2015. Kewajiban atas kepatuhan di Pabrik Semen Tuban, meliputi persyaratan perusahaan, *guideline*, dan peraturan perundang-undangan. Berikut adalah Direktif dan Kebijakan dari perusahaan yang berkaitan dengan aspek lingkungan di Departemen *Quarry*:

- *Environmental Policy & directives*,
- *Water directive*,
- *Quarry Rehabilitation Directive*,
- *Biodiversity Directive*, dan
- *Community & stakeholder*.

Persyaratan Peraturan Perundang-undangan lainnya yang terkait dengan kegiatan operasional di Departemen *Quarry* meliputi :

- Kepmentamben No. 1211.K-008-M.Pe-1995, Pencegahan dan Penanggulangan Perusakan dan Pencemaran
- *Quarry Rehabilitation Directive*
- KEPMEN Pertambangan dan Energi No.555.K/26/M/PE/1995 - Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pertambangan Umum
- Peraturan Kapolri No.2 Tahun 2008 - Pengawasan, Pengendalian, dan Pengamanan Bahan Peledak Komersial
- Surat Izin Kepala Kepolisian Negara RI No. SI-256-1-2014 - Pemilikan, Penguasaan dan Penyimpanan Bahan Peledak
- Surat Izin Kepala Kepolisian Negara RI No. SI-4146-VII-2014 - Penggunaan Sisa Bahan Peledak
- Keputusan Kepala Dinas Pertambangan dan Energi Kab. Tuban No. 188.45/02/HANDAK/KPTS/414.058/2013 -izin Gudang Penyimpanan/Penimbunan HANDAK di Wilayah IUP Operasi Produksi Batu Gamping HIL
- Ijin Usaha Pertambangan (IUP) - Operasi Produksi.

Pabrik Semen Tuban juga telah menetapkan objek lingkungan berdasarkan persyaratan ISO 14001:2015. Salah satu objek lingkungan yang berhubungan dengan operasional *Quarry* adalah tidak ada penyimpangan dari hukum perundang-undangan dan peraturan perusahaan yang berlaku.

3.4 Pendukung

Manajemen Pabrik Semen Tuban, telah menyediakan fasilitas dan dana dalam penerapan SML. Berikut adalah rencana anggaran untuk operasional Departemen *Quarry* sebagai bukti bahwa manajemen puncak telah menyediakan sumberdaya untuk penerapan SML.

Uraian Pekerjaan	Satuan	Kencana 2017	Rencana Anggaran (Rp.)	Rencana Realisasi (Rp.)			
				Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
Ekstraksi Batugamping	ton	3,834,128	26,438,858,780	8,359,724,195	8,359,724,195	8,359,724,195	8,359,724,195
Ekstraksi Clay	ton	983,987	3,451,304,382	862,326,220	862,326,220	862,326,220	862,326,220
Pemuatan & Pengangkutan Batugamping	ton	3,834,128	18,987,721,618	4,896,825,153	4,896,825,153	4,896,825,153	4,896,825,153
Pemuatan & Pengangkutan Clay	ton	983,987	5,857,218,299	1,466,804,574	1,466,804,574	1,466,804,574	1,466,804,574
Pembukaan area Batugamping	ha	10	2,543,009,370	635,972,420	635,972,420	635,972,420	635,972,420
Pembukaan area Clay	ha	30	345,130,430	-	172,565,244	-	172,565,244
Bahan Bakar	liter	2,310,103	4,145,199,988	1,036,299,996	1,036,299,996	1,036,299,996	1,036,299,996
Polimes	liter	7,000	420,000,000	105,000,000	105,000,000	105,000,000	105,000,000
Infrastruktur	unit	-	-	-	-	-	-
Peralatan	unit	-	-	-	-	-	-
K3	paket	1	162,000,000	40,500,000	40,500,000	40,500,000	40,500,000
Pelatihan K3 & Lingkungan	paket	1	201,000,000	50,250,000	50,250,000	50,250,000	50,250,000
Polik Batugamping	Paket	2,750	9,993,052,007	2,490,463,077	2,490,463,077	2,490,463,077	2,490,463,077
Pajak Clay	Rp/ton	3,125	3,081,522,216	770,380,554	770,380,554	770,380,554	770,380,554
Reklamasi Batugamping	ha	1,17	140,400,000	-	-	140,400,000	-
Ekspansi pengaliran	m	1,185	2,000,000,000	1,000,000,000	1,000,000,000	-	-
Reklamasi Clay	ha	3,54	120,000,000	-	-	120,000,000	-
Lindungan Lingkungan	Kpaket	1	100,000,000	100,000,000	100,000,000	100,000,000	100,000,000
Daya Umum	paket	1	2,000,000,000	500,000,000	500,000,000	500,000,000	500,000,000
Total Rencana Biaya			80,304,619,246	20,301,697,190	20,570,962,434	19,743,797,190	19,599,962,434

Pabrik Semen Tuban, telah menunjuk orang yang memiliki kompetensi serta memberikan pelatihan. Berikut adalah beberapa sertifikat yang diperoleh di Pabrik Semen Tuban yang berkaitan dengan SML di Departemen *Quarry*.

- SK Pengangkatan Kepala Teknik Tambang,
- SK Pengangkatan Wakil Kepala Teknik Tambang,
- Sertifikat Juru Ukur,
- Sertifikat Pelatihan Pengendalian Pencemaran Udara,
- Sertifikat Pelatihan Penyusunan AMDAL, dan
- Kartu Izin Meledakan.

Kesadaran orang yang bekerja di Departemen *Quarry* masih belum sepenuhnya sempurna hal tersebut dibuktikan dengan temuan pengawasan standardisasi dan usaha jasa pertambangan kementerian ESDM yaitu sampah yang belum dipilah berdasarkan jenisnya meskipun tempat sampah sudah memiliki label dan warna yang jelas

Pabrik Semen Tuban, telah menyediakan prosedur untuk komunikasi dan pengendalian dokumen dan rekaman. Komunikasi dan pengendalian dokumen dan rekaman telah berjalan dengan baik di Departemen *Quarry*.

3.5 Operasi

Proses operasional di Departemen *Quarry* diatur dalam *guideline* operasional *Quarry*. *Guideline* tersebut digunakan sebagai petunjuk pelaksanaan penambangan bahan baku semen dan bahan pengisi agar kegiatan penambangan dapat berjalan dengan baik dengan memperhatikan sistem manajemen mutu, lingkungan dan keselamatan kerja. Dokumen tersebut juga telah direvisi pada perubahan peraturan maupun perubahan aktivitas.

Pabrik Semen Tuban, memiliki prosedur untuk menangani kondisi darurat yaitu penanganan darurat tumpukan bahan kimia, persiapan kondisi darurat dan respon OHS (*Occupational Health and Safety*) dan *environmental management guideline*. Prosedur tersebut juga digunakan di Departemen *Quarry*.

3.6 Evaluasi Kinerja

Pabrik Semen Tuban, telah menyediakan prosedur untuk pengukuran dan pemantauan. Kinerja lingkungan, mutu dan keselamatan diukur dan dipantau secara berkala untuk menentukan kelangsungan, kecocokan kecukupan dan efektivitasnya. Pemantauan dan pengukuran dilakukan untuk hal-hal:

- Pencapaian tujuan dan target lingkungan mutu dan keselamatan,
- Kepatuhan hukum dan persyaratan lainnya,
- Indikator kepuasan konsumen,
- Indikator kinerja proses,
- Indikator tampilan produk,
- Indikator performa/tampilan lingkungan,
- Peralatan pemantauan dan pengukuran,
- Hasil audit internal dan tindak lanjut,

- Hasil identifikasi bahaya dan analisis risiko, dan
- Pemantauan Higiene Industri.

Manajer yang bersangkutan dan personil yang ditunjuk harus menjamin bahwa parameter diukur dan dimonitor sesuai dengan frekuensi dan metode yang ditentukan. Personil yang ditunjuk harus bertanggung jawab untuk menganalisis, *me-review* dan melaporkan hasil pemantauan dan pengukuran untuk melacak kecocokan, kecukupan, dan efektivitas SML dan untuk menjamin kepatuhan hukum (yaitu RKL/RPL). Jika hasil pemantauan dan pengukuran tidak sesuai dengan persyaratan atau keinginan konsumen, internal, dan hukum, personil harus melaporkan isu tersebut ke manajer dan mengambil tindakan perbaikan dan pencegahan secepatnya. Tabel 2 berikut adalah salah satu hasil pemantauan lingkungan di Departemen *Quarry*.

Tabel 3 Hasil pengukuran udara ambient di *Quarry*

LABORATORY TEST RESULTS							
Job Number : 1610904				Date : July 12, 2016			
Customer : PT HOLCIM INDONESIA, Tbk.				Attention : Mr. Abdul Rozag		Position : S 06° 49' 38.01" E 111° 52' 26.36"	
Lab. Sample	Customer Sample ID	Matrix	Date Sampled	Time Sampled	Date Received	Time Received	Interval Analysis
1610904-14/74	STP Quarry	Waste Water	19/06/2016	09:00	22/06/2016	09:43	22/06 to 12/07
NO.	TEST DESCRIPTION	RESULT	REGULATORY LIMIT*	UNIT	METHOD		
1	Biochemical Oxygen Demand, BOD ₅ **	17	30	mg/L	APHA 5210 B-2012		
2	Chemical Oxygen Demand, COD **	48	50	mg/L	SNI 6989.2-2009		
3	pH **	7.80	6 - 9	pH Units	SNI 06-6989.11-2004		
4	Total Suspended Solids, TSS **	3	50	mg/L	SNI 06-6989.3-2004		
5	Oil and Grease **	<1.4	10	mg/L	SNI 6989.10-2011		
6	Temperature **	28.8	-	°C	SNI 06-6989.23-2005		

* Governor of East Java Decree No. 72/2013 (Attachment B.4) Waste Water Standard Regulation for Other Industrial Activities.

** Accreditation KAN LP326-02V

Pabrik Semen Tuban telah melaksanakan internal audit. Panduan internal audit tercantum dalam prosedur korporat. Panduan bukan hanya digunakan untuk internal audit SML, namun juga digunakan untuk audit sistem manajemen mutu dan keselamatan kerja. Prosedur ini juga menyediakan panduan untuk pelaporan hasil dan status tindak lanjut dari tindakan yang diambil yang ditujukan pada ketidaksesuaian yang ditemukan selama audit untuk meningkatkan kinerja sistem manajemen secara berkesinambungan.

Terdapat dua *review* manajemen tinjauan tingkat pertama dilakukan melalui rapat atau pertemuan manajemen mingguan atau bulanan untuk setiap lokasi pabrik fungsi yang ada termasuk Departemen *Quarry* Pabrik Tuban. Agenda *review* harus memuat perkembangan dari hari ke hari, problem atau pertimbangan penting mengenai implementasi dan pemeliharaan sistem manajemen. *Items* tindakan harus ditulis dalam *action log* perusahaan.

Review tingkat kedua ditujukan untuk kinerja sistem manajemen tingkat korporat. Tinjauan dilakukan sekali atau lebih dalam satu tahun berjalan. *Corporate management review meeting* tersebut dapat digabungkan dalam rapat Dewan Direksi atau rapat secara khusus.

3.7 Peningkatan

Sesuai dengan Kebijakan Mutu dan Lingkungan PT Holcim Indonesia telah berkomitmen untuk selalu melakukan peningkatan berkelanjutan. Pabrik Semen Tuban juga melakukan tindakan perbaikan dan pencegahan jika terdapat ketidaksesuaian.

3.8 Hasil Observasi Lapangan

Meskipun telah melaksanakan ISO 14001:2015, masih ditemukan beberapa temuan di Departemen *Quarry* dari hasil observasi:

- Ada beberapa *standard form* yang belum diisi karena dirasa tidak efektif atau sudah ter-cover dengan *standard form* lain, namun masih tersedia di *envoy* contohnya *SF5095 Daily mine planning*.
- AC yang digunakan di kantor *Quarry* dan kantor kontraktor *Quarry* belum terpasang stiker bebas CFC dan HCFC, dan perlu dipastikan juga bahwa Freon yang digunakan bebas CFC dan HCFC.
- Tempat sampah di kantor *Quarry* dan kantor *Quarry* masih belum memiliki label organik, anorganik, dan kertas, sehingga sampah belum terpilah.

- Kebijakan Mutu dan Lingkungan yang dipajang di kantor *Quarry* dan kantor kontraktor *Quarry* merupakan kebijakan versi lama yang belum sesuai dengan persyaratan ISO 14001:2015.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Departemen *Quarry* telah melaksanakan SML dengan cukup baik, namun masih ada penerapan yang belum sesuai seperti kurangnya kesadaran orang yang bekerja dibawah kendali Departemen *Quarry*. Beberapa temuan hasil observasi yang belum sesuai juga menjadi kekurangan dari penerapan SML di Departemen *Quarry*.

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat diberikan diantaranya

- Mengingatkan kesadaran orang yang bekerja dibawah organisasi tentang pentingnya menjaga lingkungan
- Merevisi kembali standard form, jika dirasa tidak efektif maka harus dihapus dari *envoy*
- Memastikan bahwa Freon AC yang digunakan CFC dan HCFC serta memasang stiker bebas CFC dan HCFC.
- Menyediakan label untuk tempat sampah di kantor *Quarry* dan kantor kontraktor *Quarry*.
- Mengganti Kebijakan Mutu dan Lingkungan yang dipajang di kantor *Quarry* dan kantor kontraktor *Quarry* dengan Kebijakan Mutu dan Lingkungan versi terbaru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan terima kasih kepada Bapak Uko, Bapak Rozaq, dan Bapak Sholeh atas bimbingan selama penelitian dan penulisan, serta kepada Bu Elfira, Pak Ristanto, dan Tim *Quarry* yang telah memberikan dukungan dalam pembuatan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Edwards, A.J. 2001. *ISO 14001 Environmental Certification Step by Step*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [2] Ridwan, I. R. 2016. Dampak Industri terhadap Lingkungan dan Sosial. *Jurnal Gea*, 7(2).
- [3] Moris, Alan. 2004. *ISO 14000 Environmental Management Standards Engineering and Financial Aspects*. West Sussex, John Wiley & Sons.
- [4] ISO 2009. *Environmental management The ISO 14000 family of International Standards*.
- [5] ISO 2015. *Introduction to ISO 14001:2015*, Switzerland, ISO Central Secretariat.

ANALISA KERUSAKAN *SHAFT SCREW CONVEYOR L92-SC4* DI PABRIK SEMEN HOLCIM CILACAP

Ribawa Gayuh Utama¹, Sidiq Ruswanto²

¹Ribawa Gayuh Utama, Jalan Diponegoro No 10A, Adipala Cilacap, 081391913888, ribawagayuhh.holcim@gmail.com,

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Screw Conveyor merupakan salah satu alat atau sarana pemindah material di mana memanfaatkan putaran ulir untuk mendorong material agar mengalir. Shaft screw merupakan bagian dari screw conveyor yang digunakan untuk mentransmisikan putaran dan torsi dari motor penggerak menuju ke helical blade screw conveyor. Selama ini intensitas downtime screw conveyor tinggi, yang di sebabkan oleh kerusakan shaft screw. Kerusakan tersebut berdampak langsung pada terhentinya oprasi kiln sehingga kiln tidak dapat memproduksi clinker. Setelah dilakukan analisa, kerusakan shaft disebabkan karena misalignment antara shaft screw dan cover screw. Metode yang dilakukan adalah alignment ulang pada screw conveyor. Dengan dilakukannya alignment diketahui kemiringan yang dialami oleh flange screwconveyor terhadap shaft adalah 8mm atau 2,19°.

Kata kunci: *Screw conveyor, kerusakan, Shaft, kiln oprasi, alignment.*

Abstract

Screw Conveyor is one of the tools or material transfer means in which the use of screw rotation to push the material to flow. The screw shaft is part of the screw conveyor used to transmit rotation and torque from the driving motor to the helical blade screw conveyor. During this time the intensity of high screw conveyor downtime, which is caused by damage to the screw shaft. The damage has a direct impact on the cessation of kiln oprasi so that the kiln can not produce clinker. After analysis, shaft damage is caused by misalignment between the screw shaft and screw cover. The method used is re-alignment on screw conveyor. By doing alignment so life time shaft screw increases.

Key word: *Screw conveyor, damage, Shaft, kiln oprasi, alignment.*

1. PENDAHULUAN

Salah satu equipment yang sangat penting di proses pembuatan semen adalah alat transport. Alat transport ini memiliki fungsi utama yaitu sebagai pemindah material dari tahap satu ke tahap berikutnya. Dalam industri semen ada berbagai alat transport yang digunakan sesuai jenis dan jumlah material yang di angkutnya salah satu jenis alat angkutnya adalah *screw conveyor*. Kebanyakan didalam pabrik semen *screw conveyor* digunakan sebagai pemindah material hasil dari penyaringan *bag filter*. Salah satu bagian *screw conveyor* yang penting adalah *shaft*. *Shaft* adalah bagian stasioner yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen seperti roda gigi, *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. *Shaft* bisa menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekanan atau beban puntiran yang bekerja sendiri sendiri atau berupa gabungan satu dengan yang lainnya. Fungsi utama dari *shaft* adalah menyalurkan daya dan putaran ke sisi output. Apabila terjadi kerusakan pada shaft dapat di pastikan daya dan putaran dari motor tidak dapat di transfer ke sisi output dan berujung pada terganggunya proses produksi semen.

Latar Belakang Masalah

Shaft adalah bagian poros pada sebuah alat dan merupakan bagian utama dari sebuah mesin yang berputar. *Shaft* pada *Screw conveyor* berfungsi untuk memindah daya dari motor dan konektor langsung dengan reducer motor tanpa adanya coupling. *Screw conveyor* ini memliki HAC (*Holcim Aset Code*) *L92-SC4* berada di area *coalmill* dan berfungsi sebagai alat pemindah produk *fine coal*. Dalam kondisi oprasi *screw conveyor* ini sering mengalami masalah yang menyebabkan terganggunya produksi *fine coal* yang merupakan bahan bakar utama dari proses pembakaran di *kiln* dan *preheater*. Salah satu penyebabnya adalah patahnya *shaft screw*. Dalam satu tahun terakhir telah terjadi 4 kali *breakdown* pada *kiln* yang di akibatkan oleh masalah *shaft* tersebut dan berdampak pada tehentinya proses produksi *clinker* (semen setengah jadi). Hal ini merugikan perusahaan baik dari segi produksi, dan juga perbaikan. Penelitian ini merupakan salah satu cara untuk menentukan penyebab utama terjadinya kerusakan shaft pada *screw conveyor*.

Permasalahan

Dalam periode satu tahun terakhir terjadi 4 kali kerusakan *shaft screw* dan 2 kali kerusakan yang mengakibatkan *breakdown kiln operation*. Interval antara *breakdown* yang terjadi juga tidak konstan yaitu antara 1 sampai 3 bulan. Umur aktual shaft yang pendek dan tidak sesuai dengan perkiraan umur shaft merupakan masalah utama pada *shaft screw conveyor*. Masalah yang timbul dalam analisa ini adalah bagaimana menentukan penyebab kerusakan pada *shaft screw conveyor*.

Batasan Masalah

Masalah yang terjadi pada *screw conveyor* meliputi masalah *mechanical, electrical, dan process*. Agar pembahasan masalah tidak terlalu luas, maka pengamatan hanya dilakukan pada masalah *mechanical* yang terjadi pada *shaft screw*.

Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari adanya analisa ini adalah untuk mengetahui analisa kerusakan shaft screw pada screw conveyor L92-SC4 di pabrik semen Holcim Cilacap.

Luaran Tugas Akhir

Luaran dari tugas akhir ini adalah berupa jurnal politeknologi dan prosiding SNTM (Seminar Nasional Teknik Mesin).

Manfaat Tugas Akhir

Bagi Penulis

Menambah pengetahuan tentang alat angkut *screw conveyor*.

Bagi PT. Holcim Indonesia Tbk.

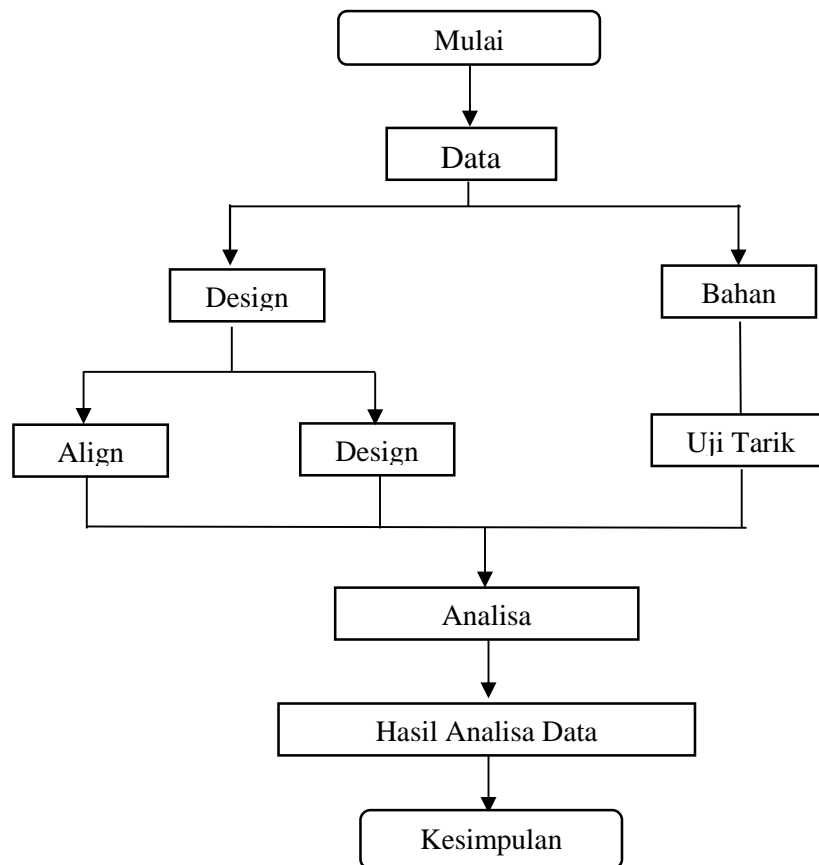
Mengetahui penyebab kerusakan shaft pada *screw conveyor L92-SC4* dan meminimalkan intensitas *breakdown* yang menyebabkan produksi terhenti.

Bagi Politeknik Negri Jakarta

Menjalin hubungan baik dengan dunia industri, khususnya PT. Holcim Indonesia Tbk.

2. METODE PENELITIAN

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:



Gambar 1. Diagram Alir Tugas akhir

2.1 Penjelasan Diagram Alir

2.1.1 Mulai

Tugas akhir dapat dimulai apabila judul telah ditentukan dan proposal telah disusun.

2.1.2 Pengumpulan Data

Data untuk penelitian ini diperoleh langsung dari pengamatan lapangan, wawancara dengan karyawan dari departemen terkait dan data TIS sebagai data utama. Dasar teori dan tinjauan literatur dari buku manual, jurnal, dan internet yang terkait dengan penelitian ini juga diperlukan sebagai data pelengkap.

2.1.3 Pengolahan Data

Data yang diperoleh akan diklasifikasikan dan diolah serta akan menjadi dasar dalam menentukan langkah apa saja yang akan dilakukan untuk penelitian ini. Dalam penelitian ini data akan diklasifikasikan dalam 3 kelompok yaitu data proses, perawatan, desain dan material. Setelah semua data terkumpul, maka dapat diambil hipotesa awal terhadap permasalahan tugas akhir ini.

2.1.4 Analisa Data

Data yang sudah diklasifikasikan akan di analisa dengan metode yang sesuai untuk masing masing kelompok, untuk data proses dan perawatan akan dilakukan metode RCA (*Root Cause Analysis*) sedangkan data desain dan material akan di analisa dengan melakukan perhitungan ulang terhadap kekuatan material dan uji tarik raw material.

2.1.5 Hasil Analisa Data

Hasil yang diperoleh dari analisa data yang dilakukan akan digunakan untuk menentukan akar masalah kerusakan *shaft screw conveyor*, hasil tersebut akan dibandingkan terhadap hipotesa awal dan dilakukan evaluasi untuk menentukan solusi dari akar masalah tersebut.

2.1.6 Kesimpulan dan Saran

Setelah hasil analisa data diketahui maka dapat diambil kesimpulan terkait penyebab kerusakan pada *shaft screw conveyor*, saran maupun rekomendasi yang tepat dapat diambil untuk meminimalkan *breakdown* akibat kerusakan *shaft screw conveyor*.

2.2 Waktu dan Pelaksanaan Tugas Akhir

Tempat pelaksanaan tugas akhir ini dilakukan di PT Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap dan laboratorium mesin Politeknik Negeri Jakarta. Waktu pelaksanaan analisa dilakukan mulai bulan Januari 2017 sampai Juni 2017.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Dampak Kerusakan Screw Conveyor

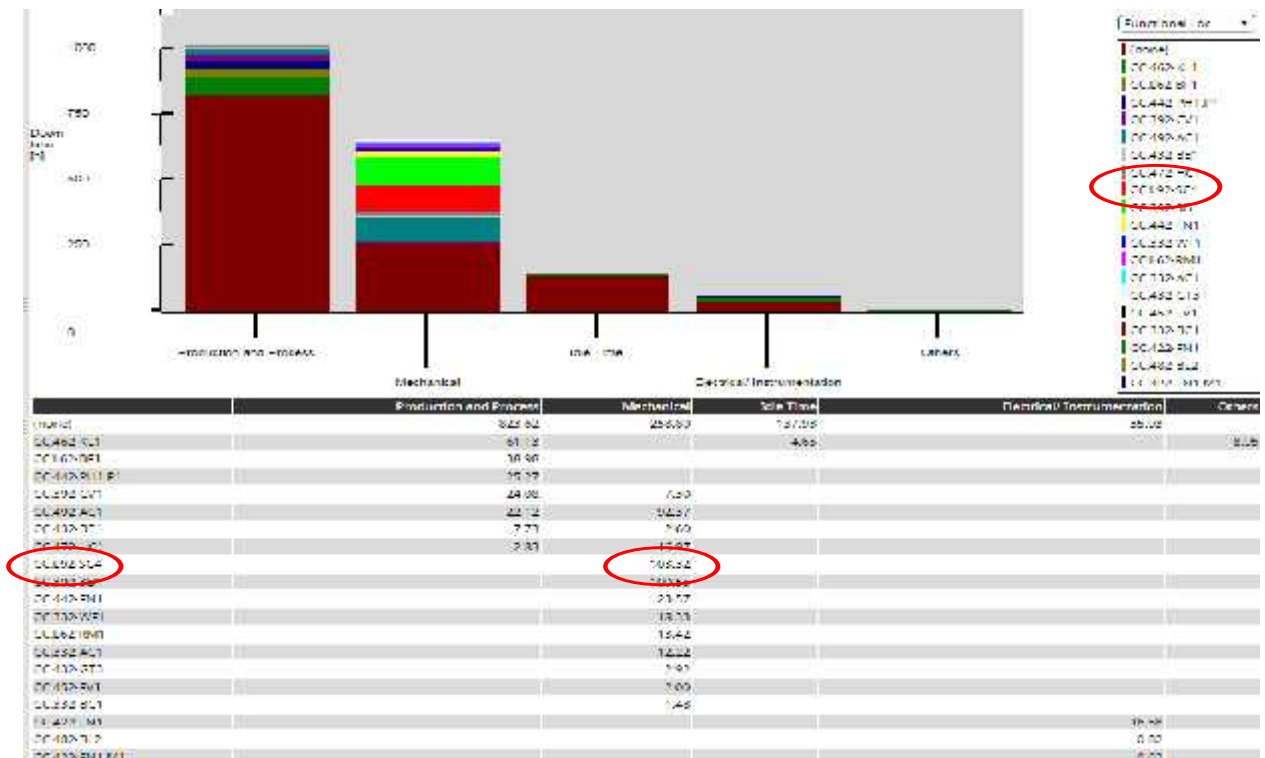
Bag filter adalah alat yang menerima gas mengandung debu, menyaringnya, mengumpulkan debunya, mentransport debu ke *equipment* selanjutnya dan mengeluarkan gas yang bersih ke *atmosfer* (Buonicore and Davis, 1992).

Bag filter L62-BF1 menarik material *fine coal* hasil produk dari *coal mill* L62-RM1. Material *coal* yang telah halus di tarik masuk oleh fan L62-FN2 ke *bag filter chamber*. Di *bag filter chamber* terjadi penyaringan udara dengan *fine coal*. *Fine coal* yang mengendap kemudian turun ke *hopper* dan selanjutnya masuk ke dalam alat angkut yaitu *screw conveyor* untuk kemudian di salurkan ke proses selanjutnya.

Jadi bisa di katakan bahwa *screw conveyor* merupakan satu kesatuan dari *bag filter* yang tidak bisa di pisahkan, apabila *screw conveyor* mengalami masalah maka *bag filter* L62-BF1 tidak dapat bekerja. Akibat dari L62-BF1 tidak dapat berfungsi maka *coal mill* tidak dapat memproduksi *fine coal*, kemudian dapat mengakibatkan produksi *clinker* terhenti karena bahan bakar utama *burner* dan *precalciner* adalah *fine coal*.

Bag filter L62-BF1 merupakan *bag filter* proses dikarenakan *bag filter* ini adalah peralatan yang terlibat langsung dalam proses *fine coal separation* dari produk L62-RM1, sehingga peran L92-SC4 sangat penting.

Sejarah performa dari L92-SC4 selama satu tahun terakhir ini memiliki performa yang buruk. Dilihat dari data *technical information system (TIS)*, *kiln down time* yang di sebabkan oleh bermasalahnya L92-SC4 sangat tinggi. Bisa dikatakan sebagai *bad actor* dalam terjadinya berhentinya *kiln* produksi selama satu tahun terakhir.



Gambar 2. Grafik Kiln Down Time

Gambar di atas adalah grafik dari *kiln down time* selama satu tahun terakhir dari segi produksi, mekanikal dan elektrik instrumen. Dilihat dari grafik di atas bias kita simpulkan bahwa penyumbang *kiln down time* terbesar dari segi mekanikal adalah L92-SC4 dengan durasi waktu total adalah 103.32 jam, hal ini sangat merugikan pabrik.

Tabel 1. Durasi *kiln stop*

No	Tanggal stop	Tanggal start	Durasi (jam)	Keterangan
1	18-05-2016	19-05-2016	9.0	<i>Shaft screw</i> patah.
2	10-09-2016	13-09-2016	83.12	<i>Coal mill stop</i> dikarenakan <i>reducer shaft</i> yang terhubung ke <i>screw</i> patah.
3	23-09-2016	24-09-2016	20.20	<i>Shaft screw</i> kembali patah.
Total durasi			112.32	

Kerugian biaya perbaikan dan proses produksi clinker yang terhenti adalah sebagai berikut :

Harga 1 ton clinker type I	= Rp 421.218
Lama waktu stop produksi	= 112.32 jam
Kapasitas produksi clinker	= 6469 t/hari
	= 269,5 t/jam
Jumlah kerugian ketika stop	= 656.984 x 112,32 x 269,5
	= Rp 12.750.369.000,00
Rental crane 50 ton	= Rp 23.184.000,00
Biaya Fabrikasi perbaikan	= RP 265.450.000,00
Total kerugian	= Rp 13.039.003.000,00

3.2 Analisa Kerusakan

Untuk mengetahui penyebab kerusakan *shaft screw* pada *screw conveyor* maka dilakukan analisa terhadap aspek perhitungan dan bahan *shaft*, *alignment* dari *screw conveyor*, serta prosedur *maintenance* pada *screw conveyor*.

3.2.1 Analisa Perhitungan Dan Bahan Poros

Untuk memastikan *shaft screw* mampu menerima beban aktual maka dilakukan perhitungan ulang desain dan analisa bahan *shaft screw*. Bahan yang digunakan untuk *shaft screw* distributor adalah AISI4140 atau yang umum dikenal dengan VCL 140. Ada banyak sistem penomoran baja yang digunakan secara global, salah satunya adalah standar AISI (*American Iron & Steel Institute*). Dalam sistem penomoran AISI digunakan pedoman berdasarkan 2 angka pertama dan 2 angka terakhir.

) 2 angka pertama menunjukkan tipe atau jenis baja. 41XX menunjukkan jenis baja *chromium molybdenum*.

) 2 angka terakhir menunjukkan kandungan karbon pada baja. XX40 menunjukkan jumlah karbon pada baja adalah 0,4%.

Jadi VCL140 atau AISI4140 adalah baja paduan dengan bahan paduan *chromium, molybdenum* dengan kandungan karbon 0,4%. Untuk memastikan kekuatan material sesuai dengan spesifikasi maka dilakukan pengujian tarik terhadap sampel material VCL140 di laboratorium mesin Politeknik Negeri Jakarta. Berikut adalah data hasil pengujian tarik sampel VCL140 :

Tabel 2. Tabel hasil uji tarik sampel VCL140

LABORATORIUM TEKNIK MESIN						
LAPORAN PENGUJIAN TARIK VCL140/AISI4140						
NO	DIAMETER	LUASAN	GAYA	TEGANGAN	L	REGANGAN
1	8	50,24	59.474	1183,8	0,0281	0,00563
2	8	50,24	52.937	1053,7	0,0250	0,00501
3	8	50,24	54.143	1077,7	0,0256	0,00513
4	8	50,24	52.299	1041,0	0,0247	0,00495
RATA RATA TEGANGAN				1089,05 N/mm ²		

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa kekuatan tarik rata-rata VCL140 mencapai 1089,05N/mm², yang artinya nilai tersebut memenuhi spesifikasi kekuatan tarik standar VCL140 yaitu antara 900 – 1100N/mm² dan layak digunakan sebagai bahan *shaft*. Setelah kekuatan tarik material diketahui maka perhitungan desain *Shaft* dapat dilakukan.

Hal pertama yang harus dihitung adalah tegangan geser izin material (τ_a).

Diketahui : Bahan poros distributor AISI4140/SCM440/VCL140

$$\begin{aligned} \sigma_{tarik} &= 1089,05 \text{ N/mm}^2 & \text{Ø Poros} &= 76 \text{ mm} \\ Sf1 &= 5,6 & Sf2 &= 1,3 - 3,0 \text{ (2.0)} \\ \tau_a &= \frac{Sf1 \times Sf2}{5.6 \times 2} \\ \tau_a &= \frac{1089,05}{5.6 \times 2} \\ \tau_a &= 97,23 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Nilai $Sf1$ diambil dari batas kelelahan puntir material, sedangkan $Sf2$ diambil berdasarkan pertimbangan adanya alur pasak atau poros yang dibuat bertangga.

Ditinjau dari fungsi poros dan arah pembebanan aktual yang terjadi, maka poros motor distributor merupakan jenis dari *shaft* transmisi yang mengalami pembebanan kombinasi antara pembebanan puntir dan pembebanan lentur.

Pembebanan puntir berasal dari putaran *shaft* yang menerima transferan daya dari motor, dan pembebanan lentur terjadi karena beban dari screw conveyor itu sendiri yang bertumpu pada dua bearing yang berjarak 7300mm.

Setelah jenis pembebanan diketahui maka besarnya momen puntir dan momen lentur dapat dihitung.

Diketahui :

) Massa hollow shaft

Jenis hollow pipe SS 304 berat per meter 13,56kg/m
 Diameter 3,5 inches sepanjang 7000mm
 $13,56\text{kg/m} \times 7000\text{mm} = 94,92 \text{ kg}$ $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$$F_h = 94,92 \times 9.81 = 931,1 \text{ N}$$

Massa blade screw

Blade dari screw conveyor terbuat dari plat berbentuk cincin anulus yang di gabungkan kemudian di tarik sehingga berubah menjadi helix.

Terdapat 15 plat berbentuk cincin anulus.

$$\begin{aligned} A_{\text{blade}} &= 15 (\mu \cdot r_1^2 - \mu \cdot r_2^2) \\ &= 15 (241.799,6 \text{ mm}^2 - 12.265 \text{ mm}^2) \\ &= 15 (229.534) \\ &= 3.443.019 \text{ mm}^2 = 3,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jenis plat SS304 9mm berat per meter persegi 0,793 kg/cm²

$$\begin{aligned} F_b &= 344 \times 0,793 \\ &= 272,7 \times 9,81 = 2.676 \text{ N} \\ F &= 3.607,1 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen puntir (T) dan momen lentur (M) aktual :

Besarnya momen puntir di rumuskan :

$$\begin{aligned} T &= F \times 0,075 \\ &= 3.607,1 \times 0,075 \\ &= 270,5 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Besarnya momen lentur di rumuskan :

$$\begin{aligned} M &= F \times 7 \\ &= 3.607,1 \times 7 \\ &= 25.249 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Dalam perancangan elemen mesin, jika beban yang terjadi adalah dinamis maka besarnya faktor keamanan adalah 8 - 10

$$\begin{aligned} T_{\text{izin}} &= T \times v \\ T_{\text{izin}} &= 270,5 \times 8 = 2.164 \text{ Nm} \\ M_{\text{izin}} &= M \times v \\ M_{\text{izin}} &= 25.249 \times 8 = 201.992 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Pembebanan puntir dan pembebanan lentur pada *shaft screw* terjadi secara bersamaan, oleh sebab itu perlu dihitung besarnya momen puntir kombinasi (Te) dan momen lentur kombinasi (Me). Dimana Faktor koreksi momen puntir (Kt) dan Faktor koreksi momen Lentur (Km) adalah 2.

$$\begin{aligned} T_e &= \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \\ T_e &= \sqrt{(2 \times 25.249)^2 + (2 \times 270,5)^2} \\ T_e &= \sqrt{2.550.048.004 + 292.681} \\ T_e &= \sqrt{2.550.340.685} \\ T_e &= 50.500,8 \text{ Nm} \\ M_e &= \frac{1}{2} [(K_m \times M) + \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2}] \\ M_e &= \frac{1}{2} [(2 \times 25.249) + \sqrt{(2 \times 25.249)^2 + (2 \times 270,5)^2}] \\ M_e &= \frac{1}{2} (50.498 + 50.500,8) \\ M_e &= \frac{1}{2} (100.998,8) \\ M_e &= 50.529,4 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Dengan nilai momen puntir kombinasi dan momen lentur kombinasi yang sudah diketahui maka penentuan diameter minimal poros sesuai pembebanan aktual dapat di tentukan. Dimana diameter poros menurut momen puntir kombinasi (D_{te}) dan diameter poros menurut momen lentur kombinasi (D_{me}).

$$D_{te} = \sqrt[3]{\frac{T_e \times 16}{\pi \times \tau_{sa}}}$$

$$D_{te} = \sqrt[3]{\frac{50.500.800 \times 16}{3,14 \times 97,23}}$$

$$D_{te} = \sqrt[3]{\frac{101.608.405}{305,3022}}$$

$$D_{te} = \sqrt[3]{332.812,557}$$

$$D_{te} = 69,3 \text{ mm}$$

Diameter minimum dari momen puntir kombinasi adalah 69,3 mm

$$D_{me} = \sqrt{\frac{M_e \times 16}{\pi \times \tau_a}}$$

$$D_{me} = \sqrt{\frac{50.529.400 \times 16}{3,14 \times 97,23}}$$

$$D_{me} = \sqrt{\frac{105.168.090}{305,3022}}$$

$$D_{me} = \sqrt[3]{344.472,101}$$

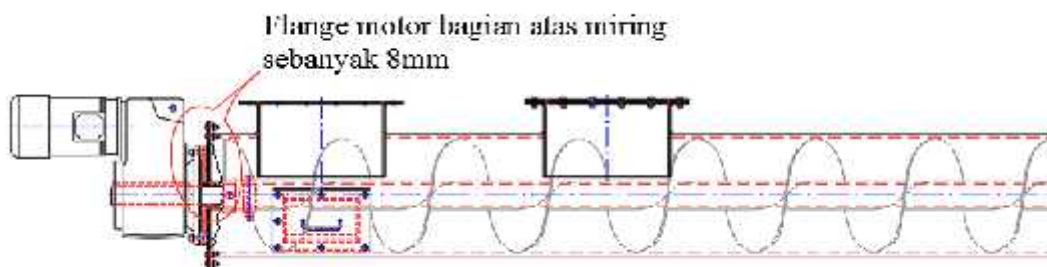
$$D_{me} = 70,1 \text{ mm}$$

Diameter minimum dari momen lentur kombinasi adalah 70,1 mm.

Diameter minimum yang ditentukan sebagai referensi adalah diameter terbesar dari hasil perhitungan di atas yaitu 70,1 mm. Jadi diketahui bahwa diameter poros aktual dari *screw conveyor* di lapangan adalah 75 mm dan masih memenuhi setandar design. Jadi patahnya *shaft Screw conveyor* tidak terjadi karena kesalahan design perancangan penentuan diameter dan jenis material bahan yang ditentukan.

3.2.2 Analisa Alignment

Pada kerusakan *shaft screw* yang terakhir pada tanggal 23 September 2016 dilakukan perbaikan *shaft screw* dan juga dilakukan pengecekan *alignment* dari *flange support screw* dengan *shaft screw conveyor*. Dikarenakan sebelum kerusakan ini terjadi, terdapat indikasi terjadinya *misalignment* pada *screw conveyor*. Setelah dilakukan pengecekan diketahui bahwa terdapat *misalignment*. *Flange motor side* bagian atas bergeser sebanyak 8mm dari yang seharusnya.



Gambar 3. Flange motor side miring kedalam



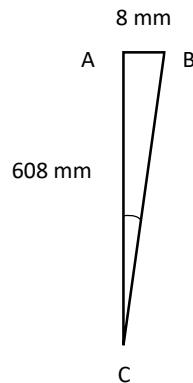
Gambar 4. Jarak kemiringan flange

Untuk mengetahui sudut kemiringan :

Diketahui : Jarak kemiringan *flange* dari yang seharusnya adalah 8mm.
Diameter flange adalah 608 mm.

Ditanya : Besarnya sudut kemiringan *flange*.

Jawab :



Besarnya sudut di titik C

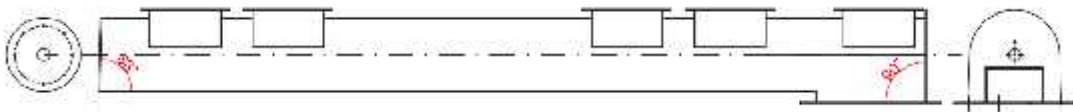
$$\tan \theta = \frac{8}{608}$$

$$\tan \theta = 0,0131$$

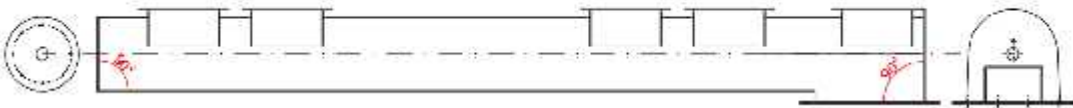
$$\theta = \tan^{-1} 0,0131$$

$$\theta = 2,19^\circ$$

Jadi besarnya sudut kemiringan *flange* adalah $90^\circ - 2,19^\circ = 87,81^\circ$ yang seharusnya tegak lurus 90° .

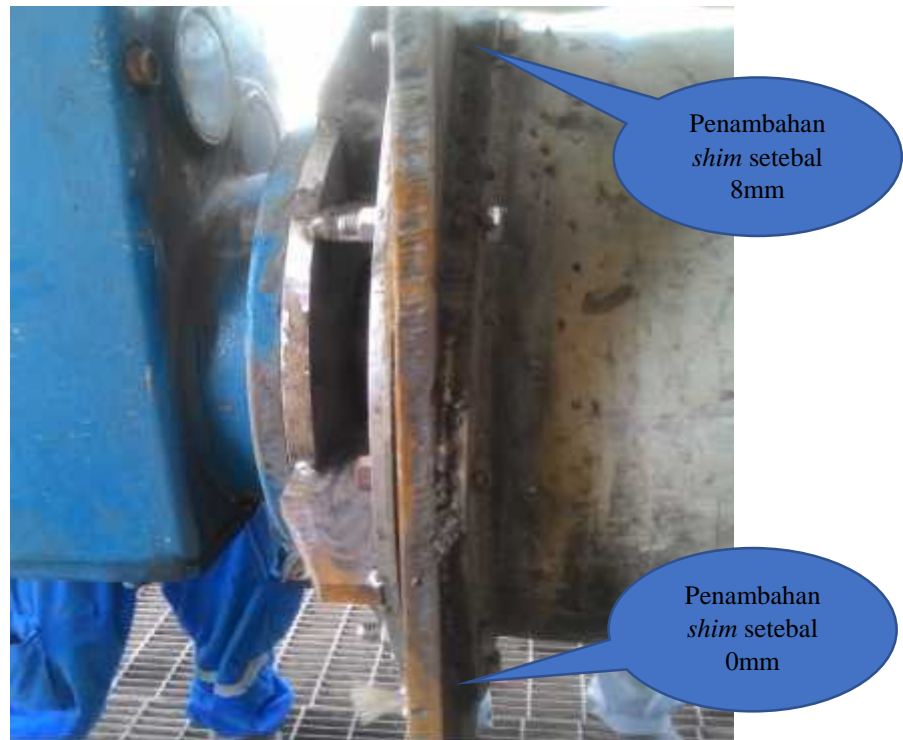


Gambar 5. Sudut kedua flange yang seharusnya 90°



Gambar 6. Kemiringan sudut *flange* bagian motor

Akibat kemiringan *flange* ini menyebabkan *shaft screw conveyor* mengalami *bending* yang seharusnya lurus dikarenakan kedua flange tidak sejajar. Hal tersebut mengakibatkan umur dari *shaft* berkurang dari yang seharusnya. Tindakan yang dilakukan untuk memperbaikinya adalah dengan cara menambah *flange* baru dan memasang *shim* setebal 8mm pada bagian atas flange yang kemudian di las untuk mensejajarkan kedua flange.



Gambar 7. Penambahan flange baru dan shim

Penambahan *flange* baru dan *shim* ini bisa di katakan mudah dan sederhana, tetapi sudah dapat di lihat hasilnya. Perbaikan pada tanggal 23 September 2016 dilakukan pengecekan *alignment* dari *Shaft Screw conveyor* dan di lakukan penanganan. Sekarang pada tanggal 07 Juni 2017 *shaft screw conveyor* belum mengalami tanda tanda akan terjadi kerusakan.

3.2.3 Analisa Aspek Maintenance

Untuk *maintenance* yang dilakukan di *screw conveyor* masih menerapkan sistem *breakdown maintenance*, atau *maintenance* yang hanya dilakukan apabila telah terjadi kerusakan. Untuk inspeksi juga masih sebatas pengecekan visual secara periodik dan belum ada *preventive action* untuk memprediksi atau menghindari terjadinya *breakdown* secara tiba-tiba. Untuk itu perlu meningkatkan *Preventive Maintenance* pada *shaft screw* dengan melakukan pengecekan *Non Destructive Test* pada *shaft* sehingga kita dapat mengetahui kerusakan *shaft* lebih awal dan kondisi *shaft* secara akurat.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat mengambil kesimpulan yaitu :

1. Dari analisa yang dilakukan dapat diketahui bahwa kerusakan poros disebabkan oleh kesalahan *alignment* antara *shaft screw* dengan *flange support bearing shaft screw conveyor* dengan kesalahan sudut $2,29^{\circ}$.
2. Diameter aktual *shaft screw* dari perhitungan diameter minimum yaitu 70,1 mm dan aman.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA). Penulisan TA dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai Diploma III Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta-PT. Holcim Indonesia Tbk. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sejak masa perkuliahan sampai dengan penyusunan laporan TA, sangatlah sulit untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Sidiq Ruswanto, S.T, M.Si, selaku dosen pembimbing, yang sudah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan TA.
2. Dr. Belyamin, M.Sc, Eng., B.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, PNJ, Priyanto, S.T, selaku Manager Program EVE PT Holcim Indonesia Tbk dan EVE Team Cilacap yang telah memfasilitasi dari awal perkuliahan hingga penyusunan laporan TA.

3. Rachmat Pujiyanto, Rochsigit Nugroho, Bambang Kurnianto, Haryono, Hery Sutikno, Yanuar Wibowo, Suryanto, Siam, dan Wahyu Trianto atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan selama berada di departemen *Maintenance Sector Mechanical*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shigley, J. Edward., (1983). "*mechanical engineering*", New york, Free Press.
- [2] Dokumen no BA-635-000045-PP-EN proyek PT Nusantara Cement Plant Expansion Project, (1997). "*MYUNG SUNG operation and maintenance manual for screw conveyor*".
- [3] Anonim., (2014). "*Macam-macam Poros*" Diambil kembali dari www.teknikmesin.org. 10 Maret 2017.
- [4] Bastiar, F., (2015) "*Pengertian Poros Beserta Jenis-Jenisnya pada Elemen Mesin*", Diambil kembali dari <http://fbastiar.blogspot.com>. 13 Maret 2017.
- [5] Rinaldi, (2015). "*Dasar Perencanaan Poros*", diambil kembali dari www.slideshare.net 13 Maret 2017.
- [6] Sularso suga, k. (1997). "*Dasar-Dasar Perencanaan Dan Pemeliharaan Elemen Mesin*", Jakarta, Pradnya Pamita.
- [7] Anonim, (2012). "*Poros & Aksesorisnya*", Diambil kembali dari www.rumah-belajar.org 14 Maret.

4 PERAWATAN DAN PERBAIKAN

PERENCANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN STRANDING 30B3 HENNING DI PT. VOKSEL ELECTRIC Tbk

Tommy¹, M. Zakinura²

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru UI, Depok 16425. Indonesia Tel : (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Penelitian ini didasari oleh peran penting Mesin Stranding 30B3 Henning sebagai alat proses pemintalan material pembentuk serat kabel Medium Voltage (MV) dan disimpan kedalam Bobbin. Bobbin adalah sebuah alat untuk menyimpan gulungan kabel. Dengan durasi pengoperasian mesin setiap hari maka mesin membutuhkan pemeliharaan rutin. Permasalahan yang terjadi adalah tidak tersedianya sistem pemeliharaan Preventive Maintenance (PM) yang cukup baik pada mesin tersebut. Maka dibutuhkan tindakan pemeliharaan terjadwal agar mesin dapat beroperasi pada keandalan yang baik.

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 selenoid (RS), teflon couple (DDC) dan bearing (RS). Interval penggantian 3 komponen tersebut secara terurut yaitu 900 jam, 600 jam dan 1300 jam. Interval pemeriksaan ketiga komponen tersebut yaitu 550 jam, 326 jam dan 357 jam. Jadwal pemeliharaan tersusun pada Giant 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 Stranding Machine 30B3 Henning As a tool for the process of spinning fiber-forming material of Medium Voltage (MV) cables and stored into a bobbin. Bobbin is a tool for storing cable reels. The duration of the operation of the machine every day then the machine requires regular maintenance. The problem is unavailability of system Preventive Maintenance on the machine. Then required scheduled maintenance actions for the machine to operate at a good reliability.

Determination of maintenance schedule obtained based on data needs and processing 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 selenoid (RS), teflon couple (DDC) and bearing (RS). Interval replacement three component with sequentially that is 900 hours, 600 hours and 1300 hours. Interval Inspection three component with sequentially that is 500 hours, 326 hours and 357 hours. Maintenance schedule arranged on Giant 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. Voksel Electric Tbk adalah perusahaan yang bergerak pada bidang produksi kabel. Salah satu jenis mesin dalam proses produksi yaitu mesin Stranding 30B3 Henning. 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 Stranding merupakan mesin pemintal kawat untuk kemudian menjadi kabel setengah jadi. 30B3 memiliki artian proses pemintalan berada pada tahap pemintalan 30 bobbin dengan mesin nomor 3. Bobbin merupakan tempat penyimpanan material kawat. Mesin Stranding merupakan gabungan dari beberapa sub-mesin diantaranya Take Up 2 unit, Double Disc Capstan, Rigid Strander 2 unit dan 2 unit Lifter Bobbin. Untuk menjaga proses produksi tersebut maka setiap sub-mesin harus berada pada keandalan yang baik, karena jika salah satu sub-mesin bermasalah proses stranding 30 bobbin akan terhenti maka pesanan kabel akan ikut terhenti. Dan hasil dari observasi lapangan berupa wawancara terhadap pegawai perusahaan, diketahui proses produksi berlangsung selama 24 jam. Maka untuk menghindari Breakdown Maintenance dan terjadi Down Time, mesin Stranding 30B3 Henning membutuhkan sistem perawatan berupa Preventive Maintenance.

Berdasarkan kebutuhan sekaligus permintaan perusahaan akan sistem perawatan pada mesin Stranding 30B3 Henning 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 dengan hasil akhir berupa jadwal pemeliharaan preventive maintenance yang tersusun kedalam Giant Chart Preventive Maintenance tahun 2017 sebagai solusi bagi perusahaan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Materi

2.1.1 Preventive Maintenance

Perawatan pencegahan adalah perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik karena dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan. Tujuan perawatan pencegahan diarahkan untuk memaksimalkan tingkat *availability* dan meminimalkan ongkos melalui peningkatan *reliability*. Dengan lingkup kegiatan bisa hanya mencakup area proses (*operation, utility, main process, dll*) (Sudradjat, 2011, pp. 17-23).

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 α (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 terajadi.

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).

2.1.8 Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah nilai rata – rata atau nilai yang diharapkan dari waktu perbaikan.

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 *Stranding 30B3 Henning*, 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 *Stranding 30B3 Henning* yang tergambar kedalam *Giant Chart Preventive Maintenance*.

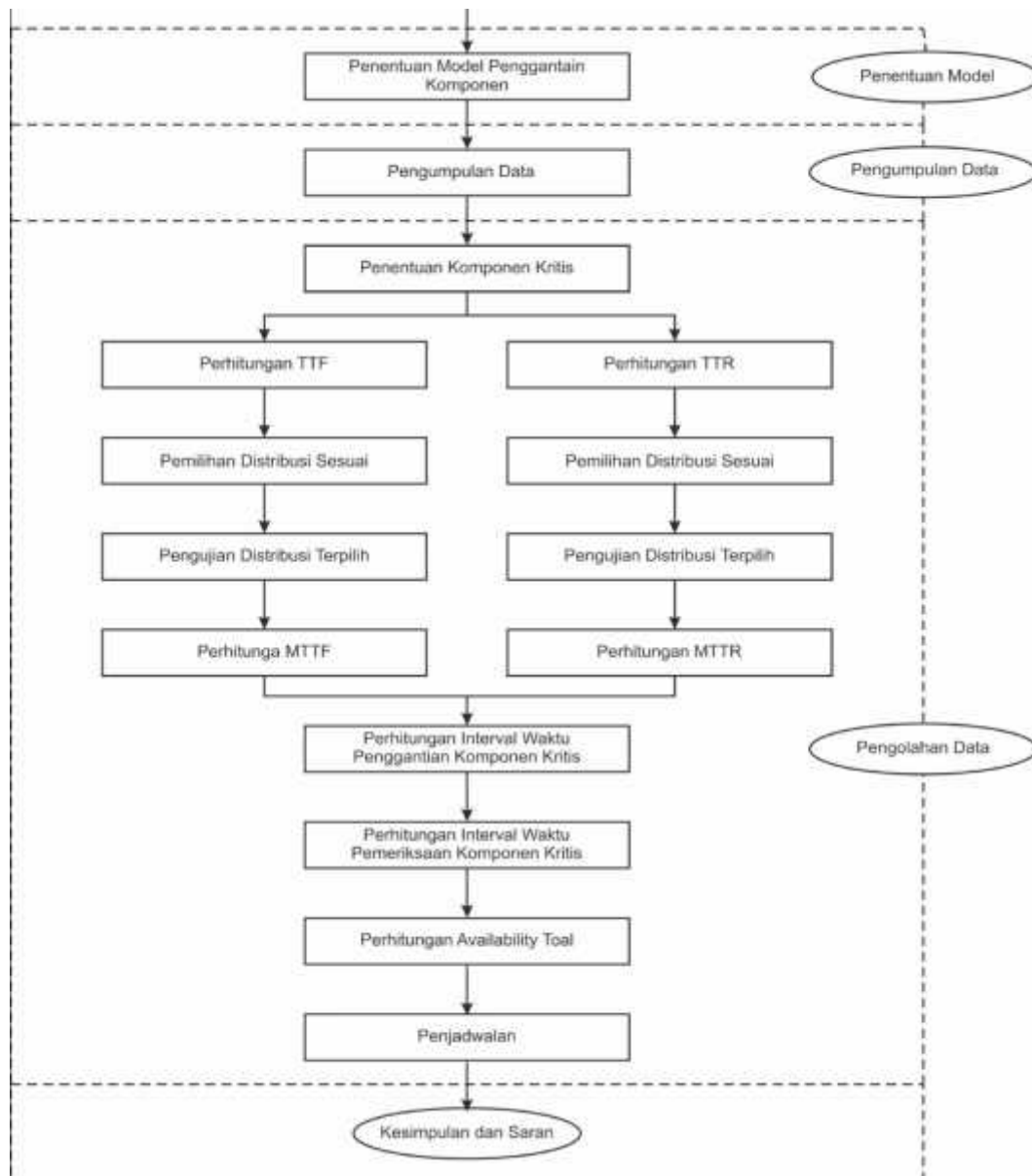


Diagram 1. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komponen Kritis

Komponen kritis yang akan ditentukan jadwal pemeliharannya berdasarkan diagram *Pareto* (*Pareto chart*) yaitu :

1. Selenoid (RS)
2. Teflon couple (DDC)
3. Bearing (RS)

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	Distribusi TTF	Distribusi TTR
1	Selenoid (RS)	Normal	Exponential
2	Teflon couple (DDC)	Weibull	Weibull
3	Bearing (RS)	Lognormal	Weibull

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	Selenoid (RS)	Normal	μ	$\sigma = 627,7043$	1062,6 jam
				$\mu = 1062,6$	
2	Teflon Couple (DDC)	Weibull	$\theta \times \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$	$\theta = 415,0001$	662,041 jam
				$\beta = 0,57215$	
3	Bearing (RS)	Lognormal	$t_{med} .$	$S = 1,186$	1510,652 jam
				$t_{med} = 747,698$	

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai MTTR Komponen Kritis

NO	KOMPONEN	DISTRIBUSI	RUMUS	PARAMETER	NILAI MTTR
1	Selenoid (RS)	Exponential	$\frac{1}{\lambda}$	$\lambda = 0,666666$	1,5 jam
2	Teflon Couple (DDC)	Weibull	$\theta \times \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$	$\theta = 5,598956541$	6,821544691 jam
				$\beta = 0,7275340523$	
3	Bearing (RS)	Weibull	$\theta \times \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$	$\theta = 5,909725094$	5,69354735 jam
				$\beta = 2,235620845$	

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	Solenoid (RS)	900 jam	550 jam
2	Teflon Couple (DDC)	600 jam	326 jam
3	Bearing (RS)	1300 jam	357 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
Solenoid (RS)	0,9981902239	0,9966868831	0,9948845273
Teflon Couple (DDC)	0,991850714	0,9944157593	0,9863119809
Bearing (RS)	0,998034954	0,9948983048	0,9929432839

4. KESIMPULAN

Kesimpulannya adalah interval penggantian komponen solenoid (RS) setiap 900 jam, komponen teflon couple (DDC) setiap 600 jam dan komponen bearing (RS) setiap 1300 jam operasi dengan tingkat *availability total* masing – masing komponen yaitu solenoid (RS) dengan 99,5%, komponen teflon couple (DDC) dengan 98,6% dan komponen bearing (RS) dengan 99,3%.

Solusi bagi perusahaan adalah dengan memberikan rekomendasi bentuk jadwal pemeliharaan yang tersusun pada *Giant Chart Preventive Maintenance Tahun 2017* yang terlampir.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sudradjat, A. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung, Indonesia: PT. Refika Adiatama.
- [2]. Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Penjadwalan Preventive Maintenance Pada Pt. Starmas Inti Aluminium Industry (SIAl). (2012). Retrieved from <https://library.binus.ac.id/Thesis/RelatedSubject/2012-1-00681-TISI>
- [3]. Ika, R. (2007). *Penentuan Interval Penggantian Komponen Secara Preventif untuk Meminimumkan Total Biaya Penggantian Akibat Kerusakan Mesin*. (Unpublished thesis). Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Retrived from <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/5492/Penentuan-interval-penggantian-komponen-secara-preventif-untuk-meminimumkan-total-biaya-penggantian-akibat-kerusakan-mesin>
- [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

GIANT CHART JADWAL PERAWATAN KOMPONEN KRITIS MESIN STRANDING 30B3 HENNING TAHUN 2017																																					
No	Nama Komponen	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	Selenoid (RS)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
2	Teflon Couple (DDC)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
3	Bearing (RS)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
Februari																																					
1	Selenoid (RS)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
2	Teflon Couple (DDC)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
3	Bearing (RS)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
Maret																																					
1	Selenoid (RS)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
2	Teflon Couple (DDC)	Penggantian																																			
		Pemeriksaan																																			
3	Bearing (RS)	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							
3	Couple (DDC)																																						
	Pemeriksaan																																						
3	Bearing (RS)																																						
	Pemeriksaan																																						
1	Selenoid (RS)																																						
	Pemeriksaan																																						
2	Teflon Couple (DDC)																																						
	Pemeriksaan																																						
3	Bearing (RS)																																						
	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	Selenoid (RS)																																						
	Pemeriksaan																																						
2	Teflon Couple (DDC)																																						
	Pemeriksaan																																						
3	Bearing (RS)																																						
	Pemeriksaan																																						
		Oktober																																					
		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	Selenoid (RS)																																						
	Pemeriksaan																																						
2	Teflon Couple (DDC)																																						
	Pemeriksaan																																						
3	Bearing (RS)																																						
	Pemeriksaan																																						

November			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	Solenoid (RS)	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
2	Teflon Couple (DDC)	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
3	Bearing (RS)	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
Desember			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	Solenoid (RS)	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
2	Teflon Couple (DDC)	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															
3	Bearing (RS)	Penggantian																															
		Pemeriksaan																															

PEMELIHARAAN GUNA MEMBANGUN DAN MENINGKATKAN PERFORMA UNIT SPINDLE MESIN *MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES SN040C MACHINING CENTER EX40*

Ihham Nurikhsan¹ ; Dianta Mustofa Kamal²

¹ Mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, ilhamnurikhsan@gmail.com

² Dosen Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,

Abstrak

Mesin Mitsubishi Heavy Industries SN040C Machining Center EX40 merupakan mesin horizontal machining center untuk memproses salah satu komponen unit transmisi yaitu extension housing. Pada mesin ini komponen yang berperan penting supaya proses permesinan dapat menghasilkan nilai ketelitian yang sangat tinggi adalah Unit Spindle. Unit spindle merupakan pemegang alat potong (cutting tool) untuk memotong benda yang akan diproses. Unit spindle ini berputar dengan bantuan T-belt yang terhubung dengan motor. Permasalahan pada unit spindle dapat menyebabkan berkurangnya performa unit spindle sehingga mempengaruhi nilai kepresisian dari komponen extension housing. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor penting dalam pemeliharaan guna membangun dan meningkatkan performa unit spindle dari segi pemeliharaan.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode diagram fishbone berdasarkan data yang telah didapat dengan cara studi literatur dari manual book mesin Mitsubishi Heavy Industries SN040C dan katalog bearing. Dari hasil penelitian diketahui bahwa terdapat faktor-faktor penting dalam pemeliharaan unit spindle yaitu pemasangan bearing pada unit spindle, kebersihan, pelumasan, pengecekan pada saat pre-test, pengetahuan tentang troubleshooting, dan preventive maintenance.

Faktor-faktor penting dalam pemeliharaan unit spindle tersebut dapat membangun dan meningkatkan performa unit spindle. Sehingga performa dari unit spindle tidak berkurang dan unit spindle dapat terus beroperasi dengan normal dan tetap menghasilkan nilai ketelitian yang sangat tinggi.

Kata kunci : Machining center, Unit Spindle, Mitsubishi Heavy Industries SN040C.

Abstract

Mitsubishi Heavy Industries Machining Center SN040C EX40 is a horizontal machining center machines for processing one of the component transmission unit namely housing extension. On these machines, which are crucial components so that the machining process can produce extremely high accuracy values are Spindle Unit. Spindle unit is the holder of the cutting tool to cut the object to be processed. This spindle unit spinning with assisted by T-belt which is connected with motor. Problems on the spindle unit can reduce the performance of spindle unit that will affects the value of the precision of the component housing extension. The purpose of this study was to determine the important maintenance factors to build and improve the spindle unit performance in terms of maintenance.

The research was conducted by using fishbone diagram method based on data obtained by literature study from the manual book of Mitsubishi Heavy Industries SN040C and bearing catalogue. The study results revealed that there are several important maintenance factors to build and improve the spindle unit performance is fitting bearing to spindle, cleanliness, lubrication, pre-test check, the knowing of troubleshooting, and preventive maintenance.

That important maintenance factors can build and improve the spindle unit performance. So the spindle unit performance is not reduce and can continuously operate normally and still produce a very high accuracy values.

Keyword : Machining center, Unit Spindle, Mitsubishi Heavy Industries SN040C.

I. PENDAHULUAN

Mesin *Mitsubishi Heavy Industries (MHI) SN040C Machining Center EX40* merupakan mesin *machining center* untuk memproses komponen *extension housing*. *Extension housing* ini merupakan salah satu bagian komponen dari unit transmisi kendaraan yang diproses di PT.X.

Untuk dapat mencapai target produksi dan kualitas hasil produksi yang baik, sebuah mesin semestinya mampu mempertahankan kehandalannya dalam beroperasi dan mempertahankan kemampuannya dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan nilai standar perusahaan. Kehandalan dan kemampuan operasi tersebut perlu didukung kinerja semua unit mekanisme utama

maupun unit mekanisme bantuannya. Kehandalan dan kemampuan unit mekanisme yang satu akan menunjang kehandalan dan kemampuan unit mekanisme yang lainnya.

Pada mesin *MHI SN040C Machining Center* ini, salah satu unit mekanisme yang sangat berperan penting agar dapat menghasilkan produk *extension housing* yang sesuai dengan nilai standar yang telah ditentukan oleh perusahaan yaitu *Unit Spindle*. *Unit spindle* merupakan pemegang alat potong (*cutting tool*) untuk memotong benda yang akan diproses yang berputar dengan bantuan *T-belt* yang terhubung dengan motor.

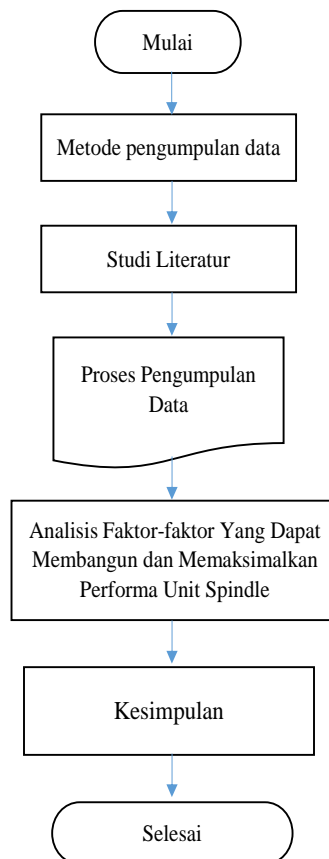
Di dalam unit spindle, dilengkapi dengan *Super Precision Bearing* jenis *High Precision Angular Contact Ball Bearing* dan *Double Row Cylindrical Roller Bearing*. *Super Precision Bearing* ini termasuk dalam *Special Bearing* yang memiliki kemampuan akurasi, kecepatan rotasi, dan kekakuan yang tinggi yang diperlukan untuk menunjang dari kerja *unit spindle*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor penting guna membangun dan meningkatkan performa *unit spindle* dari segi pemeliharaan sehingga tidak terjadi permasalahan yang dapat menyebabkan berkurangnya performa *unit spindle* sehingga mempengaruhi nilai kepresisian dari komponen *extension housing*.

II. METODE PENELITIAN

A. Flow Chart Metode Penelitian

Berikut ini merupakan alur penelitian yang dilakukan :



Gambar 2.1 Flow Chart Penelitian

B. Metode Pengumpulan Data

a) Studi Literatur

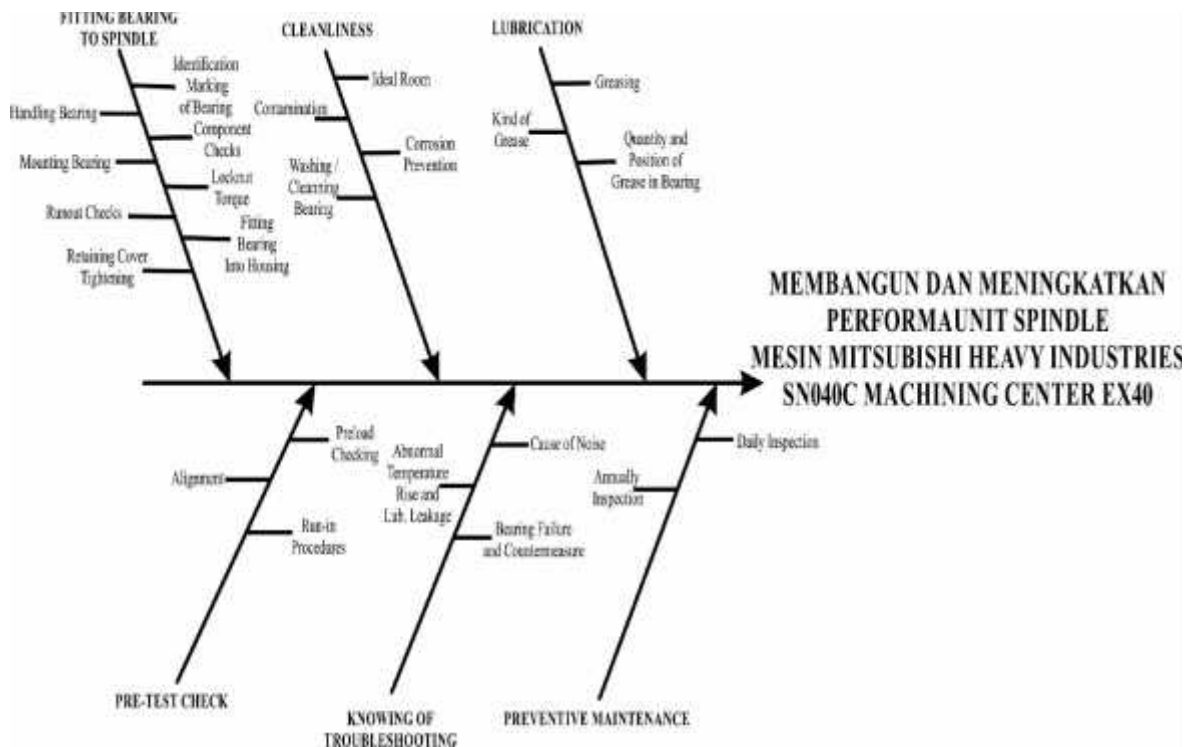
Mencari berbagai sumber pustaka dari perpustakaan, buku manual (*manual book*) Mesin *MHI SN040C Machining Center EX40*, *history* mesin dan katalog bearing.

C. Teknik Analisis

Pada tahap ini data-data yang telah didapatkan dipelajari dan dikaji ulang supaya dapat diperoleh data yang mempunyai kesesuaian terhadap subjek yang sedang diteliti. Sehingga dalam penulisan ini data yang dipakai dapat benar-benar akurat. Selanjutnya data tersebut dianalisis dengan menggunakan metode diagram *fishbone* sehingga dapat diketahui faktor-faktor apa saja yang berkaitan untuk dapat membangun dan meningkatkan performa dari *unit spindle* mesin *Mitsubishi Heavy Industries SN040C Machining Center EX40*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil studi literatur yang telah dilakukan diajikan dalam bentuk diagram *fishbone* seperti yang terlihat pada gambar dibawah agar dapat lebih menjelaskan faktor-faktor apa saja yang berkaitan untuk dapat membangun dan meningkatkan performa dari *unit spindle* *Mitsubishi Heavy Industries SN040C Machining Center EX40*.



Gambar 1 Diagram *Fishbone* Penelitian

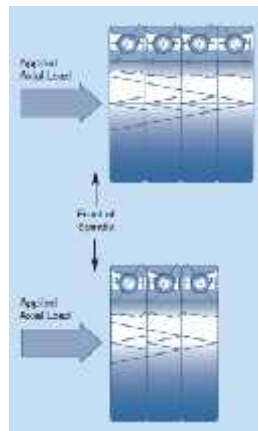
1. Pemasangan Bearing pada Unit Spindle (*Fitting Bearing to Spindle Unit*)

Pemasangan bearing menuju spindle memerlukan ketelitian dan kehati-hatian yang lebih karena hal ini merupakan faktor awal guna membangun dan meningkatkan performa dari unit spindle. Kesalahan pemasangan bearing menuju spindle dapat mempengaruhi performa dari unit spindle selain itu juga dapat menyebabkan kegagalan prematur pada bearing dan unit spindle. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan bearing menuju spindle adalah sebagai berikut :

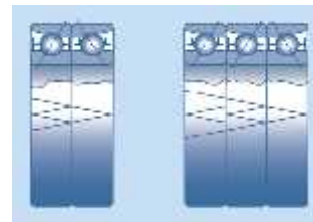
A. Identifikasi Tanda Pada Bearing (*Identifications Marking of Bearing*)

Terdapat dua jenis tanda pada bearing, *vee line marking* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2 dan *Inner ring high point marking 'O'* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3. Jika bearing dipesan dalam bentuk rangkaian satu set, juga akan terdapat *tanda vee line marking* seperti pada bearing dengan jumlah satu. Arah keseluruhan *vee line marking* ini menunjukkan arah beban aksial. Tanda *vee line marking* ini sangat penting untuk menunjukkan susunan rangkaian apabila arah sudut tekan susunan bearing tidak simetris seperti ditunjukkan pada gambar 4. Sedangkan tanda *Inner ring high point marking 'O'* pada bagian muka *inner ring* menunjukkan posisi ketebalan maksimum dari ring. Yaitu posisi maksimum *runout ring*. Bantalan

yang digunakan dalam rangkaian satu set tidak boleh diambil dari urutan rangkaian satu set tersebut.



Gambar 4 Arah Beban Aksial



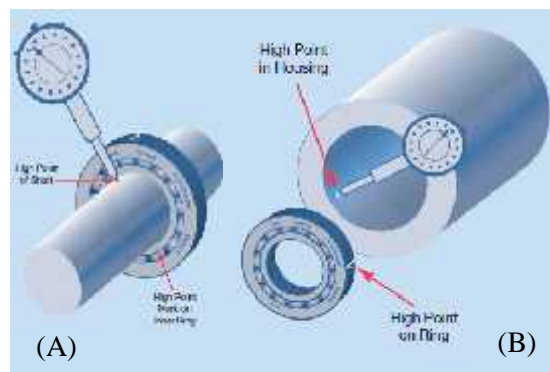
Gambar 2 Vee Line Marking rangkaian satu set bearing



Gambar 3 Inner Ring High Point Marking 'O'

(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

Pada saat akan memasang bearing pada *shaft* temukan *high point* pada *shaft* dengan menggunakan DTI (*Dial Test Indicator*) seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 A dan pasang bearing dengan menempatkan *inner ring high point* pada 180° terhadap *high point* pada *shaft*. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan *optimum running accuracy* yang akan dicapai ketika bearing sudah terpasang sehingga *high ring point* berhadapan langsung pada (180°) ke *high point* pada *housing* dan *shaft* dan dapat membantu mengurangi *runout* mendekati nol apabila *runout* pada *shaft* adalah 2 mikron. *Runout shaft* jauh lebih penting daripada *runout housing*, namun *runout* pada *shaft* lebih sulit untuk mengukurnya secara akurat dibandingkan dengan *runout housing*. Kemudian ketika akan memasang bearing pada *housing*, tempatkan *vee mark outer ring* pada 180° terhadap *high point* yang sudah terukur pada *housing* seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 B.



Gambar 5 Pengukuran High Point pada Shaft dan Housing

(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

B. Penanganan Bearing (*Handling Bearing*)

Hindari kejutan ringan saat menangani bearing. Kejutan ringan ini bisa termasuk pemukan pada bearing saat pemasangan atau pelepasan bearing. Beban kejut bisa menggores atau merusak bantalan, kemungkinan mengakibatkan kegagalan. Dampak paling buruk dari hal ini dapat menyebabkan *brinelling*, kerusakan atau retak.

C. Pengecekan Komponen (*Component Checks*)

Beberapa pemasangan komponen unit spindle bisa sangat rumit dan memerlukan peralatan yang memadai/lengkap. Dalam kasus seperti ini, sangat penting untuk memeriksa semua komponen selama proses pemasangan, hal ini dapat menghilangkan masalah yang tidak perlu pada akhir proses ketika unit spindle itu akan difungsikan.

Berikut ini beberapa pengecekan yang diperlukan:

-) *Shaft* dan *housing* harus diperiksa untuk memastikan bahwa tidak ada cacat atau kerusakan.
-) Dimensi diameter luar *shaft* dan diameter lubang *housing* harus diperiksa untuk memastikan sesuai dan ukuran yang sesuai dengan standar.
-) Saat melakukan pengukuran, penting untuk memastikan komponen dalam keadaan stabil secara termal.

D. Pemasangan Bearing (*Mounting Bearing*)

Terdapat dua metode dalam memasang bearing pada *shaft*. Metode *Press fit* dan *Shrink fit* (menciutkan). Metode *press fit* cenderung banyak digunakan untuk bearing yang mempunyai ukuran lebih kecil biasanya diameter *bore* kurang dari 30mm. Metode ini dilakukan dengan bantuan mesin press dan besi penekan yang disesuaikan dengan ukuran bearing sehingga dapat menekan rata seluruh permukaan bearing yang akan dipasang pada *shaft*. Metode *Shrink fit* digunakan pada bearing yang mempunyai diameter bore lebih besar dan membutuhkan pemanasan *inner ring* untuk memperluas lubang dan memungkinkan dapat terpasang pada *shaft* dengan mudah. Kehati-hatian harus dilakukan agar tidak menyebabkan *overheat* pada bearing dan idealnya hanya *inner ring* yang perlu dikembangkan. Maksimum suhu 120 °C harus diaplikasikan pada bearing. Untuk diameter bore 80mm, pemanasan *inner ring* bisa sampai sampai 40 °C dan outer ring akan melebar sebesar 40µm. Pemanasan ini dilakukan metode secara induksi, metode yang sangat nyaman untuk memanaskan inner ring dan suhunya dapat dikontrol sehingga mencegah *overheat* pada bearing.

Pemanasan bearing juga dapat menggunakan *hot air gun*, alat ini dapat sangat berguna untuk mengarahkan panas pada *inner ring* saja (terutama untuk bantalan besar). Alat ini juga dapat digunakan untuk memanaskan *housing* sebelum *shaft* / bearing dimasukkan pada saat perakitan.

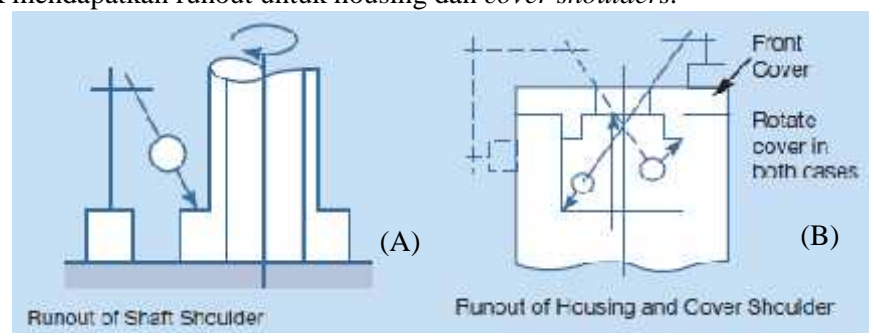
E. Torsi Locknut (*Locknut Torque*)

Sangat penting untuk mengaplikasikan torsi *locknut* atau *clamping* yang benar agar celah *preload* dapat sesuai dan untuk mencegah pelonggaran selama operasi. Hal ini juga penting untuk tidak menggunakan kekencangan yang berlebihan karena dapat mendistorsi jalur bearing, menyebabkan hilangnya akurasi dan memungkinkan kegagalan pada bearing sangat tinggi.

F. Pengecekan Runout (*Runout Checks*)

Runout radial dan *aksial* harus di cek untuk memastikan bahwa bantalan tersebut memiliki akurasi yang tepat. Idealnya *shaft* harus diukur antara titik pusat. Namun apabila tidak memungkinkan diukur secara langsung, gunakan pelat permukaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 A.

Hasil target akan tergantung pada aplikasi pengukuran, secara umum target pengukuran adalah 3 sampai 5 mikron. Hasil *runout* pada housing gambar 6 B sedikit lebih sulit dan meski tidak sepenting poros bisa bermanfaat dalam menghilangkan problem dimasa yang akan datang. Gambar di bawah ini menunjukkan susunan khas untuk mendapatkan runout untuk housing dan *cover shoulders*.



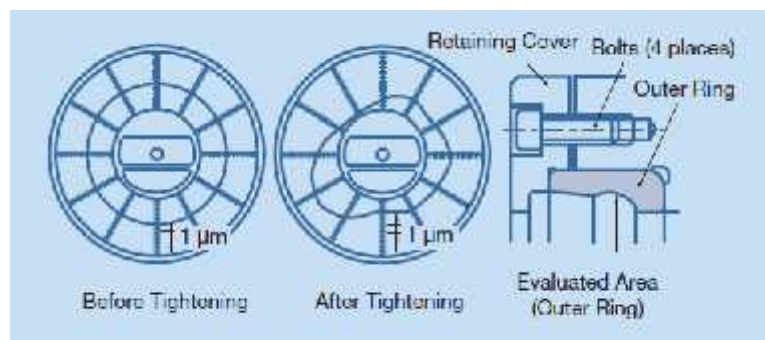
Gambar 6 Pengukuran *runout* pada *shaft* dan *housing*
(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

G. Pemasangan Bearing Kedalam *Housing* (*Fitting Bearing Into Housing*)

Diperlukan kehati-hatian saat memasang bearing ke dalam *housing*. Biasanya dalam pemasangan bearing ke dalam *housing* diharuskan mempunyai *clearance fit* tetapi apabila *alignment* tidak benar maka dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan atau mempengaruhi letak bearing pada *shaft*.

H. Pengencangan *Cover* Penahan (*Retaining Cover Tightening*)

Cincin bearing dapat menjadi cacat jika *cover* penahan tidak dikencangkan dengan benar. Pada gambar 7 ditunjukkan perubahan yang terjadi pada *cover* penahan yang mempunyai 4 baut penahan apabila pengencangan yg diaplikasikan tidak sesuai. Dalam hal ini hanya empat baut yang digunakan dan tidak dikencangkan secara merata.



Gambar 7 Perubahan yang Terjadi Pada *Cover* Penahan
(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

2. **Kebersihan (*Cleanliness*)**

Kebersihan diperlukan agar unit spindle tetap terjaga dan terhindar dari partikel yang dapat merusak komponen-komponen dari unit spindle itu sendiri. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam kebersihan (*Cleanliness*) tersebut adalah sebagai berikut :

A. Ruang yang Ideal (*Ideal Room*)

Untuk mendapatkan kinerja optimum dari bearing spindle, perlu dipastikan bahwa lingkungan tempat pemasangan bearing dalam kondisi kebersihan terbaik. Idealnya pembongkaran dan pemasangan spindle harus dipisahkan untuk memastikan tidak ada kontaminasi silang. Berikut adalah *layout* ruang spindle yang ideal.



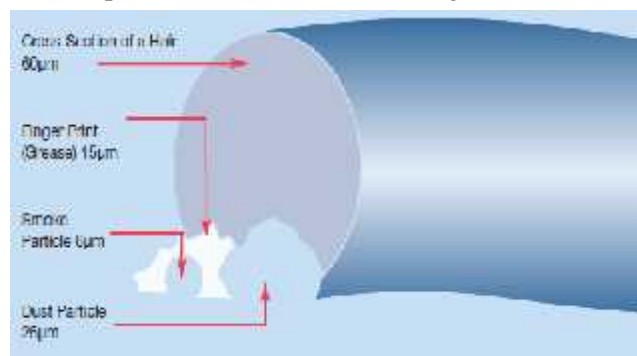
Gambar 8 *Layout* Ruang Spindle yang Ideal
(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

Tidak selalu praktis bagi beberapa perusahaan untuk menggunakan model runagan ideal di atas, berikut adalah daftar perbaikan penting (*essential improvements*), perbaikan yang baik (*good improvements*), dan perbaikan yang ideal (*ideal improvements*) yang berkaitan dengan ruangan yang ideal :

- 1) *Essential*
 -) Pisahkan tank pencucian
 -) Pisahkan meja kerja
- 2) *Good*
 -) Pisahkan perlengkapan atau alat kerja
- 3) *Ideal*
 -) Pisahkan ruangan (akses terbatas)

B. Kontaminasi (*Contamination*)

Super Precision Bearing dibuat dengan standar yang sangat ketat dengan ketepatan dimensi dan geometris yang diukur dalam mikron dan sub-mikron. Untuk itu sangat penting untuk menjaga agar tidak terkontaminasi partikel keras atau lunak yang dapat masuk kedalam bearing selama proses pemasangan. Gambar 9 menunjukkan ukuran relatif dari berbagai kontaminasi, yang semuanya dapat menyebabkan masalah apabila masuk kedalam bearing.



Gambar 9 Ukuran Relatif dari Berbagai Kontaminasi
(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

C. Pencegahan Korosi (*Corrosion Prevention*)

Penanganan bantalan dengan tangan kosong dapat menimbulkan korosi pada permukaan bantalan karena adanya uap air atau kontaminasi lainnya di tangan. Saat menangani bantalan sebaiknya memakai sarung tangan pelindung bebas serat (sarung tangan karet/plastik).

D. Mencuci / Membersihkan Bearing (*Washing / Cleaning Bearing*)

Pencucian / pembersihan pada bearing diharuskan apabila kemasan tidak sesuai dengan standar atau rusak dan untuk bearing jenis *roller bearing* perlu dibersihkan dengan tujuan untuk menghilangkan film minyak sebelum mengukur dan menyatel *clearance internal radial* yang benar pada saat pemasangan.

3. Pelumasan (*Lubrication*)

Tujuan utama pelumasan adalah untuk mengurangi gesekan dan keausan pada bearing yang dapat menyebabkan kegagalan prematur.

A. Greasing

Gunakan syringe (alat penyemprot yang terbuat dari plastik) untuk tempat grease sebagai alat pelumasan untuk bearing dengan takaran dan posisi yang sesuai.

B. Jenis Grease (*Kind of Grease*)

Proses greasing sangat penting agar performa bearing dapat maksimal. Perhatian ekstra perlu dilakukan untuk memastikan tidak ada kontaminasi yang dapat masuk kedalam bearing. Bearing jenis *Super Precision Bearing* mempunyai jenis pelumas yang khusus yaitu spesial grease lithium base grease with mineral oil yang mempunyai ketahanan sampai pada suhu kerja dari -30°C - 120°C. Grease jenis ini

untuk unit spindle yang mempunyai ketahanan terhadap kecepatan putar yang tinggi dan dapat menahan panas dengan baik.

B. Kuantitas dan Posisi Pelumasan Grease Pada Bearing (*Quantity and Position of Grease in Bearing*)

Jumlah ideal grease untuk bantalan spindle adalah: 15% dari volume bebas bearing untuk bearing jenis *angular contact bearing* dan 10% dari volume bebas untuk bearing jenis *cylindrical roller bearing*.

4. Pengecekan Pada Saat Pre-test (*Pre-test Check*)

Pre-test Check dilakukan untuk memastikan bahwa keadaan unit spindle dalam keadaan normal dan layak pakai untuk memulai proses *machining*. Berikut ini merupakan beberapa hal yang perlu diperhatikan saat melakukan *pre-test check* :

A. Pengecekan Preload (*Preload Checking*)

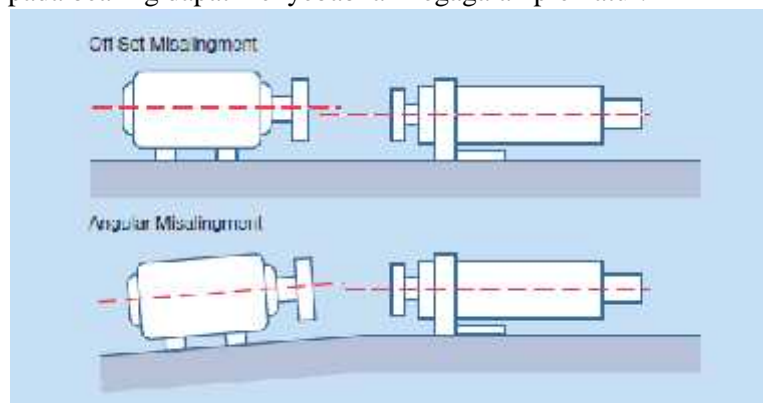
Preload akhir setelah perakitan sangatlah penting, faktor-faktor seperti suaian (*fits*), kompresi *spacer* (*spacer compression*), torsi *locknut*, dan kedudukan yang benar dapat mempengaruhi *preload*.

Terdapat tiga metode untuk memeriksa *preload* pada *angular contact ball bearing* yang hal ini tergantung pada jumlah *preload* dan akurasi yang diperlukan.

- 1) Metode dengan Memulai Torsi (*Starting Torque Method*)
- 2) Metode Defleksi Gaya (*Force Deflection Method*)
- 3) Metode Frekuensi Natural (*Natural Frequency Method*)

B. *Alignment*

Ada dua tipe dasar *misalignments* yaitu *angular* dan *offset* seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 Pada kenyataannya kebanyakan aplikasi memiliki kombinasi keduanya. Jika *misalignments* tidak diminimalkan, beban momen yang dihasilkan pada bearing dapat menyebabkan kegagalan prematur.



Gambar 10 Missalignment Offset dan Amgular

(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

C. Prosedur Run-in (*Run-in Procedures*)

Running in sangat penting untuk umur bearing. Selama proses akhir dari prosedur pemasangan ini akan membantu Anda menentukan apakah terdapat masalah dengan unit spindle. Proses *run-in* ditujukan untuk menyalurkan kelebihan grease dari cara elemen rolling.

Ada dua metode proses run-in yaitu Berjalan terus-menerus (*Continuous Running*) dan *intermiten run-in*.

a) Prosedur metode *Continuous Running*

Continuous Running bekerja dengan cepat meningkatkan kecepatan operasi dari zona kecepatan rendah. Meskipun agak menyita waktu, prosedur ini membantu operator mesin untuk mendeteksi potensi masalah yang berkaitan dengan poros utama, sehingga menghindari kerusakan yang besar pada bearing.

Prosedur

- 1) Mulailah dengan kecepatan operasi yang cukup rendah

- 2) Pantau kenaikan suhu.
- 3) Stabilkan suhu.
- 4) Lanjutkan kenaikan kecepatan operasi secara bertahap sampai mencapai kecepatan operasi maksimum.

*proses ini dapat memakan waktu 18 jam

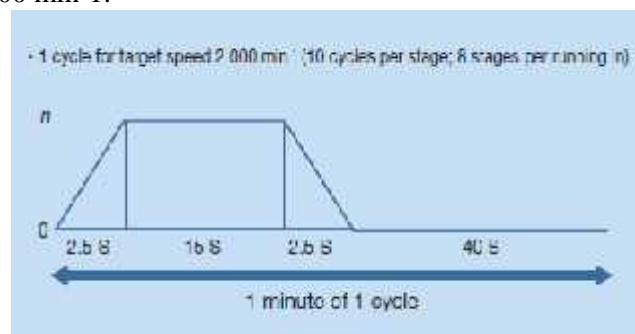
CATATAN: Sangat penting bahwa jika suhu bantalan mencapai 70 ° C, atau 50 ° C pada housing, matikan mesin. Suhu ini bisa menyebabkan kegagalan awal pada bearing.

b) Prosedur metode *Intermittent Running*

Intermittent running adalah pilihan yang apabila adna mempunyai waktu yang sedikit. Proses ini bekerja dengan menghentikan operasi dan menstabilkan suhu sebelum terjadi kenaikan suhu yang cepat, ini disebabkan oleh gerakan grease yang tiba-tiba melintasi jalur bola selama operasi berlangsung.

Prosedur

- 1) Pertama ambil kecepatan operasi maksimum dan bagilah menjadi delapan sampai sepuluh tahap untuk menentukan kecepatan target maksimum untuk setiap tahap contohnya untuk satu tahap memerlukan waktu satu menit seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.25.
- 2) Setiap tahap dibagi menjadi 10 siklus yaitu sekitar satu menit.
- 3) Selama setiap siklus, percepat akselerasi spindle ke target kecepatan untuk tahap saat ini, dan kemudian melambat kembali ke nol, dan beristirahat untuk jangka waktu kira-kira 40 detik.
- 4) Ulangi siklus ini sekitar 10 kali.
- 5) Lanjutkan dengan menaikkan tahapan, mengikuti prosedur di atas, sampai Anda mencapai target kecepatan. Yaitu jika kecepatan maksimum 8000 min⁻¹ target pertama mungkin 1000 min⁻¹, siklus sepuluh kali, lalu pindah ke 2000 min⁻¹ dan seterusnya sampai 8000 min⁻¹.



Gambar 11 Contoh Siklus untuk *Intermittent Running*

(Sumber : NSK Machine Tool Spindle Bearing Selection & Mounting Guide)

5. Pengetahuan Terhadap *Troubleshooting* (*Knowing of troubleshooting*)

Pengetahuan terhadap *troubleshooting* pada unit spindle dibutuhkan agar dapat menganalisa permasalahan yang terjadi pada unit spindle beserta dengan penyebab dan cara penanggulangannya. Berikut ini merupakan beberapa *troubleshooting* pada unit spindle :

A. Disebabkan oleh Noise (*Cause of Noise*)

Kondisi abnormal pada unit spindle ditandai dengan suara metalik yang keras atau suara tidak beraturan lainnya. Penyebab kebisingan yang mungkin terjadi antara lain: pelumasan yang salah, *Alignment* yang buruk antara *shaft* dan *housing*, atau kontaminasi yang memasuki bantalan.

B. Kenaikan Temperatur yang Abnormal dan Kebocoran pada pelumas (*Abnormal Temperature Rise and Lubricant Leakage*)

Setelah pemasangan selesai, uji coba harus dilakukan untuk menentukan apakah bearing telah terpasang dengan benar. Cara terbaik adalah memonitor temperatur

secara langsung dengan termokopel pada cincin luar (*outer ring*) bearing, jika hal ini tidak memungkinkan, maka temperatur di luar *housing* akan memberikan indikasi umum. Temperatur bearing harus naik secara bertahap ke tingkat yang stabil dalam satu sampai dua jam tergantung pada ukuran peralatan dan konsumsi daya setelah dinyalakan.

C. Kegagalan pada Bearing dan Penanggulangannya (*Bearing Failure and Countermeasures*)

Untuk mempertahankan kinerja asli dari bearing selama mungkin, perawatan dan inspeksi yang benar harus dilakukan. Jika prosedur yang benar digunakan, banyak masalah pada bearing yang dapat dihindari dan performa *unit spindle*, produktivitas, dan biaya operasi peralatan semuanya dapat terimprove. Disarankan agar perawatan berkala dilakukan mengikuti prosedur yang ditentukan. Pemeliharaan berkala ini mencakup pengawasan kondisi operasi, dari pasokan atau penggantian pelumas, dan pemeriksaan berkala berkala.

6. Preventive Maintenance

Preventive Maintenance adalah semua tindakan yang dilakukan sudah direncanakan, periodik dan spesifik jadwal untuk menjaga *item/peralatan* dalam kondisi kerja yang dinyatakan melalui proses pengecekan dan rekondisi. Tindakan ini adalah langkah-langkah pencegahan yang dilakukan untuk mencegah atau menurunkan probabilitas kegagalan atau tingkat yang tidak dapat diterima degradasi. (B.S. Dhillon, 2002). Tindakan *Preventive Maintenance* pada *unit spindle* diperlukan untuk memastikan dan menjaga unit spindle selalu dalam performa maksimal pada saat digunakan. Dibawah ini merupakan beberapa tindakan preventive maintenance yang dilakukan pada unit spindle :

A. Inspeksi Harian (*Daily Inspection*)

Tabel 1 *Daily Inspection Unit Spindle*

No	Unit	Item	Method	Check
1.	Spindle	Cleaning and check of spindle taper part	Clean spindle tape with spindle taper cleaner. Check that rust, flaw, etc, are not found on taper part.	

(Sumber : *Manual Book Mitsubishi Heavy Industries SN040C Machining Center*)

B. Inspeksi Tahunan (*Annually Inspection*)

Tabel 2 *Annually Inspection Unit Spindle*

No	Unit	Item	Method	Check
1.	Spindle	Spindle bearing play check	Measure spindle bearing play and check that spindle displacement is to be returned within $\pm 2\mu\text{m}$.	

(Sumber : *Manual Book Mitsubishi Heavy Industries SN040C Machining Center*)

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa terdapat faktor-faktor penting dalam pemeliharaan guna membangun dan meningkatkan performa unit spindle sehingga dapat mengatasi permasalahan yang dapat mengurangi performa unit spindle yaitu :

1. Pemasangan bearing pada unit spindle (*Fitting Bearing to Spindle Unit*)
2. Kebersihan (*Cleanliness*)
3. Pelumasan (*Lubrication*)
4. Pengecekan pada Saat *pre-test* (*Pre-test Check*)
5. Pengetahuan terhadap *troubleshooting* (*Knowing of troubleshooting*)

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mitsubishi Heavy Industries. *Machining Center SN040C*. Japan : MHI

- [2] NSK. 2009. Machine Tool Spindle Bearing Selection and Mounting Guide. England : NSK
- [3] NSK. Super Precision Bearings Catalogue. England : NSK

PERENCANAAN PERAWATAN EBARA PUMP MZ 12 D

Hardi Rahmatdito¹; Dewin Purnama,²

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Telp. (021) 7270036, Fax. (021) 7270034.

Email : hardirahmatdito@gmail.com

Abstrak

PT X merupakan salah satu industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pembuatan mold and die. PT X menggunakan pompa sebagai pensuplai air keseluruh area produksi. Permasalahan yang terjadi pada pompa ini adalah kerusakan pada bearing yang menyebabkan kerusakan pada komponen yang lainnya karena putaran yang tidak stabil. Kerusakan pada bearing disebabkan karena poros yang tidak alignment. Permasalahan berikutnya adalah belum tersedianya jadwal pemeliharaan pada pompa tersebut.

Pada penelitian ini melakukan evaluasi terhadap jadwal pemeliharaan yang belum tersedia dengan menggunakan metode preventive maintenance dan analisa penyebab kerusakan bearing menggunakan diagram fishbone pada bearing.

Dengan adanya jadwal pemeliharaan pada pompa dan analisa penyebab utama kerusakan bearing menggunakan diagram fishbone pada bearing, maka kegiatan pemeliharaan pompa dapat dilaksanakan sesuai jadwal yang telah dibuat dan kerusakan pada bearing dapat dihindarkan. Hasil dari penelitian ini adalah tersedianya jadwal perawatan Ebara Pump MZ 12 D.

Kata Kunci : Kerusakan bearing, fishbone diagram, pompa sentrifugal, perawatan terencana

Abstract

Pt x is one of the manufacturing industry that is engaged in the field of building mold and die .Pt x using pumps water as pensuplai keseluruh produksi, permasalahan area that occurs at the pumps this is damage to bearing which causes damage in components the others because the round being unstable .Damage to bearing is because of the shaft on which no alignment .The problems the next is as yet there schedule maintenance at the pump is .

In this research to evaluate terhadap maintenance schedule that are not yet available by using the method preventive maintenance and analysis of the cause of damage bearing used diagrams fishbone on bearing .

With the introduction of maintenance schedule at the pumps and analysis of the main cause of damage bearing used diagrams fishbone on bearing , then pump maintenance activities can be implemented by its schedule that has been created and damage to bearing could be avoided. The result of this research been the availability of maintenance schedule Ebara Pump MZ 12 D

Keywords : bearing damage, fishbone diagram, centrifugal pump, preventive maintenance

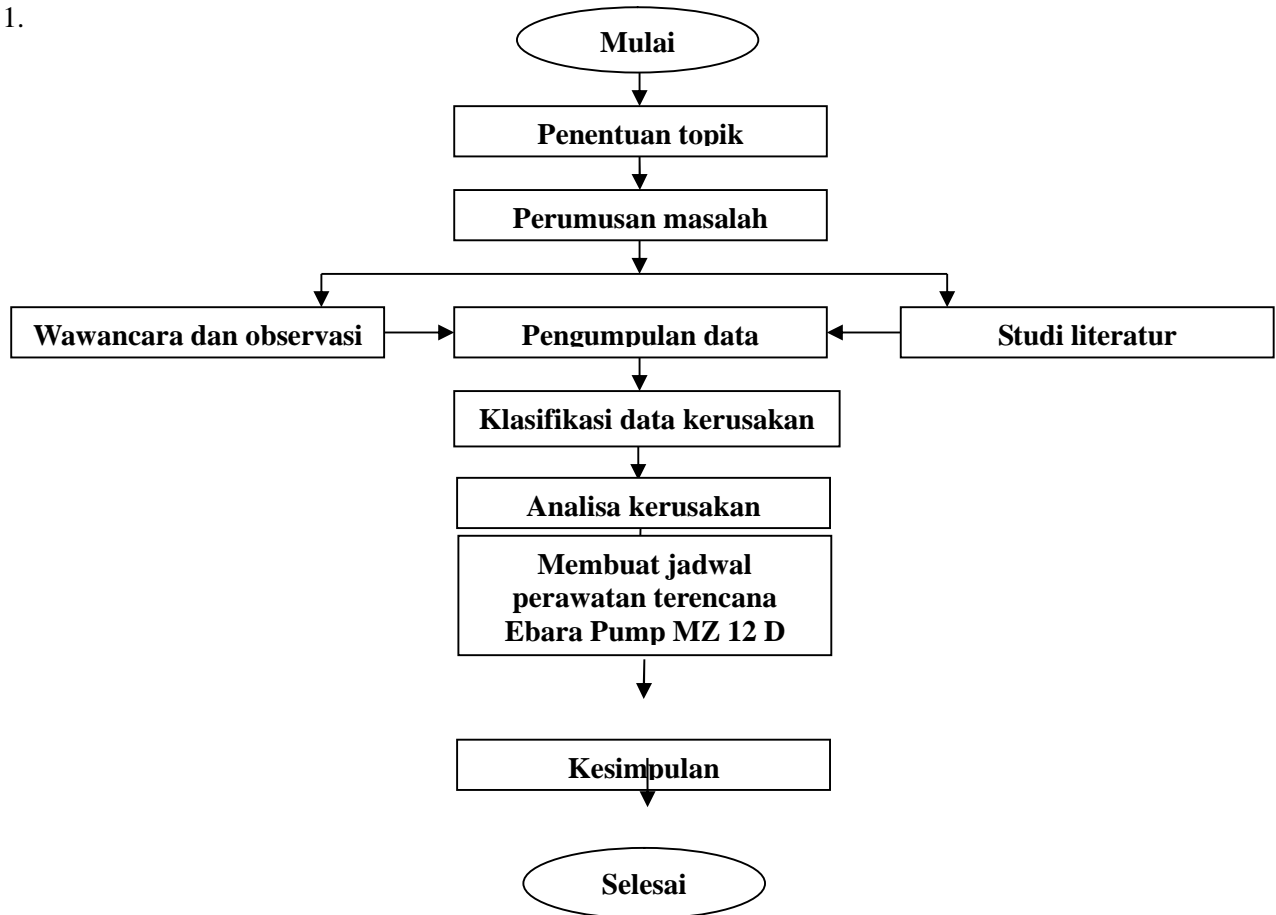
1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanannya. Di PT X terdapat salah satu pompa yang mengalami kerusakan pada komponennya yaitu kerusakan pada bearing akibat poros yang tidak alignment. Pengaruh terhadap pompa yaitu suhu bearing menjadi cepat panas pada saat pompa digunakan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen yang lain. Belum adanya jadwal perawatan pada pompa pun menjadi penyebab karena penggantian bearing hanya pada waktu terjadinya kerusakan. Oleh karena itu pada penelitian ini saya akan mencari penyebab utama pada salah satu kerusakan komponen pompa yaitu bearing dan membuat jadwal perawatan dengan metode *preventive maintenance*. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan informasi dan wawasan kepada pembaca khususnya mahasiswa untuk dapat memahami kegiatan pemeliharaan secara terjadwal pada *Ebara Pump MZ 12 D* dan dapat mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada komponen *Ebara Pump MZ 12 D* seperti bearing.

2. METODE PENELITIAN

1.



1. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek penelitian ini adalah *Ebara Pump* dengan data teknik sebagai berikut :

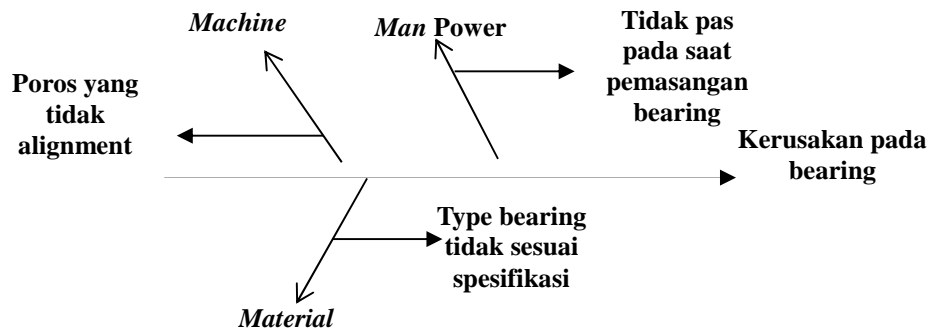
1. Nama mesin : Pompa Sentrifugal
2. Type : Ebara Pump MZ 12 D
3. Model : 50 x 40 FS HA
4. Type bearing : 6305 ZZ
5. Jenis motor : Motor 3 phase induction
6. Kecepatan putar : 1400 Rpm



Gambar1. Ebara Pump MZ 12 D

3.2 Klasifikasi kerusakan yang terjadi

Dari data penelitian yang di dapat maka penyebab kerusakan pada pompa dapat di klasifikasikan sebagai berikut :



Gambar.2 Fishbone diagram

Dari klasifikasi kerusakan diatas dapat disimpulkan bahwa kerusakan bearing disebabkan karena poros yang tidak alignment dan juga type bearing yang tidak sesuai dengan spesifikasi serta vibrasi pada pompa yang kencang.

Solusi dari kerusakan tersebut adalah dengan melakukan penggantian bearing yang lama dengan yang baru dan membuat jadwal penggantian bearing yang tepat.

3.3.1 Analisis Kerusakan

Gejala Kerusakan

Menurut cara kerja pompa bearing yang terdapat pada pompa berfungsi untuk menumpu atau menahan beban dari poros agar dapat berputar. Bearing juga berfungsi untuk memperlancar putaran poros dan menahan poros agar tetap pada tempatnya, sehingga gesekan yang besar dapat diperkecil. Bearing pada pompa harus dalam keadaan yang bagus karena apabila bearing dalam keadaan yang tidak bagus dapat menyebabkan putaran yang tidak stabil dan menyebabkan kerusakan komponen yang lainnya.

Tetapi saat ini terjadi permasalahan pada komponen Ebara Pump MZ 12 D yaitu kerusakan pada bearing yang disebabkan karena poros yang tidak alignment.

Bentuk Kerusakan

Setelah dilakukan pembongkaran pada pompa ternyata terdapat kerusakan pada bearing. Kerusakan yang terjadi adalah bearing yang tidak pada kondisi sempurna.



Gambar 3. Kondisi bearing yang rusak dan yang baru

Dari kerusakan bearing ini menyebabkan overheat pada bearing yang jika dipaksakan dapat merusak komponen yang lainnya seperti mechanical seal karena putaran yang tidak stabil. Tindakan yang diambil adalah melakukan penggantian bearing yang sesuai dengan spesifikasi dan membuat poros menjadi alignment agar putaran pada bearing stabil serta membuat jadwal perawatan dengan metode *preventive maintenance*. Berikut adalah tabel perencanaan perawatan Ebara Pump MZ 12 D dengan menggunakan metode *gant chart*

TROUBLESHOOTING UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MOLD COVER UNDER RL SIDE DI PT. ASTRA OTOPARTS DIV. EDC SEBAGAI STUDI KASUS

Mahfudin Maulana, R. Grenny Sudarmawan

1 Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,
mahfudinmaulana30@gmail.com
Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia
Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530
2 Dosen Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui troubleshooting cetak produk dengan menggunakan mesin injeksi molding dengan menggunakan mold cover under rl side untuk membentuk produk komponen sepeda motor apakah hasil produk dapat menghasilkan produk cetak yang bagus tanpa cacat. Metode yang digunakan adalah eksperimen produk berbentuk persegi panjang dimana hasil pengukuran yang diperoleh diproses dengan dianalisis dari sisi parameter proses dan juga dari sisi perawatan preventif terutama pada saat penyettingan awal mesin dan juga pada mold. Kegiatan dimulai dari kegiatan pembuatan sampel produk dengan bahan jenis plastic abs. Hasil dari penelitian ini akan mengetahui apakah hasil produk dengan menggunakan mesin injeksi molding tersebut menghasilkan produk yang bagus dan tidak ada troubleshooting pada cetakan.

Kata Kunci: *Mesin Injection Molding, Temperatur, Tekanan.*

Abstract

This study aims to determine troubleshooting print products using injection molding machines, using cover under rl side mold to form the products. Whether the result of the product can produce good print, flawless products. The method used was experimental products for battery elbow shaped molds in which the measured data obtained in the process in the analysis of the parameters of the process and also of the preventive parameter, especially during the initial setup of the machine and mold.

Activities starting from preparation sample products with a plastic type material polipropilene. The results of this study will determine whether the results of products using injection molding machine that produce a good product with no troubleshooting in the mold.

Keywords: *Injection Molding Machine, Temperature, Pressure.*

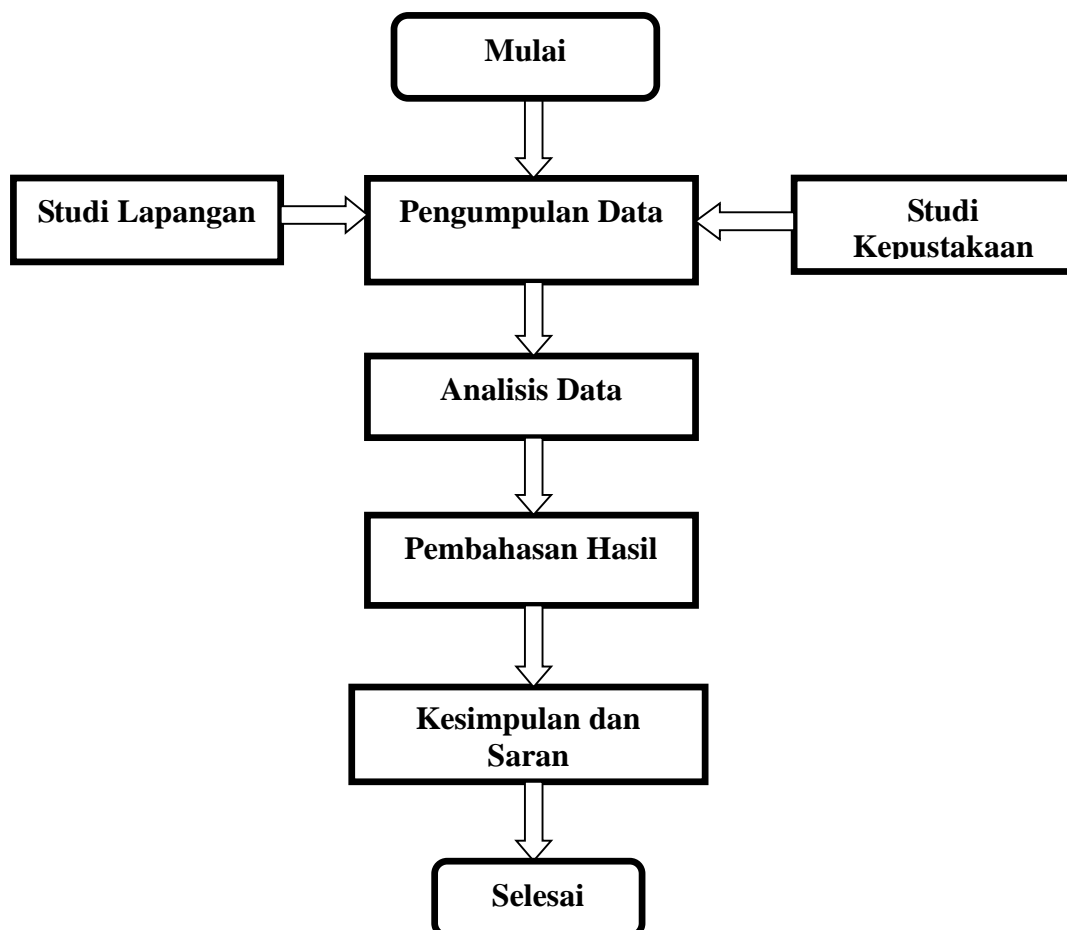
1. PENDAHULUAN/LATAR BELAKANG

Dewasa ini, pemakaian plastik sebagai bahan komponen kendaraan bermotor, peralatan listrik, peralatan rumah tangga, dll semakin meningkat. Pada umumnya plastik mempunyai kelebihan-kelebihan yang dimilikinya, di antaranya yaitu plastik bersifat ringan, harga yang relatif lebih murah dari bahan metalik atau logam, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, tahan terhadap gesekan, relatif keras dan kuat, dapat difungsikan sebagai isolator yang baik dalam kimia maupun kelistrikan, dan kemudahan dalam membentuknya. Material (biji plastik) berbasah dasar dari minyak bumi, gas alam, batu bara dan batu bara muda. Melalui proses-proses tertentu dan penambahan bahan-bahan kimia lainnya terciptalah berbagai macam jenis material plastik yang kita kenal sekarang.

Injeksi *molding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu yang mendapat perlakuan panas dan pemberian tekanan dengan menggunakan alat bantu berupa cetakan atau *mold*. *Mold* atau cetakan yang mengalami kerusakan dapat menyebabkan cacat pada hasil produksi. Dengan mengamati hasil dari produksi yang mengalami cacat maka dengan mudah untuk menganalisis kerusakan yang terjadi pada *mold*.

Tujuan perawatan preventive pada *mold* ini adalah untuk mengetahui *troubleshooting* pada *mold* yang disebabkan adanya *flash*, *burn mark*, *sink mark* (tanda cekungan), *warpage* (melengkung), *bubbles*, *weld line*, *short shot* (pengisian yang kurang), *jetting*, dan *flow mark*.

2. METODE PENELITIAN



Keterangan:

1. Studi lapangan adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan cara observasi di lapangan secara langsung. Diantaranya adalah:
 - a. Mempelajari *manual book injection molding machine*.
 - b. Observasi langsung ke lapangan dengan melihat spesifikasi *mold* tersebut.
 - c. Wawancara dengan karyawan dan kepala teknisi.
2. Studi kepustakaan adalah pengumpulan data yang dilakukan untuk memperoleh teori-teori atau data yang relevan dengan permasalahan yang diteliti. Data-data referensi yang penulis cari bersumber dari buku.
3. Pengumpulan data adalah proses mengumpulkan data-data yang telah didapat dari hasil studi lapangan dan studi kepustakaan yang dikumpulkan menjadi satu dan kemudian dianalisa.
4. Analisa data adalah menganalisa semua data yang telah didapat. Analisa yang penulis lakukan adalah perawatan preventif yang dilakukan oleh perusahaan pada *mold*, serta kerusakan yang sering terjadi pada *mold*.
5. Pembahasan hasil adalah membandingkan data-data yang didapat dari observasi di lapangan maupun dari hasil studi kepustakaan. Pada pembahasan hasil lebih diperdalam mengenai pembahasan kerusakan, penyebab kerusakan serta penanggulangan yang dilakukan oleh perusahaan pada *mold*.
6. Kesimpulan adalah penyimpulan penulis mengenai perawatan preventif yang dilakukan oleh perusahaan pada mesin *injection molding* serta saran yang penulis berikan kepada perusahaan untuk mencegah kerusakan pada *mold*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Menutup Cetakan (*Mold Close*)

Prinsip kerja *mold* diawali dengan menutup cetakan yang terdiri dari dua bagian besar yaitu sisi *cavity* dan sisi *core*, sisi *cavity* diikat pada *stationary platen*, sedangkan sisi *core* diikat pada *moving platen*, bagian inilah yang bergerak membuka dan menutup. Pada proses menutup cetakan terbagi menjadi 4 urutan proses, yaitu :

- a. Gerakan menutup pada kecepatan perlahan dengan kecepatan rendah.
- b. Gerakan menutup pada kecepatan tinggi dengan tekanan rendah.
- c. Gerakan menutup pada kecepatan perlahan dengan tekanan rendah.
- d. Menghimpit cetakan dengan tekanan tinggi.

	<i>Fast</i>	<i>Slow</i>	<i>High Pressure</i>	
<i>Position</i>	230 mm	80 mm	1,5 mm	0 mm
<i>Speed</i>	60 %	20%	10%	
<i>Pressure</i>	-	-	99 Kg F	

"Tabel.1 Parameter Proses Cetakan Tertutup"

3.2 Injeksi Pengisian (*Fill Injection*)

Setelah *mold* tertutup rapat dengan tekanan tinggi, unit injeksi bergerak mendekati *mold* hingga bersentuhan dengan *sprue bush*, kemudian mesin melakukan proses penyuntikkan plastik cair ke dalam cetakan.

	3	2	1
<i>Position</i>	9 mm	15 mm	30 mm
<i>Speed</i>	15 %	33 %	20 %
<i>Pressure</i>	45 Kg F	56 Kg F	65 Kg F
<i>Time</i>	7 sec	0.75 sec	20 sec

“Tabel.2 Parameter Proses Injeksi Pengisian”

3.3 Injeksi Menahan (*Holding Injection*)

Setelah plastik cair masuk ke cetakan dan untuk menyempurnakan hasil produk, maka langkah selanjutnya yaitu injeksi menahan. Dilakukan agar hasil produk memiliki nilai yang efisien.

<i>Hold Press Position</i>	18 mm
<i>Pressure</i>	23 KgF
<i>Time</i>	30 sec

“Tabel.3 Parameter Proses Injeksi Menahan”

3.4 Isi Ulang dan Pendinginan (*Charging and Cooling*)

Isi ulang plastik cair dilakukan untuk melakukan penyuntikan kembali untuk tahap selanjutnya, yang dilakukan bersamaan dengan mulainya proses pendinginan.

	CG 1	CG 2	CG 3	CG 4
Position	-	-	-	22 mm
Speed	-	-	-	50 %
Pressure	-	-	-	8 KgF

“Tabel.4 Parameter Proses Isi Ulang”

<i>Cooling Time</i>	8 sec
<i>Cycle Time</i>	25 sec

“Tabel.5 Parameter Proses Pendinginan”

3.5 Membuka Cetakan dan Pelepasan Produk (*Mold Open and Produk Release*)

Proses membuka cetakan dibagi dalam 5 urutan proses, yaitu:

1. Melepas himpitan pada cetakan (*Mold Clamp Release*) untuk mengembalikan ketekanan normal pada system hidrolis yang awalnya bekerja untuk menghimpit cetakan dengan tekanan tinggi.
2. Gerakan membuka pada kecepatan perlahan dengan tekanan rendah.
3. Gerakan membuka pada kecepatan tinggi.
4. Gerakan membuka pada kecepatan rendah.
5. Gerakan melepas produk dari dalam cetakan.

	<i>Slow</i>	<i>Fast</i>	<i>Slow</i>	
<i>Position</i>	200 mm	180 mm	50 mm	0 mm
<i>Speed</i>	35 %	65%	20%	
<i>Pressure</i>	55 Kg F	70 Kg F	170 Kg F	

“Tabel.6 Parameter Proses Cetakan Terbuka”

	<i>Back</i>	<i>Forward</i>
mm		43
%		20
Kg F		50
No	X	2

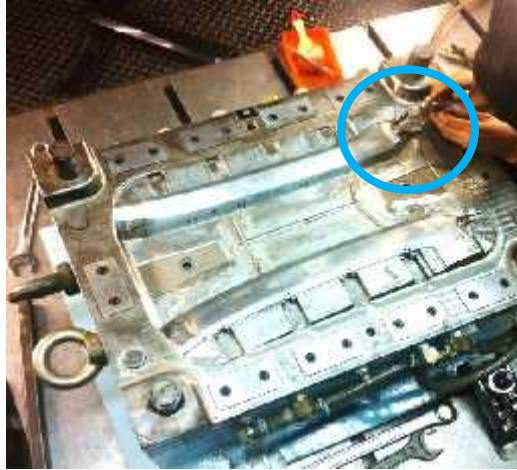
“Tabel.7 Parameter Pelepasan Produk”

Dari hasil parameter proses tersebut didapatkan hasil produk memenuhi standard. Akan tetapi produk masih mengalami cacat produk yaitu *flash* yang disebabkan oleh faktor *mold*.



“Gambar.2 Flash”

Sehingga dilakukan pengecekan pada cetakan, dan didapat kerusakan pada dinding *hole core* yang mengalami gap. Untuk menghindari kerusakan yang lebih parah, maka dilakukan tindakan pencegahan sebagai berikut:



“Gambar.3 Letak Kerusakan”



“Gambar.4 Lokasi Kerusakan pada Dinding Hole pada Core”

Dari data kerusakan yang telah ditemukan maka cara perbaikan *mold cover under rl side* sebagai berikut :

-) Dengan cara dilakukan pengelasan pada bagian dinding *hole Core* yang sudah aus untuk penambahan material.
-) Setelah proses pengelasan selesai, selanjutnya proses pengerindaan pada bagian tersebut untuk menyesuaikan ukuran yang sebelumnya mengalami gap terhadap *cavity* sejauh 0.5 [mm].



“Gambar.5 pegelasan dinding hole”



“Gambar.6 Dinding Hole Digerinda”

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil parameter proses yang didapat, *troubleshooting* yang didapat adalah cacat *flash* pada hasil produk.
2. Penyebab utama dari kerusakan pada *mold cover under rl side* dengan ditemukannya *gap* dibagian dinding hole pada bagian *core* sehingga produk mengalami cacat produk yaitu *flash*. Solusinya pada *mold cover under rl side* adalah dengan cara di las untuk penambahan material selanjutnya digerinda untuk menyesuaikan ukuran dinding *hole* yang sebelumnya terdapat *gap* terhadap cavity sejauh 0.5 [mm] agar tidak ada jarak/*gap* pada saat *mold* tertutup.
3. Perawatan preventif pada *mold* sebelum dan sesudah pemakaian produksi, diantaranya :
 - Sebelum produksi:
 - a) Membersihkan *cavity* dan *core* menggunakan bensin.
 - b) Memoles *runner*, *gate* dan *sprue bushing* dengan menggunakan autosol.
 - c) Menyemprotkan angin pada bagian *cavity* dan *core*.
 - Sesudah produksi:
 - a) Mengambil *sample* produk terakhir untuk dianalisis.
 - b) Menyemprotkan angin pada bagian *cooling system*.
 - c) Mengecek komponen *mold* seperti *cavity*, *core*, *pin ejektor*, *split* dan *bushing*.
 - d) Memoles *cavity*, *core*, *runner*, *gate* dan *sprue bushing* menggunakan autosol.
 - e) Memberikan pelumas(*grease*) pada *split*, *slider*, *guide pin* dan *bushing*.
 - f) Menyemprotkan cairan pelindung *mold* pada bagian *cavity* dan *core*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Manual Book Mesin Injection Molding Toshiba is 650 GT*.
- [2] NIIR Board of Consultants & Engineers, *The Complete Technology Book On Plastic Extrusion, Moulding And Mould Designs*.
- [3] Ansori. Nachnul, 2013, *Sistem Perawatan Terpadu*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4] Bryce M. Douglas, book, *proses injeksi molding 1997*
- [5] *INDONESIA MOLD & DIES INDUSTRI ASSOCIATION (IMDIA)*

PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN RE-WEAVING OMNI PLUS TC800 DI PT. XX

Septa Dwi Narastyana, Sidiq Ruswanto

Mahasiswa Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, septaty@gmail.com

Abstrak

PT. XX bergerak dalam bidang industri manufaktur kain penguat ban untuk roda dua dan roda empat yang sesuai dengan bidang mahasiswa. Salah satu mesin yang terdapat di PT. X ini yaitu Re-Weaving. Re-weaving merupakan proses pengayaman kembali dari geige fabric (gulungan kain) menjadi geige fabric dalam tipe lain. Permasalahan yang di alami oleh Re-Weaving saat ini adalah belum tersedianya jadwal pemeliharaan. Sistem perawatan berupa Preventive Maintenance dianggap mampu mencegah penurunan fungsi produksi karena adanya Breakdown Maintenance. Maka untuk menghindari Breakdown Maintenance dan terjadi Down Time, mesin ini membutuhkan sistem perawatan berupa Preventive Maintenance. Penulis memiliki tujuan agar tindakan pemeliharaan pada mesin Re-Weaving dapat dilakukan berdasarkan jadwal pemeliharaan yang tepat, proses pemeliharaan dapat berjalan dengan baik. Penentuan jadwal pemeliharaan berdasarkan metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Dari data kegagalan mesin tahun 2015 - 2017 dilakukan penelitian penyebab kegagalan mesin dari lima komponen kritis

Kata kunci : Preventive Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Jadwal Pemeliharaan, Standard Operating Procedure.

Abstract

PT. XX is engaged in autoparts tire cords manufacturing industry for two-wheelers and four-wheelers that fit the fields of students. One of the machines contained in this PT. X is Re-Weaving. Re-Weaving machine works by separate fabric become yarns then weave again until become Geige fabric with other types. Problems experienced by the Re-Weaving machine at this time is the unavailability of maintenance schedule. Preventive Maintenance system is considered able to prevent the decline in production function due to Breakdown Maintenance. So to avoid Breakdown Maintenance and going Down Time, this machine needs maintenance system in the form of Preventive Maintenance. The author has the goal that maintenance actions on Re-Weaving machine can be done based on the appropriate maintenance schedule, maintenance process can run well. Determining maintenance schedules based Reliability Centered Maintenance (RCM) methods. Failure machine data from 2015 – 2017 conducted study into the causes of engine failure from five critical component

Keywords : Preventive Maintenance, Reliability Centered Maintenance, Scheduling Maintenance, Standard Operating Procedure.

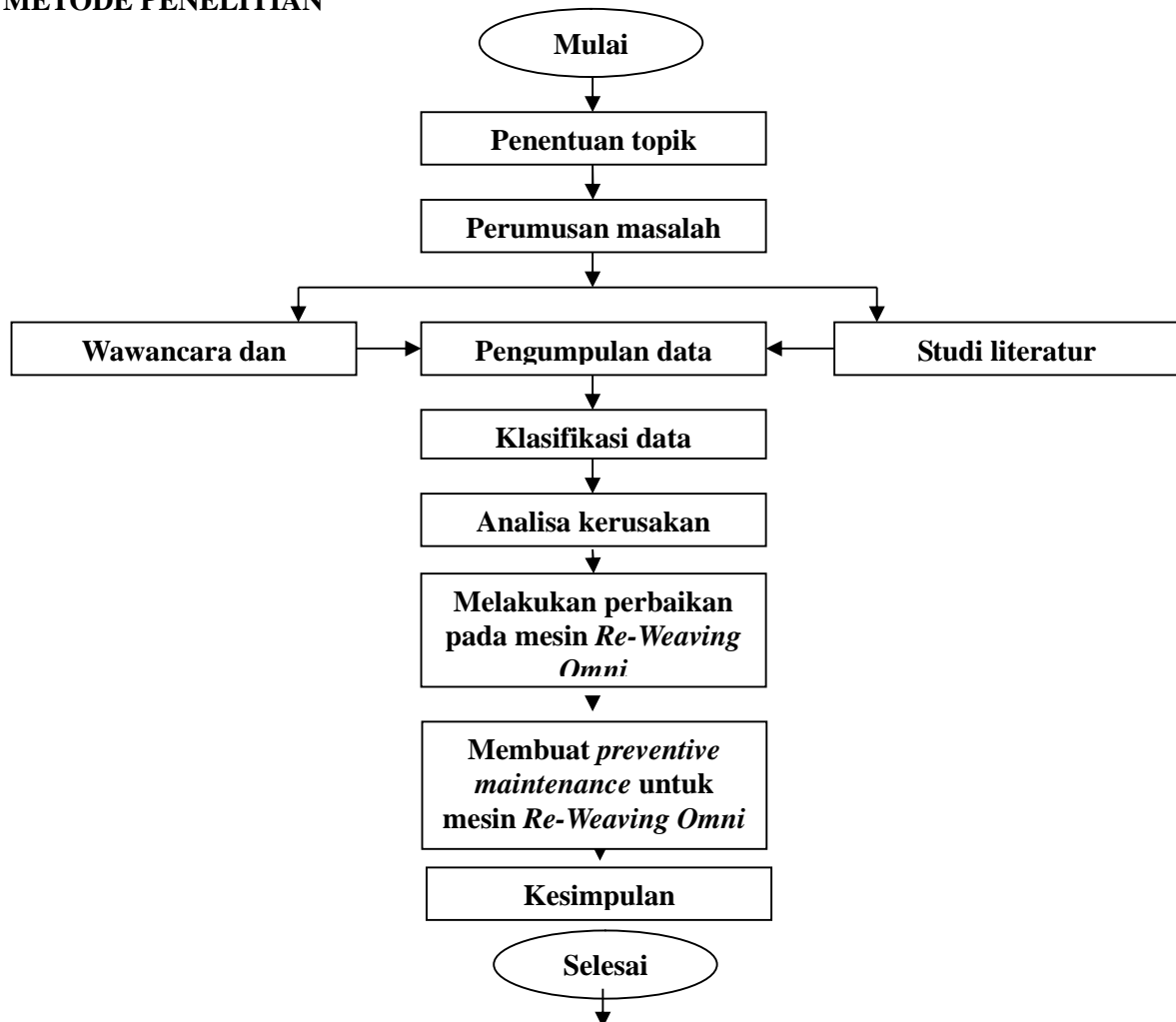
1. PENDAHULUAN/LATAR BELAKANG

PT. XX Tbk adalah perusahaan yang bergerak pada bidang produksi kain dan benang penguat ban. Proses pembuatan kain penguat ban secara garis besar terdiri dari 4 proses. *Yarn production, Twisting, Weaving*, serta *Dipping*. *Re-weaving* merupakan proses pengayaman kembali dari *geige fabric* (gulungan kain) menjadi *geige fabric*. Proses *Re-weaving* biasanya dilakukan pada *geige fabric* yang mengalami cacat atau pun *geige fabric* normal yang akan diubah spesifikasinya. *Re-weaving* merupakan mesin dengan sistem mekanik, hidrolis, serta pneumatik sebagai alat penganyam benang dengan tujuan memudahkan pekerjaan operator dalam membuat gulungan kain (*geige fabric*) dalam spesifikasi lain atau memperbaiki *geige fabric* yang cacat. Dengan adanya *Re-weaving* maka waktu proses produksi menjadi lebih cepat, meminimalkan kecelakaan kerja, meningkatkan keselamatan kerja, serta dapat mengurangi material yang digunakan dalam proses produksi. Berdasarkan kebutuhan sekaligus permintaan perusahaan akan sistem perawatan pada *Re-weaving* 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* dengan hasil akhir berupa kesimpulan dan saran sebagai solusi bagi perusahaan..

Berdasarkan latar belakang diatas, akan dilakukan analisa penyebab mesin mengalami penurunan performa dan menemukan solusi dengan membuat jadwal *preventive maintenance* sebagai bentuk pencegahan. Penulisan Tugas akhir ini bertujuan untuk:

- a. Menemukan masalah yang sering terjadi pada mesin dan solusi terhadap permasalahan
- b. Membuat jadwal preventive maintenance yang lengkap dan tepat

2. METODE PENELITIAN



Gambar.1 Diagram Metodologi Penelitian

Keterangan :

1. Penentuan topic
Penentuan topik dilakukan dengan wawancara langsung dengan teknisi bagian *Maintenance* dan operator produksi di PT. XX, serta melakukan pengamatan langsung terhadap mesin *Re-Weaving Omni*.
2. Perumusan masalah
Dari hasil pengamatan langsung dan wawancara dalam proses penentuan topik didapatkan gambaran mengenai permasalahan yang ada pada mesin *Re-Weaving Omni*. Masalah yang saya dapat telah saya rumuskan adalah sebagai berikut :
 - a. Bagaimana mengidentifikasi masalah yang sering terjadi pada mesin *Re-Weaving* dan menemukan solusi terhadap permasalahan tersebut?
 - b. Bagaimana *preventive maintenance* yang lengkap dan tepat untuk mesin *Re-Weaving Omni*?
3. Wawancara dan observasi
Melakukan Tanya jawab dengan teknisi *maintenance* di PT. XX mengenai penurunan performa pada mesin *Re-Weaving Omni*. Sehingga dapat menemukan penyebab utamanya, melakukan tindakan perbaikan dan membuat *preventive maintenance* untuk mesin tersebut sebagai tindakan pencegahan.
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 ini merupakan tahap mengumpulkan semua data yang diperoleh baik dari observasi maupun studi pustaka untuk selanjutnya dilaksanakan proses menentukan penyebab utama menurunnya performa mesin *Re-Weaving Omni*, cara memperbaikinya dan membuat *preventive maintenance* untuk mesin tersebut
6. Klasifikasi data kerusakan
Tahap ini bertujuan untuk mengelompokkan data untuk mempermudah menentukan penyebab utama menurunnya performa mesin *Re-Weaving Omni* dan cara memperbaikinya.
7. Analisa kerusakan
Menentukan penyebab utama kerusakan dengan cara menganalisa indikasi awal kerusakan yang terjadi pada *Re-Weaving Omni*.
8. Melakukan perbaikan pada mesin *Re-Weaving Omni*
Melakukan perbaikan pada mesin *Re-Weaving Omni* dengan melihat studi lapangan dan studi pustaka sebagai referensinya.
9. Membuat *preventive maintenance* untuk mesin *Re-Weaving Omni*
Setelah dilakukan perbaikan, maka dibuat *preventive maintenance* untuk mesin *Re-Weaving Omni* sebagai bentuk pencegahan terhadap kerusakan dengan melihat studi lapangan dan studi pustaka sebagai referensinya.
10. Kesimpulan
Setelah menemukan penyebab utama kerusakan pada mesin *Re-Weaving Omni* dan membuat *preventive maintenance* yang lengkap dan tepat kemudian yang dilakukan adalah menentukan kesimpulan yang didasarkan pada tujuan dan rumusan masalah. Kesimpulan ini 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 Hasil Penelitian

Tabel kerusakan pada mesin *Re-weaving* :

NO	JENIS KERUSAKAN	BULAN					TOTAL
		JANUARI	FEBRUARI	MARET	APRIL	MEI	
1	<i>Rubber roll</i> terkelupas	1		1			2
2	<i>Relay nozzle</i> mampat/bengkok	3				2	5
3	<i>Couling blade</i> rusak	1		1		1	3

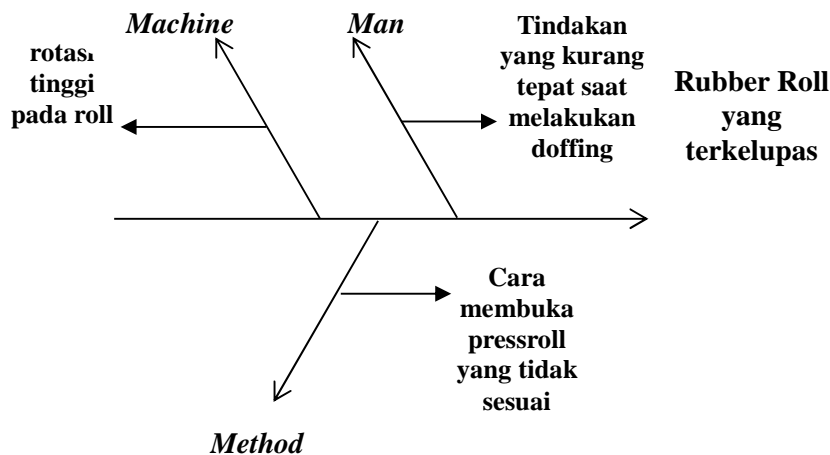
Tabel tersebut berisikan kerusakan komponen pada mesin *Re-weaving* yang mengakibatkan *Downtime* dan tingginya *Maintenance Cost*. Kerusakan tersebut terjadi diluar jadwal jadwal PM mesin.

Pada jadwal *Preventive* yang ada, komponen tersebut diganti setiap 1 tahun sekali. Akan tetapi fakta yang terjadi di lapangan, komponen- komponen tersebut mengalami kerusakan dan harus diganti sebelum jadwal *preventive maintenance*. Maka dari itu dibutuhkan analisa terusakan pada komponen agar dapat dilakukan tindakan pencegahan pada saat melakukan program *Preventive Maintenance*.

3.2. Analisa Kerusakan

3.2.1 analisa kerusakan pada *Rubberroll*

Dalam analisa ini, penulis menggunakan metode *fishbone* diagram dan mengambil 3 faktor penyebab terjadinya kerusakan, 3 diantaranya adalah *man power*, *machine*, *materials*. Hal tersebut penulis lakukan bertujuan untuk mempermudah pekerjaan penulis dalam menganalisa masalah tersebut.



Gambar 3.1 diagram fish bone rubber roll

Faktor-faktor yang menyebabkan terkelupasnya *Rubber roll* pada mesin *Re-Weaving*:

a. *Man*

- Tindakan yang tidak tepat ketika melakukan *doffing*.

Pada saat operator mengoperasikan mesin, tidak luput mereka tidak pernah melakukan kesalahan. Salah satu hal yang bisa terjadi ialah ketika melakukan *Doffing*. *Doffing* adalah pekerjaan mengganti benang pada *loom*, pada saat *doffing* operator produksi menduduki bagian *roll*. Hal ini bisa terjadi karena belum dipasangnya *SOP* pengoperasian mesin tersebut, sehingga operator tidak ada pedoman ketika mengoperasikan mesin tersebut.

b. *Machine*

- Rotasi *roll* yang tinggi.

Selain dari tindakan operator dalam melakukan *Doffing*, faktor penyebab *rubber roll* terkelupas lainnya ialah tingginya rotasi pada *roll*. Faktor ini bisa menyebabkan gesekan antara *fabrics* dengan *rubber roll*. Dengan jangka waktu yang cukup lama dan pengoprasian mesin yang intensif menyebabkan terkikisnya bagian *rubber roll*.

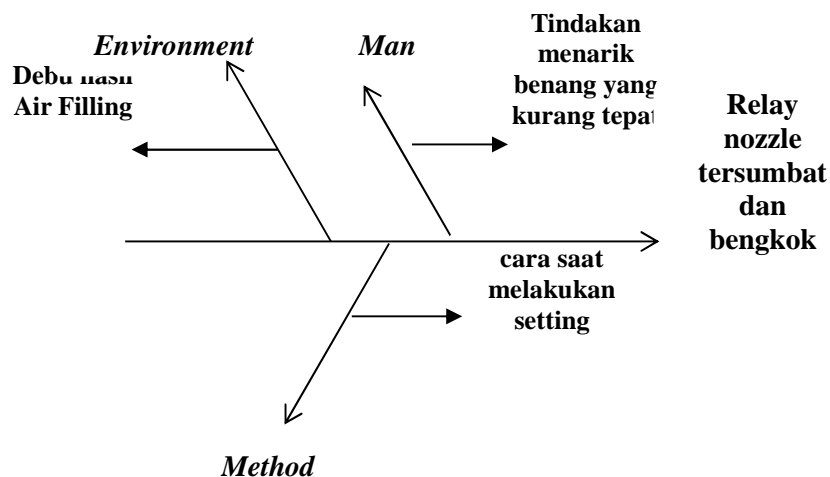
c. *Method*

- Cara membuka *press roll* yang tidak sesuai.

Sebelum melakukan pengecekan dan penggantian *rubber roll*, maka *roll* harus buka terlebih dahulu karena posisi awalnya *roll take down* dihempit *press roll*. Pada saat membuka *press roll* biasanya operator mengganjal antara *press roll* dan *take down roll*. Hal ini mengakibatkan kerusakan pada *rubber roll*. Hal tersebut dapat disebabkan karena kurangnya pengecekan secara berkala.

3.2.2 analisa kerusakan pada *Relay nozzle*

Dalam analisa ini, penulis menggunakan metode *fishbone* diagram dan mengambil 3 faktor penyebab terjadinya kerusakan, 3 diantaranya adalah *man power*, *machine*, *materials*. Hal tersebut penulis lakukan bertujuan untuk mempermudah pekerjaan penulis dalam menganalisa masalah tersebut.



Gambar 3.2 diagram *fish bone relay nozzle*

Faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan pada *Relay nozzle* di mesin *Re-Weaving* :

a. *Environment*

- Debu hasil *Air Filling* .

Pada saat mesin beroperasi, debu hasil *air filling* ikut terbawa aliran angin pada *Relay nozzle*. Aliran udara yang basah pada *relay nozzle* memperparah kotoran pada *relay nozzle*. Hal ini dapat menyebabkan tersumbatnya *relay nozzle*, sehingga menyebabkan *stop filling* pada mesin. Hal tersebut dapat terjadi karena kurangnya pengecekan secara berkala.

b. *Method*

- Cara yang dilakukan pada saat setting.

Salah satu hal menyebabkan kerusakan terjadi ialah ketika melakukan *setting* pada *relay nozzle*. Setting dilakukan dengan cara mengecek tekanan udara ketika *relay nozzle* telah terpasang, bila aliran udara kurang tegak lurus dengan posisi *relay nozzle*, maka operator akan membengkokkan *relay nozzle*. Hal ini dapat menyebabkan bengkok pada *relay nozzle*. Hal ini dapat diatasi dengan pengecekan secara berkala setelah *setting* dilakukan.

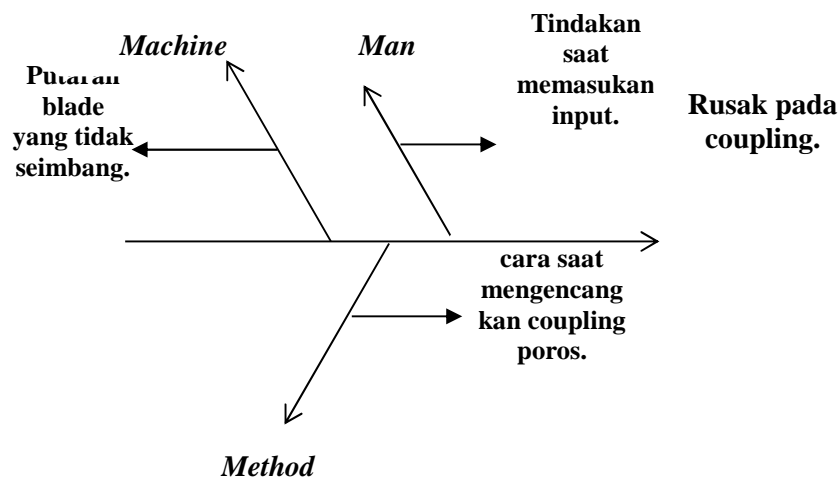
c. *Man*

- Tindakan saat menarik benang yang tidak tepat.

Pada saat operator mengoperasikan mesin, tidak luput mereka tidak pernah melakukan kesalahan. Setelah selesai melakukan *doffing*, benang input ditarik manual oleh operator. Penarikan benang ini dilakukan dengan mengumpulkan benang menjadi satu kemudian ditarik. Selain itu posisi dudukan *relay nozzle* tidak diperhatikan, sehingga pada saat menarik benang *relay nozzle* tersangkut dan terjadi tekanan serta gesekan dengan benang. Hal ini menyebabkan bertambahnya kotoran serta bengkoknya *relay nozzle*. Hal tersebut dapat terjadi karena belum dipasangnya *SOP* pengoperasian mesin tersebut, sehingga operator tidak ada pedoman ketika mengoperasikan mesin tersebut.

3.2.3 analisa kerusakan pada *coupling blade*.

Dalam analisa ini, penulis menggunakan metode *fishbone diagram* dan mengambil 3 faktor penyebab terjadinya kerusakan, 3 diantaranya adalah *man power, machine, materials*. Hal tersebut penulis lakukan bertujuan untuk mempermudah pekerjaan penulis dalam menganalisa masalah tersebut.



Gambar 3.3 diagram fish bone coupling blade

Faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan pada *Coupling Blade* di mesin *Re-Weaving* :

a. *Man*

- Tindakan saat memasukan input.

Pada saat operator mengoperasikan mesin, tidak luput mereka tidak pernah melakukan kesalahan. Salah satu hal yang bisa terjadi ialah ketika melakukan pemasangan input. Pada saat memasukan *geige fabric* pada *blade* setelah melewati *cutter*, *blade* dibiarkan dalam posisi bebas. Hal ini menyebabkan *blade* yang bergerak akibat tekanan dari benang tersebut. Hal ini bisa terjadi karena belum dipasangnya *SOP* pengoperasian mesin tersebut, sehingga operator tidak ada pedoman ketika mengoperasikan mesin tersebut.

b. *Method*

- Cara yang dilakukan saat mengencangkan *coupling* poros.

Salah satu hal menyebabkan kerusakan terjadi ialah ketika melakukan pengencangan pada *coupling* poros. Pengencangan poros dilakukan tanpa menggunakan kunci torsi. Hal ini dapat menyebabkan *unbalance* pada *blade*. Hal tersebut dapat disebabkan karena tidak adanya pengecekan secara berkala serta *SOP* pada saat pengerjaan.

c. *Machine*

- Putaran *blade* yang tidak seimbang.

Pada mesin beroperasi, *blade* berputar dengan putaran yang tidak seimbang. Hal ini menyebabkan terjadinya beban kejut pada komponen *blade* terutama bagian *coupling*. Hal ini menyebabkan rusaknya komponen *coupling* pada *blade*. Hal tersebut dapat terjadi karena tidak ada pengecekan secara berkala.

Dapat disimpulkan, kerusakan pada ketiga komponen tersebut diakibatkan tidak adanya jadwal pemeliharaan untuk ketiga komponen tersebut. Berikut adalah jadwal pemeliharaan komponen yang telah

dibuat.

BAGIAN PEMELIHARAAN	KELOMPOK PEMELIHARAAN	PERIODIK	BULAN																	
			JANUARI			FEBRUARI			MARET			APRIL			MAY			JUNI		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rubber Roll	Periksa fisik	Harian	[Redacted]																	
	Repar Rubber Roll	3000 jam	[Redacted]																	
	Ganti Rubber Roll	6000 jam	[Redacted]																	
Relay Nozzle	Periksa fisik	Harian	[Redacted]																	
	Cleaning Relay Nozzle	3000 jam	[Redacted]																	
	Repar Relay Nozzle	6000 jam	[Redacted]																	
Coupling	Periksa fisik	Harian	[Redacted]																	
	C.L.T Coupling	3000 jam	[Redacted]																	
	Repar replace	6000 jam	[Redacted]																	

BAGIAN PEMELIHARAAN	KELOMPOK PEMELIHARAAN	PERIODIK	TUKANG																	
			JULI			AGUSTUS			SEPTEMBAR			OKTOBER			NOVEMBER			DESEMBER		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rubber Roll	Periksa fisik	Harian	[Redacted]																	
	Repar Rubber Roll	3000 jam	[Redacted]																	
	Ganti Rubber Roll	6000 jam	[Redacted]																	
Relay Nozzle	Periksa fisik	Harian	[Redacted]																	
	Cleaning Relay Nozzle	3000 jam	[Redacted]																	
	Repar Relay Nozzle	6000 jam	[Redacted]																	
Coupling	Periksa fisik	Harian	[Redacted]																	
	C.L.T Coupling	3000 jam	[Redacted]																	
	Repar replace	6000 jam	[Redacted]																	

Gambar 3.4 jadwal pemeliharaan komponen

4. KESIMPULAN

Kerusakan pada komponen disebabkan beberapa faktor yang timbul akibat kurangnya penjadwalan yang ada. Dengan dibuatnya jadwal pemeliharaan tiap komponen, maka kerusakan dapat dicegah agar tidak terjadi breakdown diluar jadwal preventive maintenance yang telah ada.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Manual Handbook Picanol Air Tucker. V000694/01
- [2] Corder, "Teknik Manajemen Pemeliharaan" ; Penerbit Erlangga ; Jkt ; 1988
- [3] GARG, H.P. 1980. *Industrial Maintenance*. New Delhi, Chand & Company Ltd.
- [4] Rahayu, Minto. 2007. *Bahasa Indonesia di Perguruan Tinggi*. Jakarta : Grasindo

PERENCANAAN PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN CNC LATHE LEADWELL T6 SIEMENS PADA PT X

Mukhammad Febri Irviansyah, Dianta Mustofa Kamal

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
Jl. Prof. Dr. GA. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425 Depok
fbiriviansyah@gmail.com

Abstrak

Mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens adalah mesin perkakas modern yang dirancang khusus dengan ketelitian yang sangat tinggi, dikontrol dengan komputer dan bahasa numerik (bahasa yang menggunakan huruf dan angka untuk menghasilkan program). Mesin CNC Lathe T6 Leadwell Siemens berperan cukup vital dalam proses produksi untuk itu diperlukan adanya pencegahan downtime pada mesin dengan cara menerapkan sistem preventive maintenance pada mesin tersebut yaitu dengan membuat jadwal preventive maintenance dengan metode ISMO.

Untuk dapat membuat jadwal preventive maintenance dengan metode ISMO maka penelitian dilakukan dengan study literature dan study di lapangan. Study literature dilakukan berdasarkan manual book mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens, buku buku tentang pemeliharaan mesin industri dan Study dilapangan berdasarkan diskusi lapangan.

Dengan adanya jadwal preventive maintenance dengan metode ISMO dan pelaksanaan yang konsisten maka dapat mengurangi kemungkinan timbulnya kerusakan pada mesin.

Kata Kunci : Mesin CNC Lathe, Jadwal Preventive Maintenance, Metode ISMO

Abstract

CNC Lathe machine Leadwell T6 Siemens is modern machine tools which specially designed with a very high precision, controlled by a computer and numerical code (code that uses letters and numbers to produce a program). CNC Lathe machine Leadwell T6 Siemens has a vital role in the production process, which is it needs prevention of downtime on the machine by applying the system of preventive maintenance on the machine, in case to create a preventive maintenance schedule, along with the Standard Operational Procedure.

To create a preventive maintenance schedule with ISMO method the research conducted with study literature and field study. Study literature is based on manual book CNC Lathe machine Leadwell T6 Siemens, industrial maintenance books and field study based on discussions.

By the presence of a maintenance schedule that with ISMO method and as well as consistent implementation, it can reduce the possibility of damage to the machine.

Keywords : CNC Lathe Machine, Preventive Maintenance Schedule, ISMO Method

1 LATAR BELAKANG

Mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens adalah mesin perkakas modern yang di rancang khusus dengan ketelitian yang sangat kecil dan di kontrol oleh komputer dengan bahasa numerik (bahasa yang menggunakan huruf dan angka untuk menghasilkan program), mesin ini digunakan untuk keperluan produksi yang menghasilkan suatu benda dengan ketelitian yang tinggi. Untuk menjaga performa mesin maka dibutuhkan sistem perawatan mesin yang baik.



Gambar.1 Mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens

Tidak adanya jadwal pemeliharaan preventive akan menyebabkan kerusakan mesin yang dapat mengganggu proses produksi dan mengurangi lifetime mesin. Suatu mesin membutuhkan pemeliharaan yang terjadwal agar dapat mengurangi kemungkinan timbulnya kerusakan yang terjadi ketika mesin sedang beroperasi. Untuk menjalankan pemeliharaan mesin dibutuhkan suatu manajemen perawatan yang tepat agar proses pekerjaan pemeliharaan mesin dapat berjalan dengan baik.

Oleh karena itu pada tugas akhir ini saya akan membuat jadwal preventive maintenance dengan metode ISMO yang mengatur aktivitas dalam proses perawatan dan perbaikan. Pembahasan masalah ini berdasarkan studi literature dan studi lapangan.

2 METODE PENELITIAN

1. Penentuan Topik

Penentuan topik dilakukan dengan wawancara langsung operator atau staff bagian *Maintenance* di BT MEPPPO, serta melakukan pengamatan langsung terhadap proses perawatan mesin.

2. Perumusan Masalah

Bagaimana cara membuat penjadwalan preventive maintenance untuk mesin Lathe Leadwell T6 Siemens?

3. Wawancara dan Observasi

Melakukan tanya jawab dengan teknisi atau operator mesin bubut di BT MEPPPO terhadap kegiatan perawatan yang telah dilakukan sebelumnya.

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. Sebagai referensi tugas akhir ini saya mengambil buku seperti :

A. Instruction Manual Leadwell T6 Siemens

B. Industrial Maintenance, H.P. GARG. 1980

C. Teknik Manajemen Pemeliharaan, Antony Corder. 1992

5. Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahap mengumpulkan semua data yang diperoleh baik dari observasi maupun studi pustaka untuk selanjutnya dilaksanakan proses pembuatan jadwal perawatan mesin CNC FAT 630A.

6. Perencanaan dan Penjadwalan Mesin Bubut

Pembuatan jadwal perawatan mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens dengan melihat studi lapangan dan studi pustaka sebagai referensinya.

7. Kesimpulan

Setelah jadwal perawatan selesai dibuat kemudian yang dilakukan adalah menafsirkan kesimpulan yang didasarkan pada tujuan dan permasalahan. Penafsiran kesimpulan ini 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

Pembuatan jadwal preventive maintenance

a. Spesifikasi Mesin

Tabel 1. Spesifikasi Mesin

SPESIFIKASI MESIN LEADWELL T6 SIEMENS	
CAPACITY	

MAX SWING	mm (in)	∅450 (17.7")
SWING OVER CROSS SLIDE	mm (in)	∅290 (11.4")
MAX. TURNING DIAMETER	mm (in)	∅210 (8.3")
MAX. TURNING LENGTH	mm (in)	420 (16.5")
BAR CAPACITY	mm (in)	∅51 (2")
MA. WORKPIECE WEIGHT	kg	115

b. Data Keseharian Mesin

- Giliran kerja mesin (*Shift*) dalam 1 hari

PT. X menerapkan 2 *Shift* untuk proses produksi. Kegiatan produksi dilakukan setiap hari kerja yaitu mulai dari senin sampai minggu. Setiap harinya dalam 2 giliran kerja (*Shift*) mesin bekerja sekitar ±16 jam.

- Bahan benda kerja

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang mining equipment. Salah satu produk adalah spindle. Spindle terbuat dari Alloy Steel.

- Tipe produksi

Dalam dunia industri ada 3 jenis tipe dari produksi, yaitu massal, seri, dan unit. Di PT. X Indonesia tipe dari produksi yang digunakan adalah unit.

c. Nilai Repair Complexity

Dalam menentukan nilai dari *Repair Complexity* pada suatu mesin, diperlukan suatu data teknis dari mesin tersebut. Misalnya pada jenis mesin bubut CNC FAT 630A, diperlukan data teknis seperti jarak antara *swing* dengan meja (*bed*) dan jarak antara pusat (*center*) mesin.

- Mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens

Jarak *swing* dengan *bed* : 210 [mm]

Jarak antar pusat : 420 [mm]

Tabel 2. Nilai Repair Complexity

TYPE DESCRIPTION	SPESIFICATION	REPAIR COMPLEXITY
CENTER LATHES & NORMAL ACCURACY	250 [mm] x 500 [mm] Between Centres	5
	315 [mm] x 710 [mm] Between Centres	7
	315 [mm] x 1000 [mm] Between Centres	8
	400 [mm] x 1000 [mm] Between Centres	9
	400 [mm] x 1500 [mm] Between Centres	10
	500 [mm] x 1000 [mm] Between Centres	11
	500 [mm] x 2000 [mm] Between Centres	12
	500 [mm] x 5000 [mm] Between Centres	14
	500 [mm] x 8000 [mm] Between Centres	15
	630 [mm] x 1500 [mm] Between Centres	14
	630 [mm] x 3000 [mm] Between Centres	15
	800 [mm] x 3000 [mm] Between Centres	20
	1000 [mm] x 3000 [mm] Between Centres	25
	1000 [mm] x 5000 [mm] Between Centres	30
	1000 [mm] x 8000 [mm] Between Centres	35
	1250 [mm] x 6500 [mm] Between Centres	45
	1250 [mm] x 9000 [mm] Between Centres	50
	1250 [mm] x 12000 [mm] Between Centres	55
	1250 [mm] x 16000 [mm] Between Centres	60
	1250 [mm] x 20000 [mm] Between Centres	65
	1600 [mm] x 8000 [mm] Between Centres	55
	2000 [mm] x 1000 [mm] Between Centres	70
	2500 [mm] x 12500 [mm] Between Centres	80
2900 [mm] x 30000 [mm] Between Centres	200	
3200 [mm] x 8000 [mm] Between Centres	100	
3200 [mm] x 14000 [mm] Between Centres	145	
4000 [mm] x 10000 [mm] Between Centres	120	
4000 [mm] x 16500 [mm] Between Centres	180	

Berdasarkan data yang didapat maka mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens digolongkan sebagai berikut

Jarak *swing* dengan *bed* : 250 [mm]
 Jarak antar pusat : 500 [mm]
 Maka nilai dari *Repair Complexity* yang didapat pada mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens adalah 5.

d. Siklus Pemeliharaan

Berdasarkan data yang di dapat pada data keseharian mesin, maka dilakukan penentuan siklus dari pemeliharaan atau perawatan itu sendiri. Siklus perawatan selain ditentukan oleh data keseharian mesin, juga ditentukan dari nilai *Repair Complexity*. Penentuan siklus pada mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens maka didapat siklus perawatan adalah sebagai berikut

Tabel 3. Periode Pemeliharaan

REPAIR COMPLEXITY	REPAIR CYCLE			TYPE OF PRODUCTION	MATERIAL BEING MACHINED	DURATION OF THE COMPLETE CYCLE (T) IN YEARS			DURATION BETWEEN CONSECUTIVE STAGE (t) IN				
	CYCLE	NO. OF REPAIRS BETWEEN COMPLETE				WORKING SHIFT			WORKING SHIFT				
		M	S			I	1	2	3	1	2	3	
Up to 30	C - I1 - S1 - I2 - S2 - I3 - M1 - I4 - S3 - I5 - S4 - I6 - M2 - I7 - S5 - I8 - S6 - I9 - C	2	6	9	MASS	H.C & Alloy Steel	9.5	4.5	3	6	3	2	
						Al. Alloy	10	5	3.5	6.5	3.5	2.5	
						C.I & Bronze	10.5	5.5	3.5	7	3.5	2.5	
					SERIES	Const. Steel	13	6.5	4.5	8.5	4.5	3	
						H.C & Alloy Steel	12	6	4	8	5	3	
						Al. Alloy	13	6.5	4.5	9	4.5	3	
						C.I & Bronze	13.5	7	4.5	9.5	4.5	3	
						Const. Steel	17	8.5	6	11.5	6	4	
						UNIT	H.C & Alloy Steel	14	7	4.5	9.5	4.5	3
							Al. Alloy	15	7.5	5	10	5	3.5
							C.I & Bronze	16	8	5.5	10.5	5.5	3.5
						30 to 150	C - I1 - I2 - I3 - S1 - I4 - I5 - I6 - S2 - I7 - I8 - I9 - M1 - I10 - I11 - I12 - S3 - I14 - I15 - I16 - I17 - I18 - M2 - I19 - I20 - I21 - S5 - I22 - I23 - I24 - S6 - I25 - I26 - I27 - C	2	6	27	MASS	H.C & Alloy Steel	12.5
Al. Alloy	13.5	7	4.5	4.5	2.5							1.5	
C.I & Bronze	14.5	7	5	5	2.5							1.5	
UNIT	Const. Steel	18	9	6	6						3	2	
	H.C & Alloy Steel	16	8	5.5	5.5						2.5	2	
	Al. Alloy	17.5	9	6	5.5						3	2	
	C.I & Bronze	18.5	9.5	6.5	6.5						3	2	
	Const. Steel	23.5	11.5	8	8						4	2.5	
	SERIES	H.C & Alloy Steel	18.5	9.5	6.5						6.5	3	2
		Al. Alloy	20	10	6.5						6.5	3.5	2.5
		C.I & Bronze	21.5	11	7						7	3.5	2.5
	Const. Steel	13.5	13.5	9	9						4.5	3	

O - I1 - S1 - I2 - S2 - I3 - M1 - I4 - S3 - I5 - S4 - I6 - M2 - I7 - S5 - I8 - S6 - I9 - O

Keterangan : O = *Overhaul*
 I = *Inspeksi*
 S = *Small Repair* (Perbaikan Kecil)
 M = *Medium Repair* (Perbaikan Sedang)

e. Periode Pemeliharaan

Selain siklus didapat juga periode dan siklus untuk perawatan yang harus dilakukan dan saling berkaitan dengan siklus perawatan tersebut. Ada 2 jenis periode perawatannya itu periode perawatan dalam bulan, dan periode perawatan dalam tahun.

Untuk periode perawatan dalam bulan didapatkan nilai sebesar 4,5. Jadi maksudnya adalah jangka waktu antara perawatan terakhir dengan perawatan selanjutnya berjarak 4,5 bulan. Misalnya pada Inspeksi pertama (I1) dilakukan pada awal bulan Januari, maka perawatan selanjutnya Perbaikan Kecil pertama (S1) dilakukan pada pertengahan bulan Juli.

Sedangkan untuk periode perawatan dalam tahun didapatkan nilai sebesar 7. Jadi maksudnya yaitu jangka waktu untuk seluruh perawatan pada siklus perawatan dilakukan selama 7 tahun. Atau dengan kata lain jarak antara *Complete Overhaul* (C) ke *Complete Overhaul* selanjutnya berjangka 7 tahun.

Berikut ini adalah tabel perawatan *preventive* (*Annual*) yang sudah dijadwalkan dari mesin CNC Lathe Leadwell T6 Siemens di PT X.

Tabel 4. Jadwal Pemeliharaan

No.	Nama Mesin	Karakteristik Mesin	Repair Complexity	Giliran Kerja Mesin (Shfit)	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Bulan pada Tahun 2018																	
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1	CNC Lathe Leadwell T6 Siemens	210 [mm] Swing x 420 [mm] Between Center	5	2	4.5						II									S1			

No.	Nama Mesin	Karakteristik Mesin	Repair Complexity	Giliran Kerja Mesin (Shfit)	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Bulan pada Tahun 2019																	
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1	CNC Lathe Leadwell T6 Siemens	210 [mm] Swing x 420 [mm] Between Center	5	2	4.5															S2			

No.	Nama Mesin	Karakteristik Mesin	Repair Complexity	Giliran Kerja Mesin (Shfit)	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Bulan pada Tahun 2020																	
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1	CNC Lathe Leadwell T6 Siemens	210 [mm] Swing x 420 [mm] Between Center	5	2	4.5																		

No.	Nama Mesin	Karakteristik Mesin	Repair Complexity	Giliran Kerja Mesin (Shfit)	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Bulan pada Tahun 2021																	
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1	CNC Lathe Leadwell T6 Siemens	210 [mm] Swing x 420 [mm] Between Center	5	2	4.5																		

No.	Nama Mesin	Karakteristik Mesin	Repair Complexity	Giliran Kerja Mesin (Shfit)	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Bulan pada Tahun 2022																	
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1	CNC Lathe Leadwell T6 Siemens	210 [mm] Swing x 420 [mm] Between Center	5	2	4.5																		

No.	Nama Mesin	Karakteristik Mesin	Repair Complexity	Giliran Kerja Mesin (Shfit)	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Bulan pada Tahun 2023																	
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1	CNC Lathe Leadwell T6 Siemens	210 [mm] Swing x 420 [mm] Between Center	5	2	4.5																		

No.	Nama Mesin	Karakteristik Mesin	Repair Complexity	Giliran Kerja Mesin (Shfit)	Waktu Perawatan yang diatur dalam bulan	Bulan pada Tahun 2024																	
						I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1	CNC Lathe Leadwell T6 Siemens	210 [mm] Swing x 420 [mm] Between Center	5	2	4.5																		

Catatan :

- O/■ = *Overhaul*
- I = Inspeksi
- S = *Small Repair* (Perbaikan Kecil)
- M = *Medium Repair* (Perbaikan Sedang)

Perubahan terhadap jadwal tersebut akan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor penentunya sendiri. Faktor penentu itu sendiri terdiri dari nilai *Repair Complexity*, *Shift Kerja*, *Bahan Kerja*, dan *Tipe Produksi*.

a. Inspeksi, *Small Repair*, *Medium Repair*, *Complete Overhaul*

Pada siklus perawatan terdapat beberapa langkah dalam melakukan perawatan. Mulai dari inspeksi hingga *Overhaul*. Sehingga upaya yang harus dilakukan pada setiap langkah perawatannya adalah sebagai berikut :

1) Inspeksi

1. Memeriksa keseluruhan bagian luar pada mesin dan setiap unitnya (tanpa pembongkaran) untuk membuat daftar cacat tentang kondisi dan pengoperasian mesin.
2. Membuka cover atau penutup bagian mesin (penutup *gearbox*) untuk inspeksi dan memeriksa kondisi mekanismenya.
3. Mengatur clearance antara poros ulir pada pada pelana (*saddle*) dan eretan pembawa (*carriages*)
4. Mengatur bantalan pada poros
5. Mengatur kelancaran geser pada meja, pelana dan eretan pembawa, dan permukaan saling bergesekan. Bersihkan kotoran yang menempel seperti benda asing berbahaya lainnya.
6. Mengencangkan atau mengganti pengencang seperti pin, mur, baut dan lainnya yang longgar atau sudah using.
7. Membersihkan, mengencangkan, mengganti, atau memperbaiki rantai, belts.
8. Memeriksa kondisi dari sistem pendingin (*coolant System*).
9. Memeriksa kondisi dari sistem hidrolik & sistem pelumasan atau menambahkan pelumasan pada setiap tangki penampung (sesuai spesifikasi pelumas)
10. Mencatat semua hal yang dilakukan dan mencatat kondisi mesin.
11. Membuat daftar bagian - bagian yang membutuhkan penggantian pada perawatan selanjutnya (S, M, C)

2) *Small Repair*

1. Melakukan semua yang dilakukan saat inspeksi.
2. Membongkar beberapa bagian mesin yang sudah usang/aus/kotor. Lakukan inspeksi secara internal dengan membuka penutup pada bagian tertentu.
3. Membersihkan bagian yang dibongkar.
4. Membongkar *spindle* dan membersihkan kotoran yang menempel pada *spindle*.
5. Membongkar *chuck* dan membersihkan kotoran yang menempel pada *chuck*.
6. Memeriksa ketepatan dan kelurusan antar *center* pada mesin.
7. Menjalankan mesin tanpa menggunakan beban dan dengan menggunakan beban pada semua kecepatan dan semua pemakanan. Selanjutnya periksa ketepatan serta permukaan pada benda kerja.

3) *Medium Repair*

1. Melakukan semua yang dilakukan saat *Small Repair*.
2. Periksa keausan pada permukaan yang saling bergesekan sebelum merawat atau memperbaiki dudukan pada mesin.
3. Membongkar semua bagian - bagian mesin seperti eretan, rumah alat potong (*toolsturret*), cekam (*chuck*), kepala lepas
4. Membersihkan bagian yang tadi sudah dibongkar dari kotoran/benda asing lainnya.
5. Periksa bagian yang dibongkar secara teliti.
6. Lihat daftar cacat/estimasi kerusakan yang akan terjadi.
7. Segera lakukan pergantian komponen bila terjadi kerusakan.
8. Pasang bagian yang sudah diperiksa/diperbaiki.
9. Periksa kelayakan operasi pada bagian yang diperbaiki dan semua mekanisme pada mesin.

4) *Overhaul*

1. Melakukan semua yang dilakukan pada saat *Medium Repair*.
2. Membongkar keseluruhan komponen unit pada mesin.
3. Periksa kelayakan pada pelindung bagian mesin seperti tutup *belt drive, casing*, dan lain-lain.
4. Periksa seluruh permukaan pada mesin baik itu yang diluar ataupun yang didalam mesin. Jika ada permukaan yang cacat, lapisi dengan dempul.
5. Cat seluruh permukaan mesin

1.5 KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan yang pertama dari pembuatan tugas akhir ini, maka didapat siklus perawatan ISMO dengan jangka waktu 7 tahun, periode perawatan setiap 4,5 bulan. Dengan siklus inspeksi setiap 9 bulan, siklus S1 ke S2 selama 9 bulan, S2 ke S3 selama 18 bulan, S3 ke S4 selama 9 bulan, S4 ke S5 selama 18 bulan, S5 ke S6 selama 9 bulan. Dan jangka waktu untuk M1 ke M2 selama 27 bulan.

1.6 SARAN

) Setiap mesin yang ada seharusnya dilakukan perawatan secara preventive agar dapat mengurangi downtime mesin dan kerusakan mesin secara tiba tiba yang dapat mengurangi kualitas mesin.

1.7 DAFTAR PUSTAKA

- [1] GARG, H.P. 1980. *Industrial Maintenance*. New Delhi, Chand & Company Ltd.
- [2] *Instruction Manual Leadwell T6 SIEMENS*
- [3] Corder, Antony & Kusnul Hadi. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta : Erlangga

PENGARUH PEMBERSIHAN SCREEN BASIN TERHADAP PERFORMA COOLING TOWER

Rica Tresnawati¹, Satria Ardiansyah², Jusafwar³

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, 083874870681, ricatresnawati96@gmail.com

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Screen basin adalah suatu alat yang berada di cooling tower, yang berfungsi sebagai penyaring kotoran, yang terbawa air di cold water basin. Masalah yang terjadi dalam pembersihan screen adalah air di cold water basin yang menuju condenser tidak condensate, kemudian adanya bakteri/lumut dan endapan, mampu mempengaruhi temperature yang masuk Cooling Tower dan upaya yang harus dilakukan agar screen basin mampu menyaring secara optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perubahan performa Cooling Tower setelah pembersihan Screen Basin, dan manfaat pembersihan Screen Basin.. Untuk mengetahui pengaruh pembersihan screen, maka kita harus menghitung perbandingan Efektivitas Cooling Tower sebelum dan sesudah dibersihkan serta menghitung pengaruh tingkat kekotoran terhadap performa Cooling Tower. Analisa ini menghasilkan kenaikan nilai Efektivitas terhadap cooling tower, sesudah dilakukan pembersihan pada Screen. Sesudah dilakukannya pembersihan, mampu menaikkan Efektivitas cooling tower sebesar 4%.

Kata kunci : Cooling Tower, Screen basin, Pembersihan, dan Efektivitas

Abstract

Screen basin is a device located in the cooling tower, which is the functions is to filter out the dirt carried by the water in cold water basin. The Problems that occurs in the cleaning screen basin is the water in the cold water basin to condenser not condensate then, the bacteria / moss and sediment be able to affect the incoming temperature Cooling Tower and what should be done on screen basin so the screen is able to filter Optimally.

This study aims to determine the changes of performance Cooling Tower after do cleaning Screen Basin, the benefit of screen cleaning. To know the effect of screen cleaning, then we have to calculate the effectiveness ratio of Cooling Tower before and after cleaning and calculate the influence of dirt level on Cooling Tower performance. This analysis results is to increase the effectiveness of cooling tower after cleaning the screen. After the cleaning, able to increase the effectiveness of cooling tower by 4%.

keywords : Cooling Tower, Screen basin, Cleaning, dan Effektivitas.

1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan yang bergerak di bidang Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi adalah PT.X pada sektor hulu sampai hilir yang menangani kegiatan usaha panas bumi. Salah satu alat yang digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP) adalah Cooling Tower. Cooling Tower di PLTP PT. X unit IV yang digunakan adalah Cooling tower jenis Marley Class 800 model 84240LE5-8.04 dengan tipe aliran angin paksa (forced draft) Counterflow Mechanical Draft dengan Film Fill-Marley DF381.

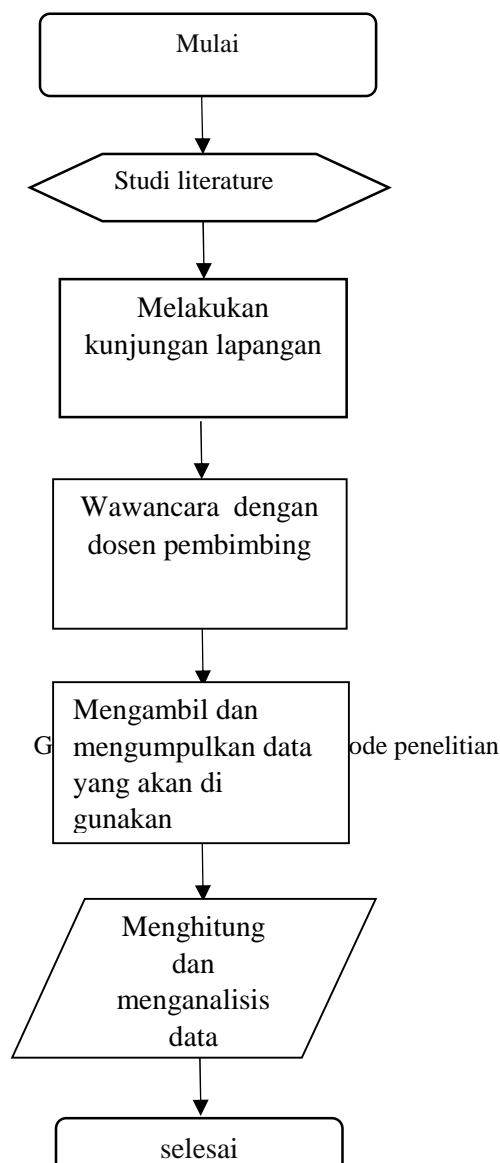
Cooling Tower merupakan sarana sirkulasi air pendingin yang sangat berperan dalam berbagai industry. Cooling Tower sangat berperan penting dalam kinerja sistem PLTP. Harus dilakukan pembersihan pada Screen basin di Cooling Tower sehingga performa pada Cooling Tower dapat beroperasi secara optimal. Semakin baik performa Cooling Tower maka akan semakin baik pula kinerja Cooling Tower. Pemeliharaan Screen basin di Cooling Tower menggunakan metode chemical dan cleanser. Metode cleanser yaitu dengan cara melakukan pembersihan screen basin pada Cooling Tower. Pembersihan screen pada cooling tower harus dilakukan karena akan mempengaruhi kinerja cooling tower. Apabila tidak dilakukan pembersihan akan mengakibatkan suhu air pada cooling tower meningkat, peningkatan suhu pada air tersebut menunjukkan performa cooling tower menurun.

Di lihat dari permasalahan diatas maka diperlukan pembersihan screen basin secara rutin agar kinerja *cooling tower* meningkat. Tujuan dilakukannya analisa ini adalah untuk mengetahui manfaat *cooling tower* dari pembersihan *screen basin* secara rutin dan untuk mengetahui adanya perubahan performa *cooling tower* sesudah dilakukan pembersihan *cooling tower*.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam menyusun laporan ini adalah:

1. Studi *literature* : mencari referensi teori yang relafan dengan permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut dapat dicari dari buku, laporan penelitian, instruktur manual dari pembimbing atau mentor maupun dari peri perpustakaan.
2. Kunjungan Lapangan : melakukan kunjungan lapangan untuk meninjau secara langsung sehingga mendapatkan pengamatan dan pengalaman yang sangat menunjang untuk menyelesaikan makalah ini.
3. Wawancara : melakukan konsultasi dan tanya jawab dengan pembimbing Tugas Akhir dan pihak pihak yang professional dalam bidang yang di pelajari.
4. Mengambil Data yang Akan Digunakan
Pengambilan data di PT. Pertamina *Geothermal Energy* area Kamojang yang kemudian akan di hitung dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh pembersihan *screen basin* terhadap performa *cooling tower*.
5. Menghitung dan Menganalisis Data
Data yang sudah didapat akan dihitung dan dianalisa.



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

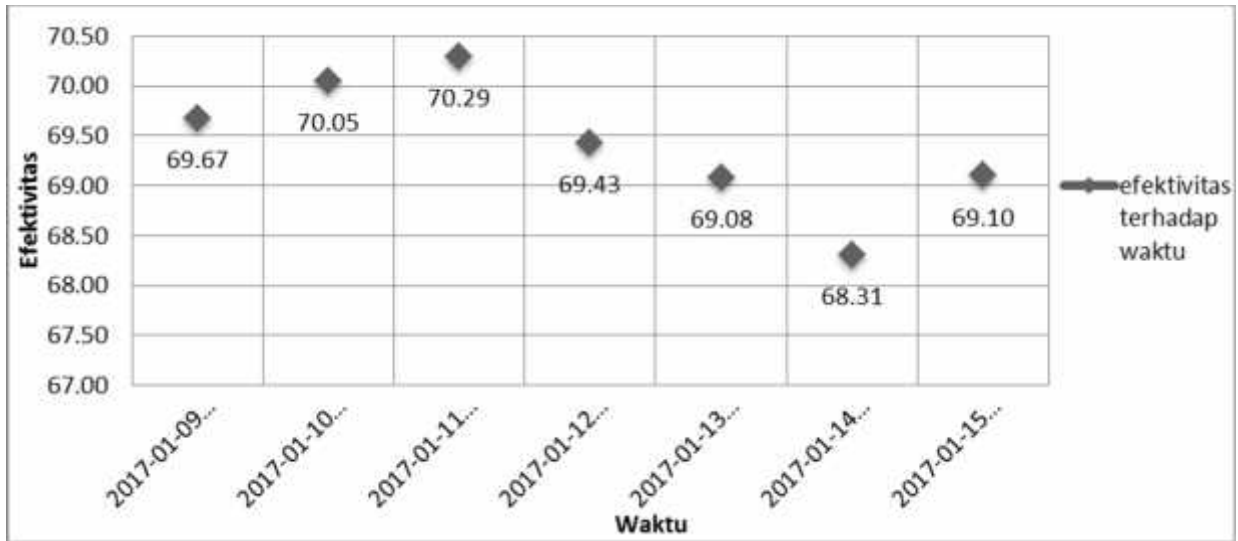
3.1 Hasil Perhitungan Efektivitas Cooling Tower Selama 7 Hari

Hasil perhitungan efektivitas *cooling tower* selama 1 minggu dari tanggal 9 januari s/d 15 januari 2017, dilakukan berdasarkan data yang penulis dapatkan dari PT. X Lalu menggunakan *Excel* penulis mengolah data tersebut. Berikut adalah tabel data :

Tabel 1 data efektivitas *cooling tower* terhadap waktu selama 7 hari

Date and Time	Tin (°C)	Rata-rata Tin	Tout (°C)	Rata-rata Tout	Twb (°C)	Rata-rata Twb	LID	rata-rata LID	Range	Approach	Range + Approach	Efektivitas (%)
2017-01-09 00:30:00	51.27563477	51.32598877	26.86157227	26.93481445	16.23500443	16.31837726	160.72876	131.971893	24.3911743	10.6164372	35.00761151	69.67391736
2017-01-09 06:30:00	50.93994141		26.51977539		15.49954891		159.105835					
2017-01-09 12:30:00	52.18505859		27.734375		18.0123558		109.65271					
2017-01-09 18:30:00	50.90332031		26.62353516		15.52659988		98.4002686					
2017-01-10 00:30:00	51.04980469	51.4831543	26.76391602	27.16064453	15.87422085	16.76307654	115.366211	113.359406	24.3225098	10.397568	34.72007775	70.05315466
2017-01-10 06:30:00	51.01318359		26.68457031		15.94636726		123.05542					
2017-01-10 12:30:00	52.09960938		27.75878906		17.84435463		101.859863					
2017-01-10 18:30:00	51.77001953		27.43530273		17.38736343		113.156128					
2017-01-11 00:30:00	51.47094727	51.62658691	27.1484375	27.27813721	16.42822647	16.98765659	121.363525	116.014832	24.3484497	10.2904806	34.63893032	70.29215245
2017-01-11 06:30:00	51.04370117		26.76391602		16.28878403		124.319336					
2017-01-11 12:30:00	52.16674805		27.77709961		17.92381096		103.240356					
2017-01-11 18:30:00	51.82495117		27.4230957		17.30980492		115.136108					
2017-01-12 00:30:00	51.23901367	50.92468262	26.91650391	26.94549561	16.22724152	16.38891745	109.751587	122.788086	23.979187	10.5565782	34.53576517	69.43291076
2017-01-12 06:30:00	50.9765625		26.69677734		15.71535015		113.22937					
2017-01-12 12:30:00	52.08129883		27.66723633		17.77927399		123.612671					
2017-01-12 18:30:00	49.40185547		26.50146484		15.83380413		144.558716					
2017-01-13 00:30:00	49.15161133	49.67651367	26.26953125	26.78222656	15.76715469	16.53649187	146.079224	147.438538	22.8942871	10.2457347	33.1400218	69.08350045
2017-01-13 06:30:00	49.15161133		26.39770508		16.03603745		149.523315					
2017-01-13 12:30:00	50.89111328		27.75878906		18.2458477		141.942749					
2017-01-13 18:30:00	49.51171875		26.70288086		16.09692764		152.208862					
2017-01-14 00:30:00	49.52392578	50.24108887	26.73950195	26.71508789	16.07473183	15.8003695	146.708252	161.040497	23.526001	10.9147184	34.44071937	68.30868057
2017-01-14 06:30:00	49.10888672		26.33056641		15.85300732		153.833618					
2017-01-14 12:30:00	51.37939453		27.05688477		16.1137867		173.201904					
2017-01-14 18:30:00	50.95214844		26.73339844		15.15995216		170.418213					
2017-01-15 00:30:00	50.05493164	50.82092285	25.95825195	26.49841309	14.75201607	15.62141705	170.028687	178.382446	24.3225098	10.876996	35.19950581	69.09900923
2017-01-15 06:30:00	50.29907227		26.02539063		14.34777069		171.801147					
2017-01-15 12:30:00	51.69067383		27.23388672		17.37163353		176.408081					
2017-01-15 18:30:00	51.23901367		26.77612305		16.01424789		195.29187					

Dari data tabel diatas didapatkan grafik yaitu grafik Efektivitas *cooling tower* selama 7 hari . berikut adalah grafiknya :



Grafik 1 Efektivitas *cooling tower* selama 7 hari

Sumbu axis menyatakan waktu selama 7 hari dan ordinatnya menyatakan nilai efektivitas. Nilai efektivitas tertinggi terjadi pada tanggal 11 januari dan nilai terendah pada tanggal 14 januari. Pada grafik ke 1 telah dilakukan pembersihan sehingga nilai efektivitas pada grafik ke 2 mengalami peningkatan. Dari grafik 3.1 dengan dilakukannya pembersihan, berpengaruh terhadap Efektivitas *cooling tower* yang meningkat.

3.2 Perbandingan efektivitas *cooling tower* sebelum dan sesudah di bersihkan

Perbandingan efektivitas *cooling tower* 2 jam sebelum dan 2 jam sesudah dibersihkan, data yang digunakan adalah data pada bulan januari dan februari yang dilakukan pembersihan pada bulan januari dan Februari, data yang penulis dapatkan dari PT. X. Lalu menggunakan *Excel* penulis mengolah data tersebut. Berikut adalah tabel data :

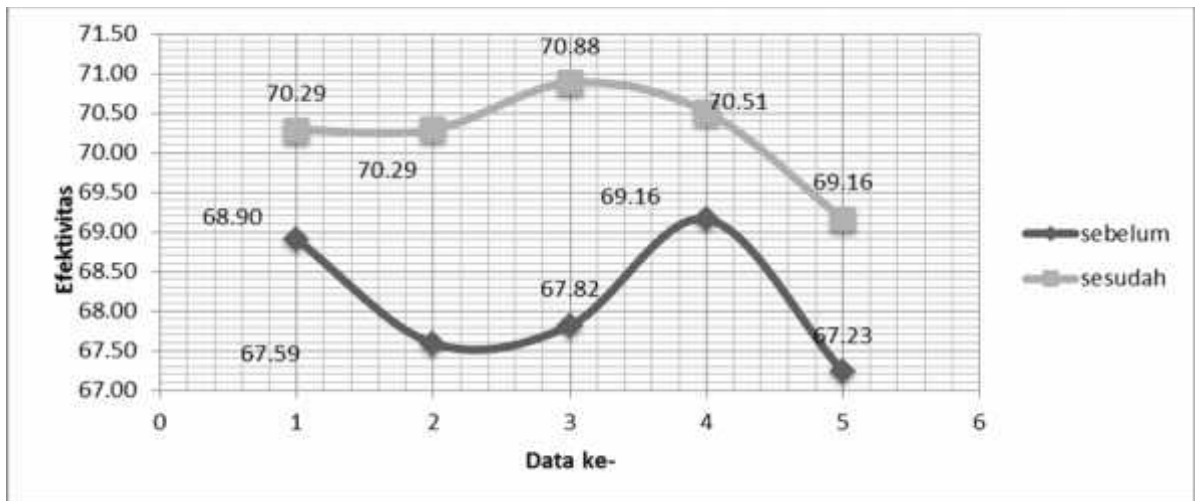
Tabel 2 data efektivitas sebelum dilakukan pembersihan

Data ke	Tanggal	keterangan	Twin	Twout	Twb	Range (TWin - TWout)	Approach (Twout - TWB)	Efektivitas (Range/Range+Approach) x 100%
1	2017-01-09 06:30:00	2 jam sebelum	50.93994141	26.51977539	15.49954891	24.42016602	11.02022648	68.9048972
2	2017-01-16 06:30:00	2 jam sebelum	49.67651367	27.13623047	16.32896233	22.5402832	10.80726814	67.59201888
3	2017-01-20 06:30:00	2 jam sebelum	48.92578125	26.14746094	15.33731079	22.77832031	10.81015015	67.8158904
4	2017-01-28 06:30:00	2 jam sebelum	50.64697266	26.35498047	15.52253914	24.29199219	10.83244133	69.159812
5	2017-02-16 06:30:00	2 jam sebelum	48.19946289	25.79345703	14.87395287	22.40600586	10.91950417	67.2337973

Tabel 3 data efektivitas sesudah dilakukan pembersihan

Data ke	Tanggal	keterangan	Twin	Twout	Twb	Range (TWin - TWout)	Approach (Twout - TWB)	Efektivitas (Range/Range+Approach) x 100%
1	2017-01-09 10:30:00	2 jam sesudah	51.75170898	27.44750977	17.17300034	24.30419922	10.27450943	70.28660169
2	2017-01-16 10:30:00	2 jam sesudah	51.24511719	26.97753906	16.72098351	24.26757813	10.25655556	70.29163526
3	2017-01-20 10:30:00	2 jam sesudah	51.84936523	27.61230469	17.65550613	24.23706055	9.956798553	70.88132543
4	2017-01-28 10:30:00	2 jam sesudah	51.5625	27.30102539	17.15633965	24.26147461	10.14468575	70.51491465
5	2017-02-16 10:30:00	2 jam sesudah	49.05395508	26.70898438	16.74568367	22.3449707	9.963300705	69.16176486

Dari data tabel diatas didapatkan grafik yaitu grafik perbandingan 2 jam sebelum di bersihkan dengan 2 jam sebelum di bersihkan . berikut adalah grafiknya :



Grafik 2 efektivitas cooling tower sebelum dan sesudah dilakukan pembersihan pada screen basin

Sumbu axis menyatakan data minggu ke 1 hingga ke 5 dan ordinatnya menyatakan nilai efektivitas. Pada grafik terdapat perbandingan nilai efektivitas sebelum dan sesudah dilakukan pembersihan pada screen basin. Dari grafik minggu ke 1 hingga minggu ke 5 mengalami peningkatan nilai efektivitas.

3.3 Perhitungan Efektivitas Cooling Tower Terhadap Tingkat Kekotoran

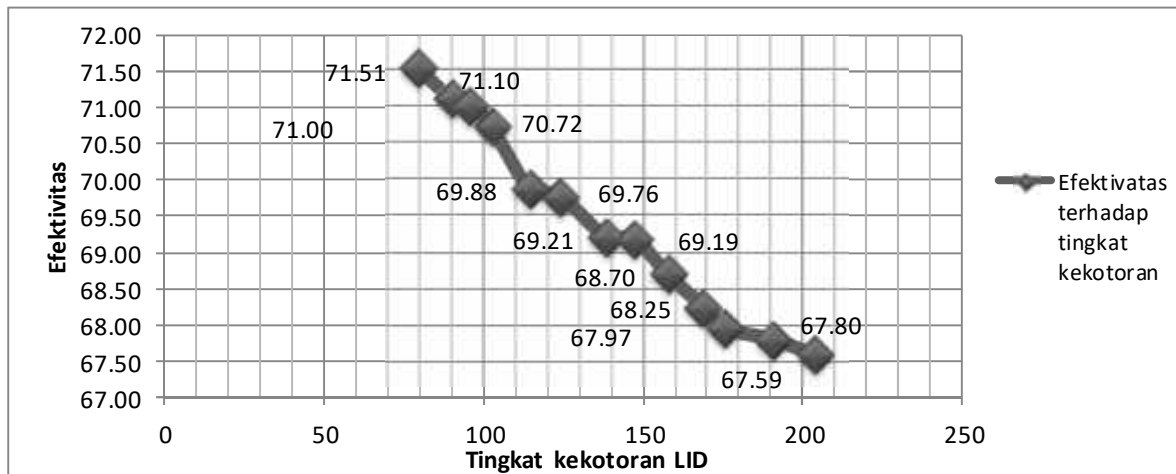
Perhitungan efektivitas *cooling tower* terhadap tingkat kekotoran dilakukan berdasarkan data yang penulis dapatkan dari PT. X. Lalu dengan menggunakan *Excel* penulis mengolah data tersebut. Berikut adalah tabel data :

Tabel 4 Tabel data efektivitas (%) *cooling tower* terhadap tingkat kekotoran

No.	Tin CT (°C)	Tout CT (°C)	Twb CT (°C)	LID	Range	Approach	Efektivitas (%)
1	52.00195313	27.9418945	18.3581886	79.5373535	24.06005859	9.583705902	71.51416898
2	50.83007813	27.6733398	18.2614822	89.8533936	23.15673828	9.411857605	71.10143269

3	51.73339844	27.5390625	17.6553021	95.5358887	24.19433594	9.883760452	70.99673544
4	51.64794922	27.3742676	17.3236942	102.374268	24.27368164	10.05057335	70.71874291
5	51.46484375	27.331543	16.9291267	114.258911	24.13330078	10.40241623	69.87925218
6	51.37939453	27.1606445	16.6612854	124.22229	24.21875	10.49935913	69.75826336
7	51.2512207	27.142334	16.4161644	138.340454	24.10888672	10.72616959	69.20869169
8	50.98266602	26.8371582	16.0843067	147.22168	24.14550781	10.75285149	69.18808877
9	50.84838867	26.8066406	15.8526793	157.566528	24.04174805	10.95396137	68.6991304
10	49.31640625	26.8005371	16.3282356	168.747559	22.51586914	10.47230148	68.25437336
11	48.66333008	26.2329102	15.6614399	175.061646	22.43041992	10.57147026	67.96707642
12	49.99389648	25.6958008	14.1576443	190.687988	24.2980957	11.53815651	67.80311613
13	49.63989258	25.378418	13.7471046	203.49292	24.26147461	11.63131332	67.59428845

Dari data tabel diatas didapat 2 grafik yang yaitu grafik Twb (*temperature wet bulb*) terhadap tingkat kekotoran dan grafik efektivitas terhadap tingkat kekotoran . Berikut adalah grafiknya :



Grafik 3 Efektivitas terhadap tingkat kekotoran LID

Sumbu absis menyatakan tingkat kekotoran LID (*level indicator different*) dan sumbu ordinat menyatakan nilai efektivitas *cooling tower*. Dari grafik 1 hingga 13 terlihat bahwa nilai efektivitas *cooling tower* mengalami penurunan. Penyebab terjadinya penurunan efektivitas di *cooling tower* dikarenakan nilai *approach* yang terus meningkat dan nilai twb yang menurun. Pada grafik ke 7 sampai 8 nilai efektivitas konstan karena nilai *approach* tidak berbeda jauh. Dari grafik 3.3 penurunan dan kenaikan Efektivitas di pengaruhi oleh tingkat kekotoran LID.



Grafik 4 Twb terhadap tingkat kekotoran LID

Sumbu axis menyatakan tingkat kekotoran LID (*level indicator different*) dan sumbu ordinatnya TWB (*temperature wet bulb*). Dari grafik 3.4 1 hingga 9 mengalami penurunan nilai *temperature wet bulb* dan terjadi peningkatan pada grafik 10.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja *cooling tower* yang optimal dapat dilihat dari hasil pendinginan yang baik, pendinginan yang baik dapat mempengaruhi vakum di kondensor yang baik, hal ini menyebabkan nilai *steam specific consumption* yang digunakan menjadi sedikit, kemudian nilai beban yang dihasilkan meningkat.
2. Dengan dilakukannya pembersihan maka nilai *approach* akan menurun dan pendinginan *cooling tower* menjadi baik. *Cooling tower* yang baik dilihat dari perbandingan nilai *approach* dan *temperature wet bulb*. Semakin rendah nilai *approach* maka nilai efektifitas semakin tinggi.
3. Terjadinya penurunan efektifitas dikarenakan suhu air pada *cooling tower* akan meningkat yang menyebabkan efektifitas *cooling tower* menurun oleh karena itu, harus dilakukan pembersihan seminggu 2 kali selama seminggu agar *cooling tower* dapat menghasilkan pendinginan yang baik.
4. Apabila nilai *level indicator different* sudah mencapai nilai 150 maka harus dilakukan pembersihan, apabila tidak dibersihkan maka kotoran seperti lumut, gangga, dan serangga lainnya akan semakin banyak yang melekat pada *screen*, sehingga menghambat air yang melewati *screen* dan menyebabkan nilai *level indicator different* meningkat, meningkatnya nilai *level indicator different* ini mempengaruhi suhu pada *cooling tower*. Suhu pada *cooling tower* akan meningkat dan pendinginan tidak optimal, meningkatnya suhu pada *cooling tower* akan mempengaruhi nilai *temperature wet bulb* sehingga efektifitas *cooling tower* mengalami penurunan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Manual Book : *SPX Cooling Technologies, inc.* Pertamina Geothermal Energy. USA . 2006
- [2]. Manual Book : *SPX Cooling Tower Fundamental . Second Edition.* Pertamina Geothermal Energy. USA, 2006.

- [3]. Kusmawati, Lia Yuliana. 2014 *Analisa Efektivitas Lube Oil Cooler pada Komponen Cooling Water System*(Kerja Praktek). Institut Negeri Bandung. Bandung.
- [4]. Tawakal, Iqbal Mochamad. 2014. *Perbandingan Efektivitas Cooling Tower dari Data Design Dengan Data Aktual Dan Maintenance Optimizing Cooling Tower* (Kerja Praktek). Institut Negeri Bandung. Bandung.

REKONDISI *BELT CONVEYOR X12-BC1* UNTUK *TRANSPORT AFR COCS* DI *LIMESTONE YARD PT. HOLCIM TBK PABRIK CILACAP*

Robby Bakhtair¹, Seto Tjahyono²

¹Robby Bakhtiar, Jalan Manggis RT 06/05 Jeruklegi Wetan, Jeruklegi Cilacap, 085747923919,

robbybakhtiar.holcim@gmail.com

^{1,2}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Dalam proses produksi semen selain bahan baku utama juga disertakan beberapa bahan tambahan yang ditujukan sebagai Alternating Fuel Raw Material (AFR). Crude Oil Contaminated Soil (COCS) adalah limbah tanah hasil industri pengeboran minyak yang digunakan sebagai AFR di PT. Holcim Indonesia Tbk. Proses pemanfaatan COCS saat ini kurang maksimal karena dilakukan secara manual tanpa adanya sistem penimbangan, sehingga jumlahnya sulit dimonitor. Untuk memperlancar proses produksi perlu dibuat belt conveyor (BC) yang berfungsi sebagai alat angkut dan penimbang (belt weigher). X12-BC1 adalah BC yang awalnya digunakan untuk mentransportasikan pasir silika, namun sudah lama tidak digunakan. Sebelum digunakan kembali X12-BC1 perlu direkondisi dan dimodifikasi supaya mampu untuk menangani COCS mengingat material yang ditransportasikan memiliki sifat, karakteristik dan jumlah yang dibutuhkan berbeda.

X12-BC1 awalnya mengangkut pasir silika sebanyak 120 T/H sedangkan untuk AFR COCS hanya memerlukan kapasitas angkut 8 T/H sehingga perlu dilakukan modifikasi pada sistem penggerakannya. Letak dan posisi juga dipindah dari area lama ke limestone yard. Rekondisi berupa pengecekan, perhitungan, desain ulang dan perubahan/penggantian pada komponen-komponen belt conveyor seperti: lebar belt, sudut through, idler, pulley, sudut kemiringan, hopper, motor penggerak, dan penambahan sensor berat untuk memastikan bahwa belt conveyor itu mampu untuk menangani COCS.

Dengan melakukan rekondisi pada X12-BC1 menghasilkan belt conveyor dengan lebar belt 1050 mm, panjang 18900 mm, daya motor 1,5 kW yang kecepatannya dapat diatur dan sudut kemiringan 5° yang diberi nomor Holcim Asset Code (HAC) baru yaitu T92-BC2. Dari spesifikasi dapat dipastikan bahwa belt conveyor T92-BC2 mampu untuk menangani COCS sehingga proses konsumsinya lebih mudah dimonitor.

Kata kunci: *Crude Oil Contaminated Soil (COCS), Belt Conveyor, Belt Weigher, Rekondisi.*

Abstract

In the production process of cement in addition to the main raw materials are also available some additional material designated as AFR (Alternating Fuel Raw Material). Crude Oil Contaminated Soil (COCS) is the soil waste from the oil drilling industry used as AFR in PT. Holcim Indonesia Tbk. The COCS utilization process is currently less than optimal because it is manually without a weighing system, so the number is difficult to monitor. To facilitate the production process needs to be made belt conveyor (BC) which serves as a means of conveyance and weighing (belt weigher). X12-BC1 is BC which was originally used to transport silica sand, but it is has not been used for a long time. Before re-use X12-BC1 needs to be reconditioned and modified in order to be able to handle COCS considering that the material being transported has different properties, characteristics and quantities required.

X12-BC1 originally transported silica sand as much as 120 T/H while for AFR COCS only require the carrying capacity of 8 T/H so it needs to be modified on the driving system. The location and position also moved from the old area to the limestone yard. Reconditioning includes checks, calculations, redesigns and changes/replacements on conveyor belt components such as belt width, through angle, idler, pulley, slope angle, hopper, drive motor and heavy sensor additions to ensure that the conveyor belt is capable of handling COCS.

Reconditioning on X12-BC1 produces belt conveyor with 1050 mm belt width, 18900 mm length, 1.5 kW adjustable motor power and 5° inclination angle given the new Holcim Asset Code (HAC) number T92-BC2. From the specification can be ascertained that belt conveyor T92-BC2 able to handle COCS so that its consumption process more easily monitored.

Keywords : *Crude Oil Contaminated Soil (COCS), Belt Conveyor, Belt Weigher, Recondition.*

1. PENDAHULUAN

Pada proses pembuatan semen terdapat 4 bahan baku utama yaitu: *Limestone* (Batu Kapur), *Clay* (Tanah Liat), *Silica Sand* (Pasir Silika), dan *Iron Ore* (Pasir Besi). Selain itu terdapat bahan tambah yang disebut *AFR* (*Alternating Fuel Raw Material*). Fungsi *AFR* adalah sebagai substitusi bahan baku utama. Hal ini bertujuan untuk mengurangi jumlah konsumsi bahan baku utama, sekaligus memanfaatkan bahan yang bersifat limbah menjadi bahan baku alternatif untuk pembuatan semen. Salah satu jenis *AFR* yang ikut masuk dalam proses pembuatan semen adalah limbah dari industri pengeboran minyak yaitu *COCS* (*Crude Oil Contaminated Soil*) sebagai substitusi pasir silika dan tanah liat karena banyak mengandung SiO_2 (silikon dioksida). Dalam pencampurannya, *COCS* tidak secara sembarangan harus memperhatikan komposisinya karena berpengaruh terhadap kualitas semen dan keandalan peralatan proses. Oleh sebab itu komposisi *COCS* harus diperhatikan untuk menjaga keberlangsungan proses produksi.

1.1 Latar Belakang Masalah

Pencampuran *COCS* pada proses pembuatan semen komposisinya harus sesuai *raw mix design* yang telah ditetapkan berdasarkan hasil analisis. Sedangkan saat ini pencampuran *COCS* masih dilakukan dengan menggunakan sistem *loader* (manual), otomatis komposisinya tidak bisa dikontrol/dikendalikan dengan akurat sesuai dengan *raw mix design*. Selain itu kondisi senyawa bahan baku utama berubah-ubah, hal itu menyebabkan kesulitan menentukan *raw mix design* dan emisi debu pada *tower EP* (*Electrostatic Precipitator*) tinggi serta keandalan peralatan pemrosesan semen terganggu. Untuk itu diperlukan adanya alat angkut dan penimbang khusus untuk memenuhi target konsumsi *COCS*. Dengan dibuatnya *belt conveyor* ini yang berfungsi sebagai *belt weigher* diharapkan konsumsi *COCS* bisa dimonitor dan konsumsinya bisa disesuaikan untuk memperoleh hasil *raw mix design* sesuai target yang ditentukan.

X12-BC1 awalnya digunakan untuk men-transportasikan pasir silika yang sudah tidak digunakan karena transportasi *wagon* sudah dihentikan. Pasir silika sekarang melalui *X22-BC2*. Sebelum digunakan kembali *X12-BC1* perlu direkondisi dan dimodifikasi supaya mampu untuk menangani *COCS* mengingat material yang ditransportasikan memiliki sifat, karakteristik dan jumlah yang dibutuhkan berbeda. *X12-BC1* awalnya mengangkut pasir silika sebanyak 120 T/H sedangkan untuk *COCS* hanya memerlukan kapasitas angkut 8 T/H sehingga perlu dilakukan modifikasi pada sistem penggerakannya. Letak dan posisi juga dipindah dari area *wagon loading* ke *limestone yard*. Karena hal-hal tersebut, maka diperlukan rekondisi berupa pengecekan, perhitungan, desain ulang dan perubahan/penggantian pada komponen-komponen *belt conveyor* seperti: lebar *belt*, sudut *through*, *idler*, *pulley*, sudut kemiringan, *hopper*, motor penggerak, sensor berat dan komponen lainya untuk memastikan bahwa *belt conveyor* itu mampu untuk menangani *COCS*.

1.2 Tujuan

Makalah ini dilakukan dalam rangka untuk memberikan solusi masalah penanganan *COCS* yang dialami oleh perusahaan, sehingga di dalam penyusunannya memiliki tujuan khusus seperti:

- Memperlancar proses produksi.
- Memaksimalkan konsumsi *AFR* untuk proses pembuatan semen.
- Mengurangi konsumsi bahan baku utama pasir silika dan tanah liat.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dari makalah 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:

2.1 Metode Kepustakaan

Mencari dan mempelajari informasi dari internet, jurnal penelitian, *technical information system* serta buku manual tentang beberapa peralatan yang terkait dengan makalah ini.

2.2 Metode Observasi

Melakukan pengamatan secara langsung terhadap *equipment* yang menjadi obyek makalah. Mempelajari informasi-informasi hasil observasi guna mempermudah dalam penyelesaian masalah.

2.3 Metode Diskusi

Mendiskusikan masalah dengan pembimbing di lapangan, dosen pembimbing dan rekan-rekan mahasiswa. Diskusi juga dilakukan dengan *process engineer*, *mechanical plant designer*, *mechanical area engineer*, dan *mechanical team area rawmill*.

2.4 Metode Evaluasi

Mengevaluasi target konsumsi *COCS* dan kelancaran operasi *T92-BC2*. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis *raw meal* dan pengecekan ke lapangan mengenai kelancaran operasi *T92-BC2*.

2.5 Uraian Sistematis Metode

2.5.1 Mencari dan Mempelajari Informasi dari *Supervisor*

Melakukan diskusi mengenai kondisi dan situasi di lapangan tentang apapun yang berhubungan dengan *belt conveyor X12-BC1*.

2.5.2 Melakukan Pengamatan dan Studi Lapangan

Setelah mendapatkan informasi dari *supervisor*, dilakukan pengamatan langsung ke lapangan untuk melakukan pengamatan konstruksi dari komponen *mechanical belt conveyor*.

2.5.3 Mendiskusikan Masalah dan Melakukan Rekondisi

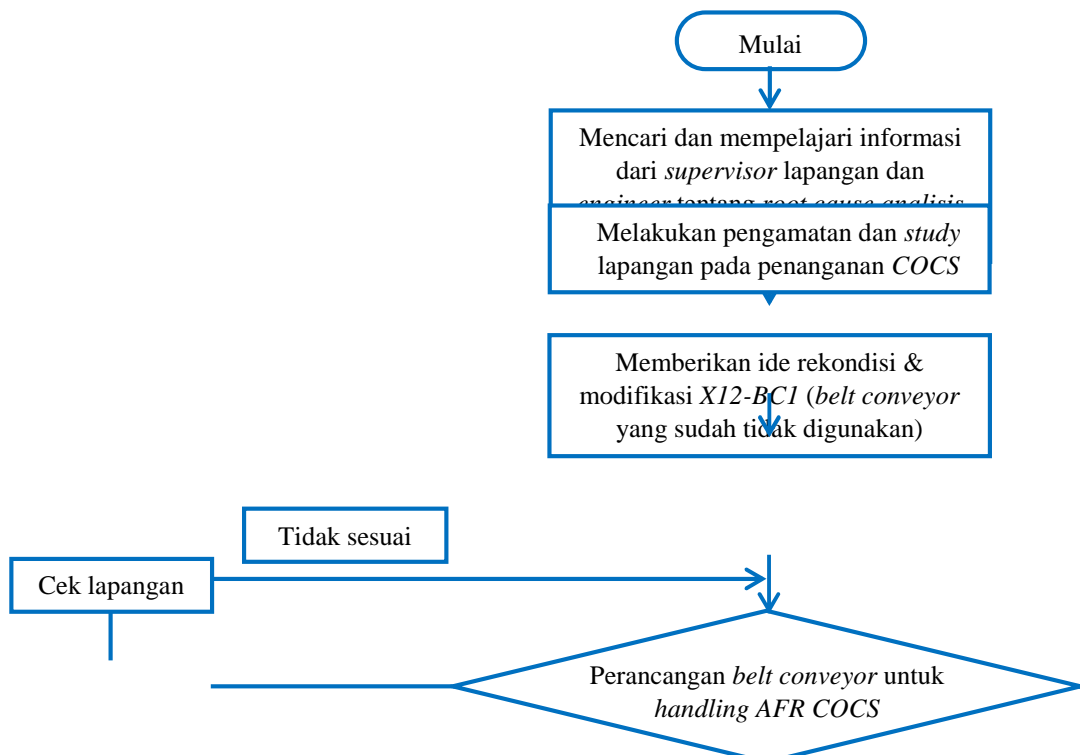
Di saat melakukan rekondisi maupun menulis laporan, disitulah akan ada beberapa hal yang membuat bingung dan membutuhkan diskusi kembali dengan pembimbing lapangan maupun dosen, karena terkadang apa yang diperkirakan benar belum tentu sesuai dengan keinginan *supervisor* ataupun aturan penulisan yang lebih diketahui oleh dosen. Disamping itu juga dilakukan rancangan ulang atau penggambaran dari *X12-BC1* untuk dilakukan rekondisi dan modifikasi menjadi *T92-BC2*. Dilakukan juga kegiatan fabrikasi dan pelaksanaan modifikasi di lapangan bersama *mechanical team* area terkait.

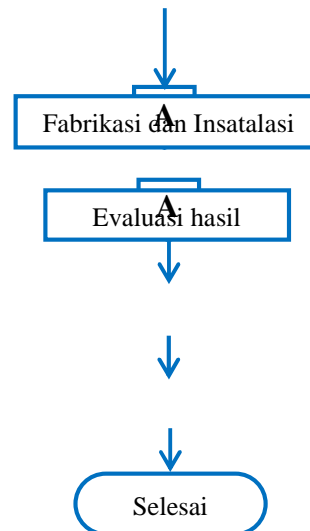
2.5.4 Melakukan Evaluasi

Setelah selesai merekondisi konstruksi dari *belt conveyor*, tugas selanjutnya adalah melakukan evaluasi pada hasil dari rekondisi tersebut apakah sudah sesuai dengan harapan ataupun masih perlu diperbaiki/ditambahkan beberapa untuk menyempurnakan hasil rekondisi. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis kerja *belt conveyor* dan *equipments* yang saling berhubungan. Modifikasi tambahan pada tahap ini adalah menambahkan *motor vibrator* pada *screen hopper*. Modifikasi ini dilakukan untuk mempermudah proses *COCS* masuk ke dalam *hopper*, juga sangat berfungsi untuk memperlancar aliran *COCS* yang dibawa *belt conveyor*.

2.6 Diagram Alir Penelitian

Gambar. 1 Menjelaskan tentang uraian masalah-masalah pokok dalam pembuatan dan teknik penyelesaian masalah yang dilakukan.





Gambar. 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

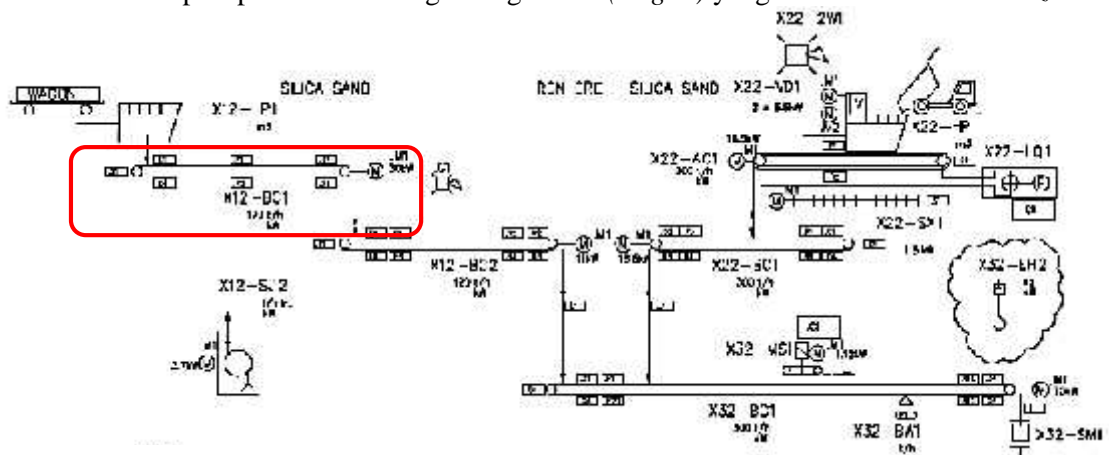
3.1 Mengidentifikasi Proses Konsumsi *AFR COCS*

Target konsumsi *AFR* pada pada proses pembuatan semen adalah 300 T/D, untuk *AFR COCS* adalah 200 T/D (berdasarkan kebutuhan operasi), *belt conveyor* di desain dengan *variabel speed drive (VSD)* yang memiliki kapasitas maksimal 30 T/D. Aktual pada proses produksi menggunakan *COCS* sebanyak $\pm 8-15$ T/H.

3.2 Lokasi dan Spesifikasi *X12-BC1* Sebelum Rekondisi

3.2.1 Lokasi *X12-BC1*

X12-BC1 mentransport pasir silika dari gerbong kereta (*wagon*) yang terletak di area *Palletizer 2*

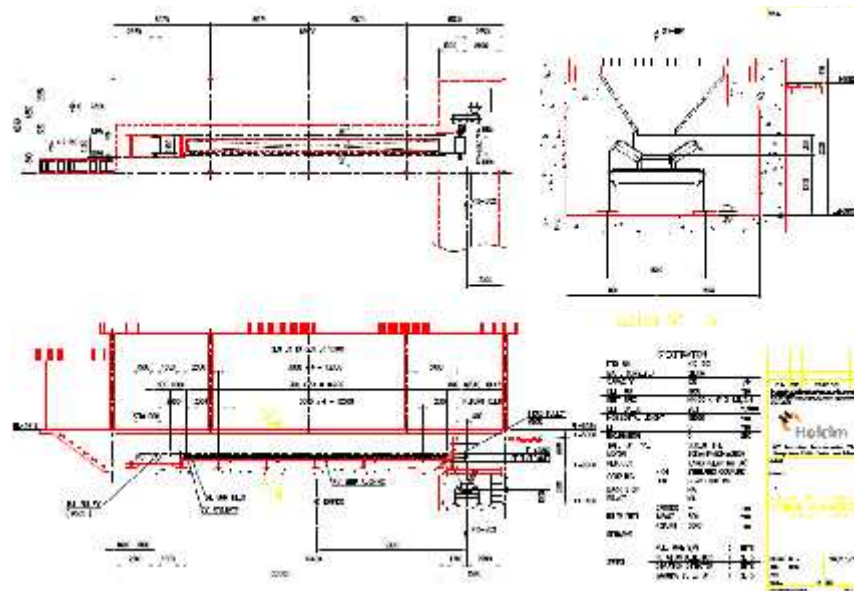


Gambar. 2 Lokasi Awal *X12-BC1*

3.2.2 *Layout X12-BC1*

Sebelum direkondisi *belt conveyor X12-BC1* sudut kemiringanya datar (sudut inklinasi 0°)

Ya



Gambar. 3 Layout X12-BC1

3.2.3 Spesifikasi X12-BC1

Tabel. 1 Menjelaskan tentang spesifikasi orisinal *belt conveyor X12-BC1* saat digunakan untuk mengangkut pasir silika.

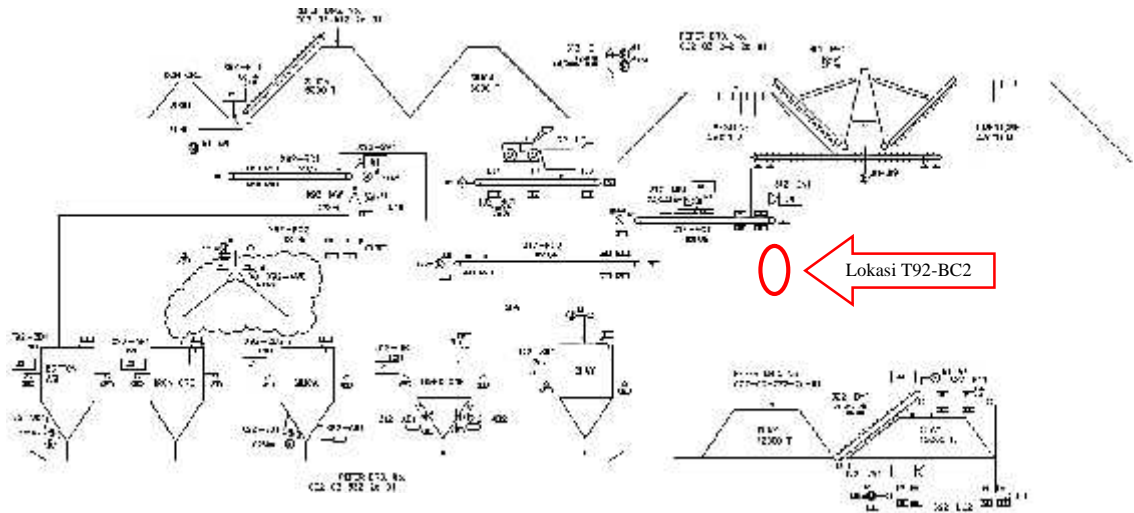
Tabel. 1 Spesifikasi *Belt Conveyor X12-BC1*

SPECIFICATION DATA SHEET		Vendor : Hanjung/HWMC		
Equipment : BELT CONVEYOR		Date : 15 November 1995		
Equip. No(s) : 325.BCE / X12-BC1				
Item	Detail/Description	Unit	Data	Notes
General	Type	-	Through belt type	
	Through angle	°	30	
	Capacity	t/h	120	
	Center distance Hor.	Mm	18900	
	Inclination	°	0	
Material Conveyed	Description	-	Silica sand	
	Moisture content	%	8.5	
	Bulk density	t/m ³	1.4 ~ 1.6	
	Temperature	°C	Ambient	
Belt	Width	mm	1050	
	Type of Carcass	-	Nylon	
	Number of plies	-	100x4P	
	Belt speed	m/min	20.1	
Drive	Shaft horsepower	kW	22.0	
	Motor speed	rpm	1500	
Accessories	Belt cleaner	-	1 head (1 st & 2 nd)	
	Type of take-up	-	Screw take-up	

3.3 Rancang ulang

3.3.1 Menentukan Lokasi

Berdasarkan lokasi penyimpanan *COCS* yang berada di area *limestone yard*, maka *X12-BC1* dipindah di area tersebut dan diberi *HAC* baru *T92-BC2* yang terhubung dengan *312-BC1* yang digunakan untuk mengangkut *limestone*.



Gambar. 4 Lokasi Baru T92-BC2

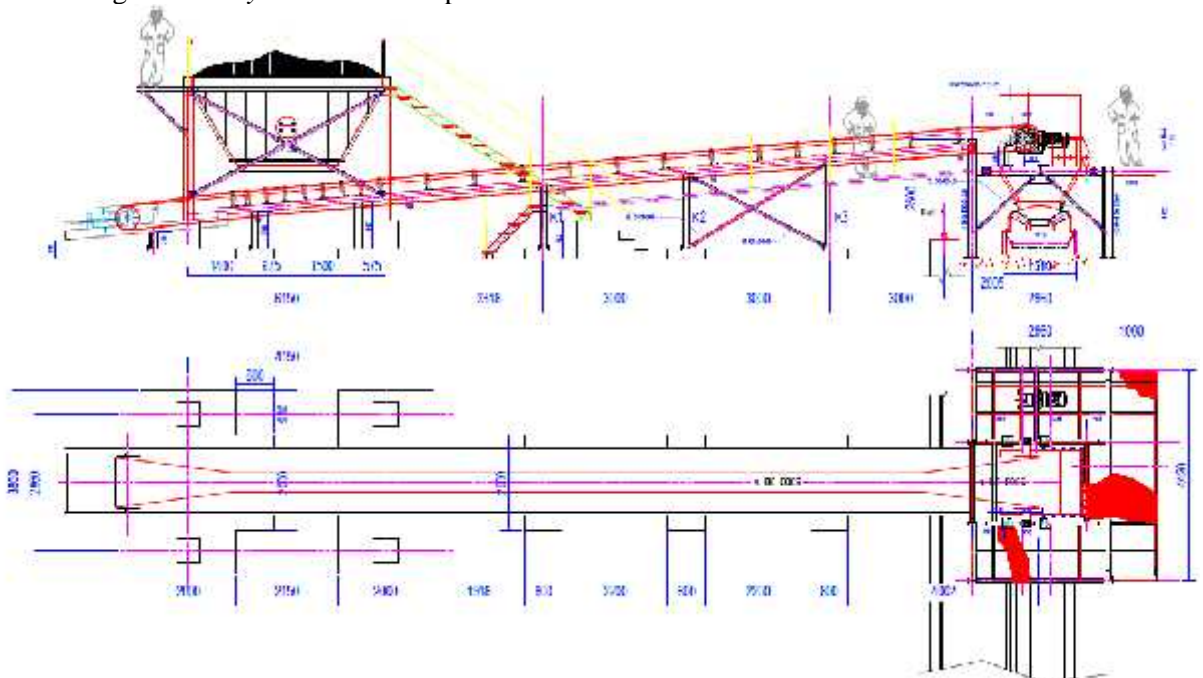
3.3.2 Karakteristik COCS dan Spesifikasi Belt Conveyor

Spesifikasi T92-BC2 yang diharapkan sesuai spesifikasi material yang di angkut adalah:

1. Kapasitas angkut (Q) : 30 T/H (Kebutuhan Operasi)
2. Jarak horisontal () : 18900 mm (Sesuai Orisinal)
3. Lebar belt (B) : 1050 mm (Sesuai Orisinal)
4. Sudut inklinasi () : 5° (Berdasarkan Karakteristik COCS)
5. Tinggi tanjakan (h) : 2500 mm
6. Material angkut : COCS (Memiliki Karakteristik Seperti Clay)
7. (densitas COCS) : $1,58-1,67 = 1,625 \text{ t/m}^3$
8. Trough angle : 30° (Sesuai Orisinal)

3.3.3 Mendesain ulang

Berdasarkan karakteristik COCS dan juga desain awal belt conveyor X12-BC2 maka menghasilkan layout T92-BC2 seperti berikut :



Gambar. 5 Layout T92-BC2

3.4 Analisis Perhitungan

3.4.1 Kecepatan Belt [6]

Menurut Zainuri, ST. perhitungan kapasitas (Q) adalah sebagai berikut:

$$Q = 60 \cdot k \cdot A \cdot v \quad [\text{Persamaan.1}]$$

$$v = \frac{Q}{k \cdot A \cdot 60} = \frac{30}{0,98 \times 0,13 \times 1,625 \times 60} = 2,42 \text{ m/min}$$

Dimana : k = faktor pengurangan inklinasi

A = Total *cross-sectional* area yang terbentuk pada *belt* akibat penopangan *idler* dan *angle of surcharge* (m²)

3.4.2 Berat Material (W_m) dan Belt (W_b) [5]

Sumber: *CEMA Belt Conveyor For Bulk Material*

$$W_m = \frac{1000 \times Q}{60 \times v} = \frac{1000 \times 30}{60 \times 2,42} = 206,6 \text{ kg/m} \quad [\text{Persamaan.2}]$$

$$W_b = (W + 1,2) \times \frac{B}{1000} = (22 + 1,2) \times \frac{1050}{1000} = 24,36 \text{ kg/m} \quad [\text{Persamaan.3}]$$

3.4.3 Pemilihan *Idler* [5]

Sumber: *CEMA Belt Conveyor For Bulk Material*

➤ *Carrying idler* [5]

$$D = 140 \text{ mm} ; S_i = 1000 \text{ mm} (1 \text{ M})$$

$$W_1 = \frac{1000 \times Q}{60 \times v} \times \frac{2}{3} \times S_i = \frac{1000 \times 30}{60 \times 2,42} \times \frac{2}{3} \times 1 = 137,74 \text{ kg}$$

$$W_2 = W_b \times \frac{1}{3} \times S_i = 24,36 \times \frac{1}{3} \times 1 = 8,12 \text{ kg}$$

$$W_3 = 6,1 \times 3 = 18,3 \text{ kg}$$

$$W_c = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{2} = \frac{137,74 + 8,12 + 18,3}{2} = 164,16 \text{ kg} \quad [\text{Persamaan.4}]$$

Pilih *idler* dengan beban dinamis dasar 164,16 kg

➤ *Return idler* [5]

$$D = 140 \text{ mm} ; S_i = 3200 \text{ mm} (3,2 \text{ M})$$

$$W_3 = 14,5 \text{ kg}$$

$$W_r = \frac{(W_b \times S_i) + W_3}{2} = \frac{(24,36 \times 3,2) + 14,5}{2} = 46,23 \text{ kg} \quad [\text{Persamaan.5}]$$

Pilih *idler* dengan beban dinamis dasar 46,23 kg

3.4.4 Perhitungan Tegangan dan Daya *Belt* [5]

Sumber: *CEMA Belt Conveyor For Bulk Material*

Data yang diketahui :

B	= Lebar <i>belt</i>	= 1050 mm = 42 in
W _b	= Berat <i>belt</i>	= 24,36 kg/m = 16,37 lbs/ft
W _m	= Berat material	= 206,61 kg/m = 138,84 lbs/ft
S _i	= Jarak antar <i>idler</i> untuk <i>carrying run</i>	= 1000 mm = 3,28 ft
	= Jarak antar <i>idler</i> untuk <i>return run</i>	= 3200 mm = 10,5 ft
L	= Panjang <i>conveyor</i>	= 18900 mm = 62 ft
H	= Ketinggian vertikal	= 2500 mm = 8,21 ft
	= Sudut kemiringan	= 5°
V	= Kecepatan <i>conveyor</i>	= 2,42 m/min = 7,94 fpm
Q	= Kapasitas <i>conveyor</i>	= 30 T/H
	= <i>Wrap drive pulley</i>	= 179°
C _w	= Faktor <i>wrap</i> untuk <i>lagged pulley</i>	= 0,8

➤ Faktor K_t (faktor koreksi temperatur lingkungan) [5]

$$T = 23^\circ\text{C} - 37^\circ\text{C} = 44,78^\circ\text{F} - 52,56^\circ\text{F}$$

$$K_t = 1$$

➤ **Faktor K_x (faktor gesekan idler) [5]**

Diameter *roller* = 140 mm = 5,5 inch

$$A_i = \frac{1,8+2,3}{2} A_1 = 2,05 \quad \text{[Persamaan.6]}$$

$$K_x = 0,00068 \times (16,37 + 138,84) + \frac{2,05}{3,28}$$

$$= 0,73 \text{ lbs/ft}$$

➤ **Faktor K_y (faktor perhitungan gaya belt dan beban flexure pada idler) [5]**

Untuk $L = 62 \text{ ft}$

$$W = W_b + W_m = 16,37 + 138,84 = 155,21 \text{ lbs/ft} \quad \text{[Persamaan.7]}$$

155,21 ft $W_b + W_m$ terletak antara 150 dan 200 lbs/ft

$$\text{Dengan interpolasi} = \frac{158,32 - 150}{200 - 150} = \frac{K_y - 0,033}{0,035 - 0,033} \quad K_y = 0,0363$$

➤ **Tegangan efektif (T_e) [4]**

$$T_e = T_x + T_{yc} + T_{yr} + T_{ym} + T_m + T_p + T_{ac} \quad \text{[lbs]} \quad \text{[Persamaan.8]}$$

Tahanan akibat gesekan pada *idler* (T_x) [lbs]

$$T_x = L \times K_x \times K_t$$

$$T_x = 62 \times 0,73 \times 1$$

$$T_x = 45,26 \text{ lbs}$$

Tahanan *belt flexure* pada *carrying idler* (T_{yc}) [lbs]

$$T_{yc} = L \times K_y \times W_b \times K_t$$

$$T_{yc} = 62 \times 0,0363 \times 16,37 \times 1$$

$$T_{yc} = 36,84 \text{ lbs}$$

Tahanan *belt flexure* pada *return idler* (T_{yr}) [lbs]

$$T_{yr} = L \times 0,015 \times W_b \times K_t$$

$$T_{yr} = 62 \times 0,015 \times 16,37 \times 1$$

$$T_{yr} = 15,22 \text{ lbs}$$

Tahanan material *flexure* (T_{ym}) [lbs]

$$T_{ym} = L \times K_y \times W_m$$

$$T_{ym} = 62 \times 0,0363 \times 138,84$$

$$T_{ym} = 312,47 \text{ lbs}$$

Tahanan material *lift* (+) atau *lower* (-) (T_m) [lbs]

$$T_m = \pm H \times W_m$$

$$T_m = \pm 8,2 \times 138,84$$

$$T_m = \pm 1139,88 \text{ lbs}$$

Tahanan *Pulley* (T_p) [lbs]

$$T_p = (200 + 150) \times$$

$$T_p = (200 + 150) \times 0,8$$

$$T_p = 280 \text{ lbs}$$

Tahanan dari aksesoris (T_{ac}) [lbs]

$$T_{ac} = T_{sb} + T_{pc}$$

Tahanan *plows* (T_{bc}) [lbs]

$$T_{bc} = 5 \times B$$

$$T_{bc} = 5 \times 42 = 210 \text{ lbs}$$

Tahanan gesekan pada *skirtboard* (T_{sb}) [lbs]

$$T_{sb} = (2 \times C_s \times L_b \times h_s^2) + (6 \times L_b)$$

$$T_{sb} = (2 \times 0.0924 \times 7,87 \times 4,2^2) + (6 \times 42)$$

$$T_{sb} = 25,66 + 252 = 277,66$$

Dimana : C_s = faktor dari material angkut

L_b = Panjang *skirtboard* (ft)

H_s = Kedalaman material mengenai *skirtboard* = 0.1 x lebar *belt* (in)

Tahanan dari peralatan *belt-cleaning/scrapper* (T_{pc}) [lbs]

$$T_{bc} = n \times 3 \times B$$

$$T_{bc} = 2 \times 3 \times 42 = 252 \text{ lbs}$$

$$T_{ac} = 210 + 277,66 + 252 = 739,66 \text{ lbs}$$

Maka, $T_e = T_x + T_{yc} + T_{yr} + T_{ym} + T_m + T_p + T_{ac}$

$$T_e = 45,26 + 36,84 + 15,22 + 312,47 + 1139,88 + 280 + 739,66 \text{ [lbs]}$$

$$T_e = 2569,33 \text{ lbs}$$

3.4.5 Perhitungan daya motor [5]

Daya yang dibutuhkan *belt conveyor* yang memiliki tahanan akumulasi (T_e) pada *drive pulley* adalah:

$$P = \frac{T_e \times v}{33000} \text{ (hp)} = \frac{2569,33 \times 7,94}{33000} \text{ (hp)} \quad \text{[Persamaan.9]}$$

$$P = 0,62 \text{ hp}$$

$P = 0,46 \text{ kW}$ menggunakan motor 1,5 kW (yang sudah ada).

Berdasarkan hasil dari analisis perhitungan dapat disimpulkan bahwa *belt conveyor X12-BC1* bisa digunakan untuk menangani *COCS* sesuai dengan target konsumsi yang diharapkan dengan *HAC T92-BC2*. Untuk motor penggerak diganti dari 22 kW menjadi 1,5 kW bekas *Weigh Feeder* pasir besi karena motor sebelumnya terlalu besar.

3.4.6 Spesifikasi *T92-BC2* Setelah Rekondisi

Tabel. 2 menunjukkan perbandingan spesifikasi *belt conveyor* sebelum (*X12-BC1*) dan sesudah (*T92-BC2*) dilakukan rekondisi.

Tabel. 2 Spesifikasi Sebelum dan Sesudah Rekondisi

Item	Detail/Description	Unit	Sebelum (<i>X12-BC1</i>)	Sesudah (<i>T92-BC2</i>)
<i>General</i>	Type	-	Through belt type	Through belt type
	Through angle	°	30	30
	Capacity	t/h	120	8
	Center distance	Mm	18900	18900
	Inclination	°	0	5
<i>Material Conveyed</i>	Description	-	Silica sand	COCS
	Moisture content	%	8.5	8.3
	Bulk density	t/m ³	1.4 ~ 1.6	1.58 ~ 1.67
	Temperature	°C	Ambient	Ambient
	<i>Belt</i>	Width	mm	1050
Type of Carcass		-	Nylon	Nylon
Number of plies		-	100x4P	100x4P
Belt speed		m/min	20.1	2.42
<i>Drive</i>		Shaft horsepower	kW	22.0
	Motor speed	rpm	1500	1500
	<i>Accessories</i>	Belt cleaner	-	1 head (1 st &2 nd)

	Type of take-up	-	Screw take-up	Screw take-up
--	-----------------	---	---------------	---------------

3.5 Menentukan *Budget* Rekondisi *X12-BC1* menjadi *T92-BC2*

Biaya yang dialokasikan untuk rekondisi ini adalah *budget* yang perusahaan alokasikan untuk membiayai makalah ini. Dalam hal ini *budget* yang dialokasikan digunakan untuk membiayai pekerjaan teknikal atau fabrikasi, instalasi, dan penulisan makalah ini. Secara garis besar *budget* dalam modifikasi ini digunakan untuk membiayai pekerjaan fabrikasi dan instalasi, adapun rinciannya digunakan untuk pembelian material, penyewaan *tools*, penyewaan *scaffolding*, pembiayaan jasa kontraktor, dan pembiayaan untuk membeli sumber energi (listrik dan panas). Dan secara lengkap untuk jumlah biaya yang harus dialokasikan sebesar Rp344.563.416,00.

3.6 Pengamatan Peningkatan Konsumsi *COCS*

Pasca didedikasikan *belt conveyor* yang berfungsi sebagai *belt weigher* untuk menangani *AFR COCS*, proses konsumsi *COCS* menjadi mudah dimonitor dan dapat dimaksimalkan sehingga target yang ditentukan tercapai. Selain itu proses produksi juga lebih lancar karena penyimpangan pada hasil *raw meal* berkurang sejak didedikasikan alat angkut tersendiri untuk menangani *AFR COCS*. Hal ini dapat diketahui dari hasil analisis laboratorium yang dilakukan oleh *Technical Department*.

3.7 Manfaat Mengonsumsi *COCS*

Selain sebagai substitusi bahan baku utama sehingga mengurangi jumlah konsumsi pasir silika dan tanah liat, *COCS* juga menambah pemasukan untuk perusahaan karena 1 ton *COCS* dihargai senilai Rp0,7 juta. Dalam satu hari perusahaan mengonsumsi *COCS* sebanyak 200 Ton. Jadi *budget* untuk rekondisi kembali dalam waktu 3 hari.

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang didapat setelah dilakukan rekondisi pada *belt conveyor X12-BC1* adalah:

- X12-BC1* bisa direkondisi menjadi *T92-BC2* untuk *handling COCS* dengan menggunakan komponen-komponen yang ada dengan memodifikasi pada beberapa bagian dan mengganti motor penggerak karena yang sebelumnya terlalu besar. Kemudian ditambah *load cell* sebagai sensor berat untuk menimbang *COCS*.
- Proses konsumsi *COCS* menjadi lebih mudah dimonitor sehingga proses produksi semen menjadi lebih lancar.
- Spesifikasi *T92-BC2* yang diharapkan tercapai sehingga target konsumsi *AFR COCS* terpenuhi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai Diploma III Program Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta-PT. Holcim Indonesia Tbk). Penyusun menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sejak masa perkuliahan sampai dengan penyusunan laporan TA, sangatlah sulit untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

- Seto Tjahyono, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing, yang sudah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan TA.
- Dr. Belyamin, M.Sc, Eng., B.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, PNJ, Priyanto, S.T, selaku Manager Program EVE PT Holcim Indonesia Tbk dan EVE Team Cilacap yang telah memfasilitasi dari awal perkuliahan hingga penyusunan laporan TA.
- Slamet Sugiarto, Abdurrahman Prabowo, Bambang Kurnianto, Suparno, Darsono, Taufik Priyanto, Djatmiko, dan Mechanical Team Area Raw Mill atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan selama berada di departemen *Maintenance Sector Mechanical*.
- Sahabat EVE 10 dan karyawan PT Holcim Indonesia Tbk Pabrik Cilacap.
- Orang tua dan adik saya atas perhatian dan semangat yang tak ada hentinya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Production, Manufacturing Workforce Training, Belt Conveyor, Cilacap, 2016.
- [2] Holcim Indonesia Laboratory, Prospecting Analysis Report COCS, Cilacap, 2016.
- [3] Maintenance, HGRS Master, Belt Conveyor, Cilacap, 2003.
- [4] J. Dwi, “Perancangan Sistem Konveyor Kapasitas 1500 TPH dan analisa kekuatan Pin Pada Rantai Reclaim Feeder”, Jakarta, 2008.
- [5] Conveyor Equipment Manufacturers Association, “*Belt Conveyors for Bulk Material*”, Florida, 2002.
- [6] Zainuri, ST. Muhib, Mesin Pemindah Bahan (*Material Handling Equipment*), Penerbit Andi, 2006.
- [7] http://industri semen-proses pembuatan semen.blogspot.co.id/2015_04_01_archive.html, Pengelolaan Industri Semen Dan Proses Pembuatan Semen
[29/11/16 12:37]

ANALISA UMUR PAKAI (*LIFETIME*) BALL BEARING TIPE UCF 4 BOLT FLANGE UNIT PADA MESIN SPIN COATING ABRASIVE CLUTCH TEST DI PT XY

Syaiful Azis¹ ; M. Zakinura²
Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,
syaifulazis96@gmail.com

Abstrak

Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine merupakan mesin untuk pengujian abrasivitas klutsh pada komponen kampas kopling (*clutch*) kendaraan roda empat PT.XY. Salah satu komponen yang berperan penting pada *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* adalah bearing jenis Ball Bearing tipe UCF 4 Bolt Flange Unit. Permasalahan pada bearing dapat mengganggu kinerja dan hasil pengujian abrasivitas klutsh yang dilakukan pada mesin tersebut.

Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine berperan cukup penting dalam proses pengujian Clutch untuk kendaraan roda empat, tetapi situasi di lapangan sendiri belum adanya suatu sistem perawatan terutama pada bagian bearing yang merupakan bagian mekanik vital dari *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine*. Bagian Mekanik dari *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* menggunakan sistem Putaran dengan bantuan V-belt yang terhubung dengan motor. Permasalahan pada bagian Bearing dapat menyebabkan berkurangnya performa *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* dalam pengujian Abrasivitas Clutsh sehingga mempengaruhi nilai kepresisian dari hasil pengujian, maka dari itu diperlukannya suatu analisa untuk menghitung umur pakai (*lifetime*) dari Bearing untuk melakukan pencegahan kegagalan hasil pengujian. Penelitian dilakukan dengan cara melakukan observasi di lapangan, wawancara langsung dengan teknisi dan operator, study literatur hingga analisa data yang ada di lapangan.

Kata Kunci: Umur Pakai (*Lifetime*) Bearing, Ball Bearing tipe UCF 4 Bolt Flange Unit , *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine*.

Abstract

Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine is a machine for testing abrasive clutch on clutch components of PT.XY four-wheeled clutch. One component that plays an important role in the *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* is a type bearing Ball Bearing type UCF 4 Bolt Flange Unit. Problems with the bearings may interfere with the performance and results of abrasive clutch testing performed on the machine.

Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine plays an important role in the Clutch testing process for four-wheeled vehicles, but the situation in the field itself is not yet a system of care, especially in bearing parts which are the mechanical part of the *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine*. Mechanical Parts of *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* using a system of rotation with the help of V-belt connected to the motor. Bearing problems can cause the performance of *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* in Abrasive Clutch testing to affect the precision value of the test result, therefore an analysis is needed to calculate the lifetime of Bearing to prevent failure of test result. The research was conducted by observation in the field, direct interview with technician and operator, study literature until data analysis exist in the field.

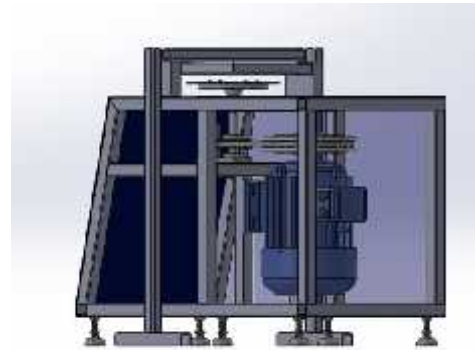
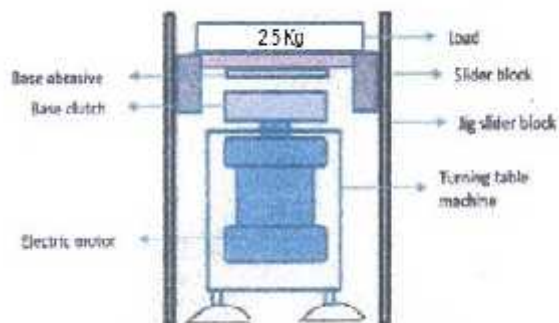
Keywords: Bearing Age (*Lifetime*) Bearing, Ball Bearing type UCF 4 Bolt Flange Unit, *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine*.

1. Pendahuluan

Spin Coating Abrasive Clutch Test merupakan suatu alat untuk pengujian kampas kopling (Disc Clutch) yang bertujuan untuk mengukur keausan kampas kopling kendaraan roda empat. Cara pengukurannya adalah dengan cara mengukur ketebalan permukaan Clutch setelah diuji pada mesin Spin Coating Abrasive Clutch Test. Mesin ini menggunakan metode gesekan antara clutch dengan amplas.

Untuk dapat mencapai target pengujian dan kualitas hasil pengujian yang baik, sebuah mesin semestinya mampu mempertahankan keandalannya dalam beroperasi dan mempertahankan kemampuannya dalam menghasilkan tingkat pengujian yang presisi yang sesuai dengan nilai standar perusahaan. Keandalan dan kemampuan operasi tersebut perlu didukung oleh kinerja semua unit mekanisme utama. Belum adanya suatu sistem perawatan terutama pada bagian bearing yang merupakan salah satu komponen penting dari Mesin Spin Coating Abrasive Clutch Test dapat menyebabkan kegagalan prematur pada bearing dan juga dapat mempengaruhi hasil pengujian yang dilakukan pada mesin tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan umur masa pakai (*lifetime*) optimal bearing secara teori, berdasarkan perhitungan umur masa pakai (*lifetime*) bearing sehingga dapat diketahui schedule preventive maintenance penggantian bearing pada mesin Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine.



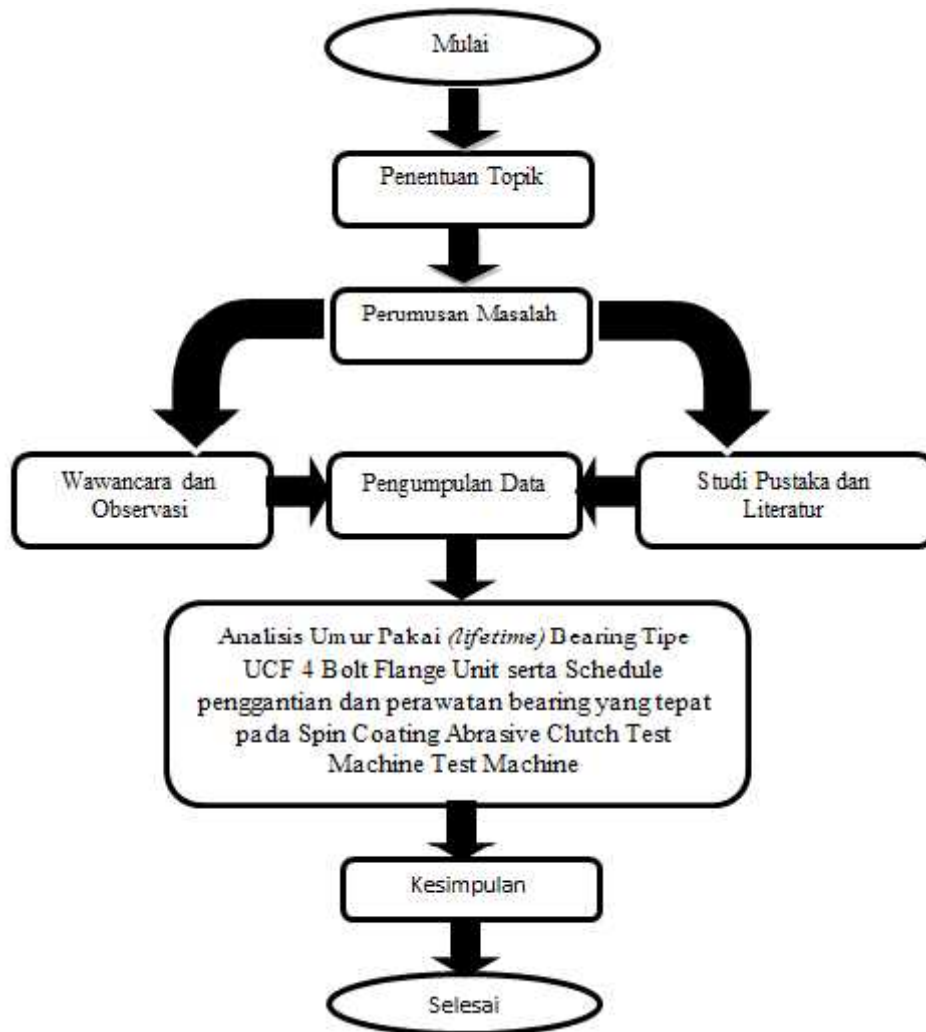
Gambar 1.1 Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine

Sumber : Drawing *Spin Drawing Coating Abrasive Clutch Test Machine*

2. Metode Penelitian

A. Flow Chart Metode Penelitian

Berikut ini merupakan alur penelitian yang dilakukan :



Gambar 2.1 Diagram Metodologi Penelitian

B. Metode Pengumpulan Data

1. Penentuan Topik

Penentuan topik dilakukan dengan observasi dan wawancara langsung oleh teknisi dan operator di PT XY, serta melakukan pengamatan langsung terhadap proses pengujian.

2. Perumusan Masalah

Dari hasil pengamatan langsung dan wawancara dalam proses penentuan topik didapatkan gambaran mengenai permasalahan yang ada pada *Spin Coating Abrasive Clutch*. Masalah yang saya dapat telah saya rumuskan adalah sebagai berikut :

 1. Bagaimana cara memprediksi *Umur pakai (Lifetime) Ball Bearing* tipe *UCF 4 Bolt Flange Unit* pada *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* ?
 2. Bagaimana cara menyusun *schedule* penggantian dan perawatan *bearing* yang tepat pada *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* ?
3. Wawancara dan Observasi

Melakukan Tanya jawab dengan teknisi dan Operator di PT XY mengenai *Umur Pakai (Lifetime) Ball Bearing* tipe *UCF 4 Bolt Flange Unit* serta *schedule* penggantian *bearing* yang tepat pada *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* yang belum tersedia selama ini. Sehingga saya dapat membuat *schedule* 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, katalog komponen, 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 Analisa *Umur Pakai (Lifetime) Ball Bearing* tipe *UCF 4 Bolt Flange Unit* dan pembuatan *schedule* penggantian dan perawatan *Bearing* pada *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine*.
6. Analisa

Menentukan proses Analisa *Umur Pakai (Lifetime) Ball Bearing* tipe *UCF 4 Bolt Flange Unit* dan pembuatan *schedule* penggantian dan perawatan *Bearing* pada *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine*.
7. Analisa *Umur Pakai (Lifetime) Ball Bearing* tipe *UCF 4 Bolt Flange Unit* dan pembuatan *schedule* penggantian dan perawatan *Bearing* pada *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine*

Pembuatan jadwal perawatan *Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine* dengan melihat studi lapangan dan studi pustaka sebagai referensinya.
8. Kesimpulan

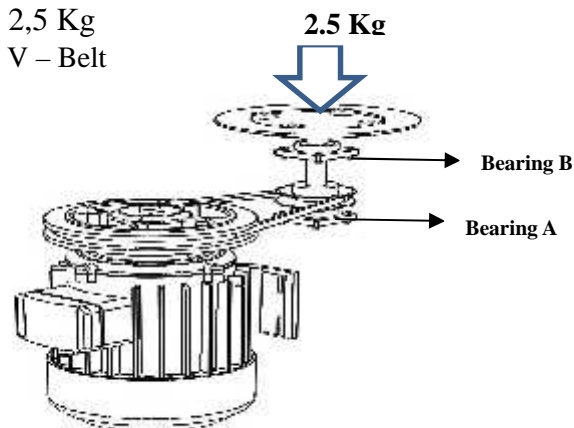
Setelah menemukan penyebab utama kerusakan dan jadwal perawatan selesai dibuat kemudian yang dilakukan adalah menafsirkan kesimpulan yang didasarkan pada tujuan dan permasalahan. Penafsiran kesimpulan ini menunjukkan jawaban atas tujuan yang telah dikemukakan dalam topik permasalahan yang diangkat pada penelitian serta memberikan saran yang dapat mencegah masalah tersebut terulang lagi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tipe Bearing

Tipe bearing yang digunakan pada Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine adalah Ball Bearing tipe UCF 4 Bolt Flange Unit. Dalam objek Analisa Umur Pakai (Lifetime) Ball Bearing tipe UCF 4 Bolt Flange Unit dan pembuatan schedule penggantian dan perawatan Bearing. Adapun data teknis dari part – part mesin tersebut adalah sebagai berikut :

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| a. Jenis Bearing | : UCF 4 Bolt Flange Unit |
| b. Jenis Motor | : Induksi Motor (3 Phase) |
| c. Load | : 2,5 Kg |
| d. Type penggerak | : V – Belt |



Gambar 3.1 Konstruksi Mekanik

Sumber : Drawing Spin Drawing Coating Abrasive Clutch Test Machine

3.2 Perhitungan Beban Aksial (F_a)

Beban tekan aksial konstan F_a berdasarkan konstruksi di tetapkan sebagai berikut:

$$F_a = \text{Beban Base Clutch} + \text{Beban } \frac{1}{2} \text{ Bola} + \text{Load}$$

1. Menentukan Massa Base Clutch (Material ST37-3V) :

$$\text{Diketahui : } \rho = 8000 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 150 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

Tentukan Volume tabung tersebut :

$$\begin{aligned} \text{Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \cdot D^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \cdot 150^2 \cdot 10 \end{aligned}$$

$$= 1.76714 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3\text{]}$$

Lalu tentukan Massa Base Clutch dengan dasar Rumus $m = \rho \cdot v$

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot v \\ &= 8000 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.76714 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \\ &= 1.41371 \text{ [Kg]} \\ m &= 13.8684 \text{ [N]} \end{aligned}$$

2. Menentukan Massa ½ Bola (Material ST37-3V) :

Diketahui : D = 40 mm

Tentukan Volume ½ Bola tersebut :

$$\begin{aligned} \text{Volume } \frac{1}{2} \text{ Bola} &= \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \frac{1}{2} \text{ Bola} \\ &= \frac{4}{3} \cdot 20^3 \cdot \frac{1}{2} \text{ Bola} \\ &= 1.67755 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Lalu tentukan Massa ½ Bola dengan dasar Rumus $m = \rho \cdot v$

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot v \\ &= 8000 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.67755 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \\ &= 0.13404 \text{ [Kg]} \\ m &= 1.3149 \text{ [N]} \end{aligned}$$

3. Massa Load 2.5 Kg = 24.525 [N]

4. Menentukan Beban tekan aksial konstan F_A dengan Rumus :

$$\begin{aligned} F_a &= \text{Beban Base Clutch} + \text{Beban } \frac{1}{2} \text{ Bola} + \text{Load} \\ &= 13.8684 \text{ [N]} + 1.3149 \text{ [N]} + 24.525 \text{ [N]} \\ &= 27.22174 \text{ [N]} \end{aligned}$$

A. Perhitungan Beban Radial (F_r)

Beban yang dihitung untuk bearing sama dengan tensile beban sabuk. Namun, beban ini harus dikalikan dengan faktor beban (f_w), yang menyebabkan getaran dan dampak mesin dan faktor sabuk (f_b), yang mana akan untuk getaran dan dampak yang ditimbulkan sabuk. Saat menghitung beban untuk drive berantai, gunakan yang sama Faktor (f_b) seperti yang digunakan untuk belt drive. Beban tekan Radial F_r berdasarkan konstruksi di tetapkan dengan Rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_r &= \frac{2M}{D_p} \cdot f_w \cdot f_b \\ &= \frac{1.91 \times 10^6 \text{ W}}{D_p \times n} \cdot f_w \cdot f_b \dots \dots \dots \text{(Lihat} \end{aligned}$$

Tabel Belt Factor f_b)

Dimana,

F_r = Beban benar-benar diaplikasikan pada poros katrol atau

Poros sproket, N

M = Torsi diaplikasikan pada pulley atau sprocket, $\text{mN} \cdot \text{m}$

W = Transmitted power, kW

D_p = Lingkaran lingkaran dia. Dari katrol atau sproket, mm

N = Kecepatan berputar, min^{-1}

f_w = Faktor beban (lihat Tabel 5.1)

f_b = Faktor Belt (lihat Tabel 5.2)

Tabel 3.1 Belt factor (f_b)

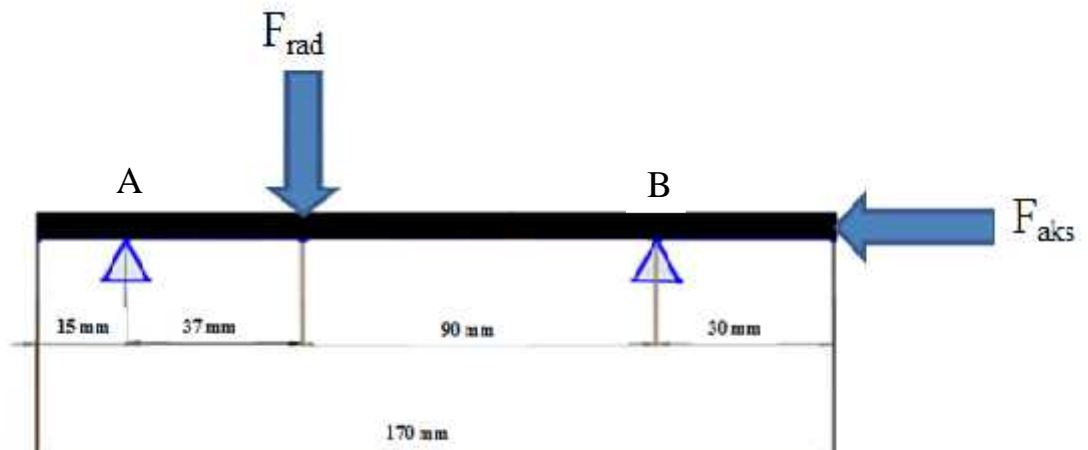
Sumber : FYH Mounting Bearing Units Catalog

Belt Type	f_b
Toothed Belt	1.3 – 2
V Belt	2 – 2.5
Flat Belt (With Tension Pulley)	2.5 – 3
Flat Belt	4 – 5
Chain	1.2 – 1.5

Tabel 3.2 Load factor (f_w)

Sumber : FYH Mounting Bearing Units Catalog

Operating Condition	Application	f_w
Virtually no Vibration or Impact	Electric Machine and Instruments	1 – 1.2
Ordinary Operation (Light impact)	Agricultural Machine and Blower	1.2 – 2
Great Vibration and Impact	Construction Machine and Grinders	2 - 3



1. Menentukan Beban Radial (F_r) :

Diketa **Gambar 3.2 Free Body Diagram Konstruksi**

$$N = 400 \text{ rpm}$$

$$D_p = 80$$

$$f_w = 3$$

$$f_b = 2.5$$

$$F_r = \frac{1.91 \times 10^6 W}{D_p \times \pi} \cdot f_w \cdot f_b$$

$$= \frac{1.91 \cdot 10^6 \cdot 0.37}{80 \cdot 400} \cdot 3 \cdot 2.5$$

$$= 165.6328125 \text{ [N]}$$

2. Menentukan Momen Pada Bearing B

$$\Sigma MA = 0$$

$$F_r \cdot 37 = B_y \cdot 90$$

$$165.6328125 \cdot 37 = B_y \cdot 90$$

$$6128.414063 = B_y \cdot 90$$

$$B_y = \frac{6128.414063}{90}$$

$$B_y = 68.093 \text{ [N]}$$

3. Menentukan Gaya pada Bearing A

$$\Sigma F_y = 0$$

$$A_y + B_y - F_r = 0$$

$$A_y = F_r - B_y$$

$$A_y = 165.6328125 - 68.093$$

$$A_y = 97.539 \text{ [N]}$$

B. Menentukan Nilai Radial factor (X) dan Load Factor (Y)

Tabel 3.2 Radial factor (X) dan Load Factor (Y)
Sumber : FYH Mounting Bearing Units Catalog

$\frac{f_0 F_a}{C_{or}}$	e	$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$	
		X	Y	X	Y
0.712	0.19	1	0	0.56	2.30
0.345	0.22				1.99
0.689	0.26				1.71
1.03	0.28				1.55
1.38	0.30				1.45
2.07	0.34				1.31
3.45	0.38				1.15
5.17	0.42				1.04
6.89	0.44				1.00

Keterangan,

1. C_{or} (tingkat beban radial statis dasar) dan f_0 (Faktor) ditunjukkan dalam tabel dimensi.
2. Jika $f_0 F_a / C_{or}$ tidak sesuai dengan tabel di atas, ditemukan dengan interpolasi.

4. Pada Gaya Radial Load Factor B :

$$\frac{F_a}{F_{rb}} = \frac{27.2214}{68.093} = 0.399 \text{ [N]}$$

5. Pada Gaya Axial Load Factor B :

$$\frac{f_0 F_a}{C_{or}} = \frac{13.2 \cdot 27.2214}{6650} = 0.0540 \text{ [N]}$$

Nilai Radial Load Faktor B > e , Maka Nilai X = 0.56 dan Y = 2.30

6. Pada Gaya Radial Load Factor A :

$$\frac{F_a}{F_{ra}} = \frac{27.2214}{97.539} = 0.279 \text{ [N]}$$

7. Pada Gaya Axial Load Factor A :

$$\frac{f_o F_a}{G_{or}} = \frac{13.2 \cdot 27.2214}{6650} = 0.0540 \text{ [N]}$$

Nilai Radial Load Faktor A > e, Maka Nilai X = 0.56 dan Y = 2.30

C. Menentukan Nilai Dynamic Equivalent Radial Load

Dalam banyak kasus bantalan terkena kombinasi Beban vektor komponen beban radial dan aksial. Mungkin Juga bisa digunakan di bawah kondisi yang lebih parah seperti getaran dan beban kejut. Dynamic Equivalent Radial Load ditentukan dengan rumus berikut.

$$P_r = X F_r + Y F_a$$

Dimana,

P_r = Dynamic equivalent radial load, N

F_r = Radial load, N

F_a = Axial load, N

X = Radial load factor (see Table 5.4)

Y = Axial load factor (see Table 5.4)

K_s = faktor kerja

= 1,0 untuk beban stady dan seragam.

= 1,5 untuk beban kejut ringan.

= 2,0 untuk beban kejut moderat.

= 2,5 untuk beban kejut berat.

8. Nilai Dynamic Equivalent Radial Load pada bearing B

$$\begin{aligned} P_{rb} &= X F_{rb} + Y F_a \cdot K_s \\ &= (0.56 \cdot 68.093) + (2.30 \cdot 27.22174) \cdot 1.5 \\ &= 151.113123 \text{ [N]} \end{aligned}$$

9. Nilai Dynamic Equivalent Radial Load pada bearing A

$$\begin{aligned} P_{ra} &= X F_{ra} + Y F_a \cdot K_s \\ &= (0.56 \cdot 97.539) + (2.30 \cdot 27.22174) \cdot 1.5 \\ &= 175.847763 \text{ [N]} \end{aligned}$$

D. Menentukan Umur pakai (Lifetime) Bearing**10. Pada Bearing B**

$$\begin{aligned}
 L_{10(h)} &= \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_r}{P_{rb}} \right)^3 \\
 &= \frac{10^6}{60 \cdot 4000} \cdot \left(\frac{12800}{151.113123} \right)^3 \\
 &= 2532275.942 \text{ (hours)}
 \end{aligned}$$

11. Pada Bearing A

$$\begin{aligned}
 L_{10(h)} &= \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_r}{P_{ra}} \right)^3 \\
 &= \frac{10^6}{60 \cdot 4000} \cdot \left(\frac{12800}{175.847763} \right)^3 \\
 &= 1606971.311 \text{ (hours)}
 \end{aligned}$$

3.3 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance adalah pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara pemeliharaan yang direncanakan untuk pencegahan. Ruang lingkup pekerjaan preventif termasuk inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakanb(Asyari (2007). Dibawah ini merupakan beberapa tindakan *preventive maintenance* yang dilakukan pada Spin Coating Abrasive Clutch Test Machine di bagian Bearing :

1. Jadwal Penggantian Bearing Berdasarkan Teori :

Tabel 3.3 Jadwal Penggantian Bearing Berdasarkan Teori

Komponen Mesin Spin Coating Abrasive Clutch Test	Periode
) Bearing Tipe UCF 4 Bolt Flange Unit (Bearing A)) 1606971.311 (hours)
) Bearing Tipe UCF 4 Bolt Flange Unit (Bearing B)) 2532275.942 (hours)

2. Preventive Maintenance Bearing Tipe UCF 4 Bolt Flange Unit :

Tabel 3.3 Preventive Maintenance Bearing Tipe UCF 4 Bolt Flange Unit

Periode	Preventive Maintenance Test
Harian	<ul style="list-style-type: none">) Jaga kebersihan mesin) Bersihkan kotoran yang menempel pada poros
Bulanan	<ul style="list-style-type: none">) Tambah Pelumas di Bearing Housing) Cek pelumasan pada bearing seal) Cek kelurusan shaft) Cek Putaran Motor

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Umur pakai (Lifetime) Bearing A hasilnya adalah 1606971.311 (hours) dan Umur pakai (Lifetime) Bearing B hasilnya adalah 2532275.942 (hours).
2. Jadwal pemeliharaan Bearing Tipe UCF 4 Bolt Flange Unit dibuat dengan cara membaca Catalog Bearing, technical information, referensi buku, dan diskusi dengan teknisi pemeliharaan dari PT XY untuk menentukan kegiatan pemeliharaan yang akan dilakukan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sularso, Kiyokatsu Suga, "Dasar-Dasar Perencanaan dan Pemilihan Mesin", Jakarta: CV. Rajawali, 2013.
- [2] FYH Mounting Bearing Units Catalog
- [3] Bearing Installation and maintenance Guide handbook FYH
- [4] Khurmi, R. S, and J. K. Gupta, A Text Book of Machine Design, Eurasia Publishing House, Ram Nagar, New Delhi, 2005
- [5] Schaeffler. Mounting and Dismounting of Rolling Bearings, 2004.

5 KONVERSI ENERGI

PENGARUH HIGH PRESSURE HEATER NO. 1 DAN 2 OUT OF SERVICE TERHADAP HEAT RATE YANG BERDAMPAK PADA PEMAKAIAN BATUBARA

Muhammad Indrawan¹, Yudha Prasetyo², M. Syujak³

Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Program Studi Teknik Konversi Energi

¹*Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Kota Depok, Jawa Barat 16424, Indonesia, Tlp. +625777347144, Fax. (021) 7270034, muhindrawan26@gmail.com,*

²*Politeknik Negeri Jakarta*

³*Politeknik Negeri Jakarta*

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pembangkit listrik dengan batubara sebagai bahan bakarnya. PLTU bergantung pada batubara untuk memanaskan air yang ada pada boiler. Pemakaian batubara pada PLTU yang semakin bertambah tiap tahunnya menjadikan ketersediaan cadangan batubara semakin berkurang. High Pressure Heater yang dipasang sebelum boiler, membantu kerja boiler untuk memanaskan air hingga menjadi uap kering, sehingga pemakaian batubara dapat dihemat dengan adanya High Pressure Heater. Keadaan saat ini dilapangan High Pressure Heater No. 1 dan 2 out of service, hal ini mengakibatkan boiler bekerja lebih keras, sehingga pemakaian batubara semakin meningkat. Pada kondisi High Pressure Heater Out of Service ini terjadi selisih Turbine Heat Rate dengan kondisi design heat balance beban 90%, sehingga kerugian pemakaian bahan bakar dapat diketahui. Saat out of service ini juga Heat Rate yang dibutuhkan semakin besar. Heat Rate adalah nilai panas yang dibutuhkan untuk membangkitkan 1 kWh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab High Pressure Heater out of service dan pengaruh out of service terhadap Heat Rate serta pemakaian batubara. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan pengumpulan data dan pengolahan data yang dibutuhkan. Data diolah dengan metode perhitungan Turbine Heat Rate, Dengan selisih Heat Rate sebesar 1323,65 [kJ/kWh], pemakaian batubara dapat diketahui sebesar 20053,33 [kg/h].

Kata kunci: *Heat Rate, High Pressure Heater, High Pressure Heater Out of Service, Pemakaian Batubara, Turbine Heat Rate*

Abstract

Steam power plant is power plant with coal as primary fuel. Steam power plant depend on coal for heating water in boiler. Each year, usage coal in steam power plant increase. This is make coal reserve diminish. High Pressure Heater be assembled before boiler, help boiler for heating water until superheated steam, so that usage coal can saved with existence of High Pressure Heater. Present condition in power plant, High Pressure Heater No. 1 and 2 out of service, effect from this condition make boiler work harder than usual, so that usage coal increase. In High Pressure Heater out of service condition, there is a difference of Turbine Heat Rate between actual condition and condition design heat balance load 90%, so that loss of usage coal can be known. While out of service, Heat Rate required increase. Heat Rate is value of heat required for generate 1 kWh. This research aim for analysis the cause High Pressure Heater out of service and influence out of service to Heat Rate and usage coal. The methodology used in this research with data collection and data processing required. Data will be processed for knowing Heat Rate with method of calculation Turbine Heat Rate, with knowing heat rate difference 1323,65 [kJ/kWh], usage coal can be known 20053,33 [kg/h].

Keywords: *Heat Rate, High Pressure Heater, High Pressure Heater Out of Service, Usage of coal, Turbine Heat Rate*

I. PENDAHULUAN

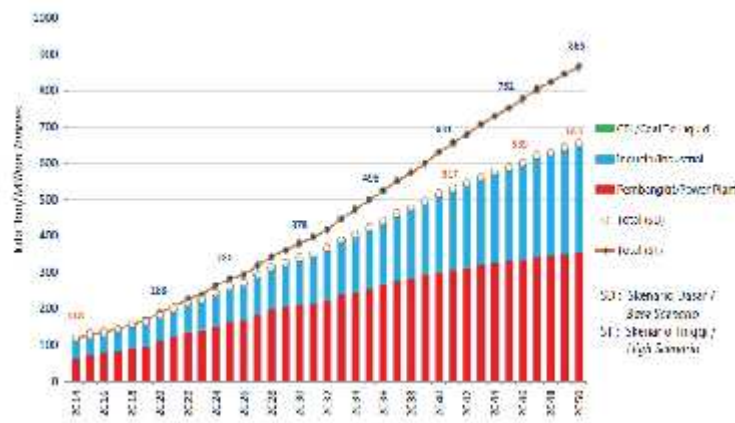
Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit yang ada di Indonesia. PLTU berbahan bakar HSD, atau batubara. Di Indonesia PLTU berbahan bakar batubara lebih banyak dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis lainnya. Indonesia memiliki beberapa potensi sumber daya energi fosil diantaranya minyak bumi, gas bumi dan batubara[1].

Tabel 1 Ketersediaan Energi Fosil[1]

No.	Jenis Energi/ Energy Type	Satuan / Unit	Sumber Daya / Resources	Cadangan / Reserves	
1	Minyak Bumi / Oil	Miliar Barel / Billion Barrel		Proven	3.6
				+Potential	7.4
2	Gas Bumi / Gas	TSCF		Proven	100.3
				+Potential	149.3
3	Batubara / Coal	Miliar Ton / Billion Tonne	124.8	32.27	

Batubara sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik, baik pembangkit yang dioperasikan oleh PT. PLN (Persero), maupun oleh IPP (*Independent Power Production*). Konsumsi batubara pada pembangkit listrik diproyeksikan akan meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 4,78% per tahun, sehingga konsumsi batubara lebih dari lima kali lipat dari hampir 66 juta ton pada 2014, menjadi hampir 354 juta ton pada 2050[1].



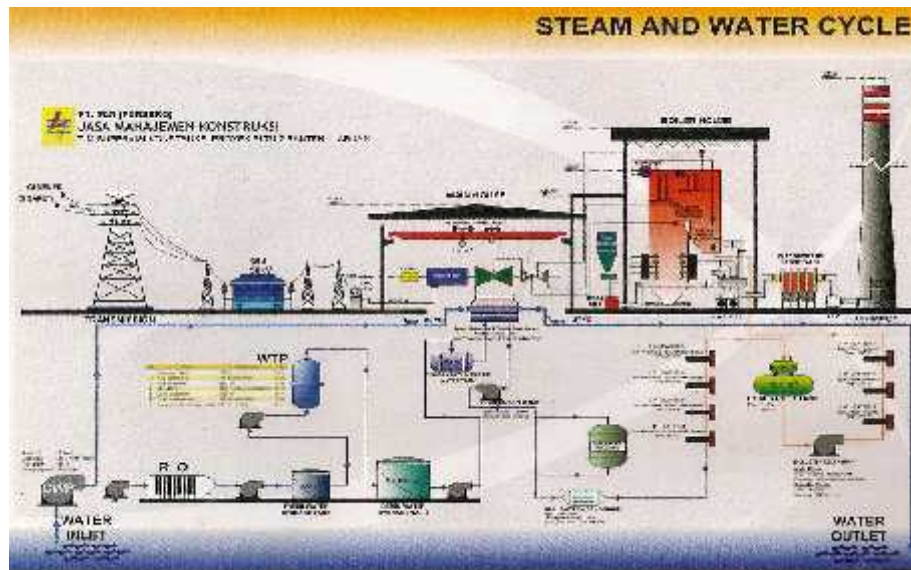
Gambar 1 Proyeksi Pemanfaatan Batubara[1]

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara digunakan sebagai pembangkit untuk memenuhi beban dasar[1]. Salah satunya adalah PLTU UJP Banten 2 Labuan menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya. Pemakaian batubara yang makin meningkat tiap tahunnya pada sektor pembangkit, menjadikan persediaan batubara semakin berkurang, agar pembangkit dapat lebih efisien dan hemat dalam pemakaian batubara dipasanglah *heater* sebagai pemanas mula-mula pada *feedwater*. Pada PLTU UJP Banten 2 Labuan Unit 1 terjadi ketidaknormalan pada *High Pressure Heater* No. 1 dan 2, hal ini menyebabkan sistem *feedwater heater* tidak bekerja secara maksimal.

Keadaan di lapangan saat ini *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 *Out of Service*, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab *High Pressure Heater Out of Service*, menganalisis pengaruh kerja *High Pressure Heater Out of Service* terhadap *Turbine Heat Rate* dan menganalisis perbandingan *Turbine Heat Rate* saat *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 *Out of Service* dan *design heat balance* saat beban 90% serta kerugian pemakaian batubara akibat selisih *Turbine Heat Rate*.

II. METODE PENELITIAN

Pada PLTU UJP Banten 2 Labuan menggunakan siklus tertutup. Dimana fluida yang digunakan sama dan berlangsung secara berulang-ulang. Pada PLTU UJP Banten 2 Labuan terdapat 8 *heater* diantaranya adalah 4 *Low Pressure Heater*, *Daerator* dan 3 *High Pressure Heater*[2].



Gambar 2 Siklus PLTU Banten 2 Labuan[2]

Feedwater heater berada sebelum *boiler* dan memiliki peranan penting untuk memanaskan air sebelum masuk kedalam *boiler*. *Feedwater heater* merupakan sistem penukar panas dengan tipe *shell and tube*, dimana air berada pada sisi *tube* dan uap kering berada pada sisi *shell*. Uap yang digunakan untuk memanaskan *feedwater* berasal dari ekstraksi turbin. Dengan adanya *feedwater heater* kerja *boiler* terbantu untuk memanaskan air, sehingga pemakaian batubara dapat dihemat.

Feedwater Heater memiliki 2 variabel kinerja, yaitu kenaikan *Terminal Temperature Difference (TTD)* dan *Drain Cooler Approach (DCA)* [3]. Variabel-variabel tersebut merupakan tolak ukur dari baik buruknya kinerja suatu *heater*, sehingga apabila terjadi ketidaknormalan dari variabel-variabel tersebut, maka *heater* akan mengalami penyimpangan-penyimpangan, yaitu perubahan pada ketinggian *level heater*, penurunan pada uap ekstraksi, *fouling* pada *tube-tube*, keluaran *venting* tidak sesuai *design*. Apabila ditemukan kasus penyimpangan pada *heater* seperti yang disebutkan sebelumnya, maka perlu diadakannya tindakan pada *heater* yaitu memperbaiki pengaturan tingkat ketinggian *level* pada *heater*, melakukan pembersihan pada *tube-tube*, menjaga tetap bekerja normal pada katup *venting*[4].

Untuk mengetahui pengaruh dari *High Pressure Heater Out of Service* digunakan metode *Turbine Heat Rate* sebagai pengolahan data. *Turbine Heat Rate* adalah banyaknya energi panas [kJ] yang dikonsumsi untuk membangkitkan setiap 1 [kW]. Sebelum menghitung *Turbine Heat Rate* diperlukan beberapa parameter yaitu *main steam flow (G_{ms})*, *cold reheat flow (G_{crsc})*, *enthalpy* dengan data suhu dan tekanan yang didapat dari *Central Control Room (CCR)* dan *hot reheat flow (G_{hrsh})*. Adapun rumusnya sebagai berikut:

Tabel 2 Parameter *Turbine Heat Rate*

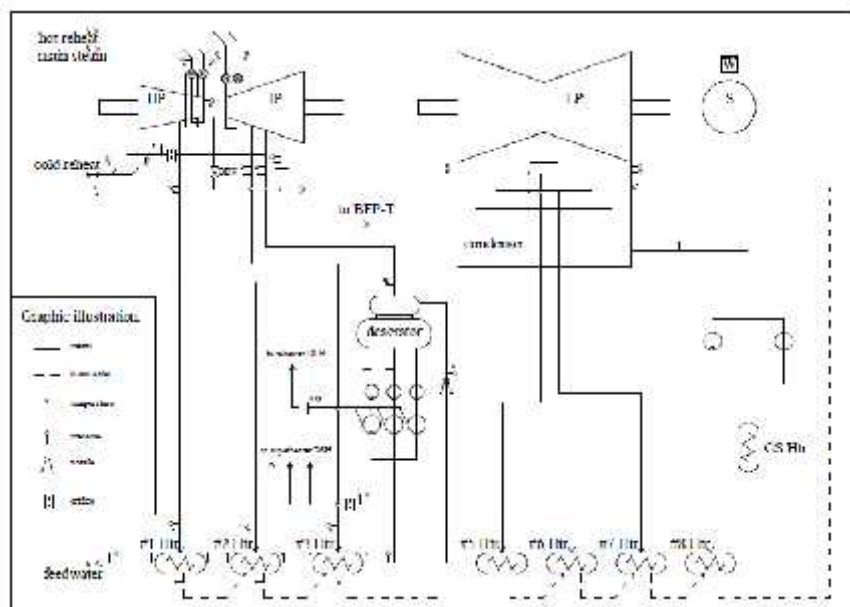
Data	Rumus	
G_{ms}	$G_{ms} = G_{fw} + G_{sh1}$	[Persamaan 1]
G_{crsc}	$G_{crsc} = G_{ms} - G_3 - G_{Taping}$	[Persamaan 2]
Enthalpy	Menggunakan <i>Steamtab</i>	
G_{hrsh}	$G_{hrsh} = G_{crsc} + G_{rsh}$	[Persamaan 3]

Setelah parameter pada Tabel 2 didapat, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *Turbine Heat Rate* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$THR = \frac{G_{ms} \cdot H_{ms} - G_{fw} \cdot H_{fw} + G_{hrsh} \cdot H_{hrsh} - G_{crsc} \cdot H_{crsc} - G_{sh1} \cdot H_{sh1} - G_{rsh} \cdot H_{rsh}}{P_{gross}} \quad \text{[Persamaan 4][2]}$$

Keterangan:

- THR = Turbine Heat Rate [kJ/kWh]
 Pgross = Generator Output [kW]
 Gms = Main Steam Flow [kg/h]
 Hms = Main Steam Enthalpy [kJ/kg]
 Gfw = Feed Water Flow [kg/h]
 Hfw = Feed Water Enthalpy [kJ/kg]
 Ghrsh = Reheat Steam Flow [kg/h]
 Hhrsh = Reheat Steam Enthalpy [kJ/kg]
 Gcrsc = Cold Reheat Steam Flow [kg/h]
 Hcrsc = Cold Reheat Steam Enthalpy [kJ/kg]
 Gshs = Superheated Spray Flow [kg/h]
 Hshs = Superheated Spray Enthalpy [kJ/kg]
 Grsh = Reheater Spray Flow [kg/h]
 Hrsh = Reheater Spray Enthalpy [kJ/kg]



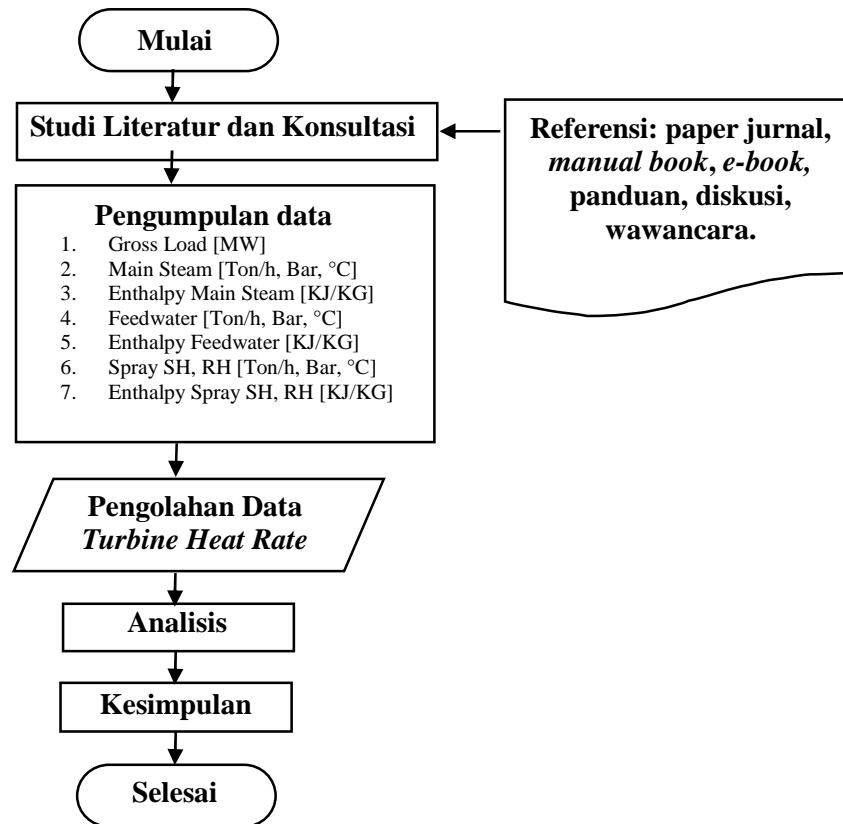
Gambar 3 Measuring Point Graphic[5]

Batubara pada PLTU digunakan sebagai bahan bakar utama untuk proses pembakaran di dalam boiler. Aliran massa batubara berbeda-beda tiap kondisinya, tergantung kondisi pembangkit saat itu. Dengan adanya High Pressure Heater aliran massa batubara dapat dihemat. Adapun rumus untuk mengetahui aliran massa batubara sebagai berikut:

$$m_{bb} = \frac{\text{Heat Rate} \times \text{Load}}{\text{Nilai Kalori Batubara}} \text{ [kg/h]} \text{ [Persamaan 5]}$$

Alur Penelitian

Diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan temuan kasus yang terjadi di PLTU Banten 2 Labuan Unit 1 yaitu *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 *Out of Service*. Temuan kasus yang terjadi pada unit di lapangan mengharuskan penulis melakukan studi literatur sesuai dengan temuan kasus, selanjutnya penulis melakukan konsultasi dengan ahli-ahli terkait tentang masalah yang terjadi pada pembangkit secara berkesinambungan.

Tahap selanjutnya penulis melakukan pengumpulan data, data yang dibutuhkan untuk menghitung *Turbine Heat Rate*. Data yang dikumpulkan di *Central Control Room* (CCR) adalah suhu, tekanan, aliran masa dan beban pembangkitan.

Data yang telah dikumpulkan diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel* dengan bantuan *add-ins Steam Tab* dan *formula*. Data utama yang dibutuhkan untuk menghitung *Turbine Heat Rate* adalah *flow* dan *enthalpy*, *enthalpy* didapat dari suhu dan tekanan dengan menggunakan *add-ins Steam Tab*. Sebelum menghitung *Turbine Heat Rate*, terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk mengetahui komponen *Turbine Heat Rate* yaitu *main steam flow* (G_{ms}), *cold reheat flow* (G_{crsc}), dan *hot reheat flow* (G_{hrsh}) dengan menggunakan rumus pada Tabel 2.

Setelah didapat nilai *Turbine Heat Rate* dari pengolahan data kemudian dibuatlah grafik untuk digunakan sebagai bahan analisis terhadap hasil. Selanjutnya hasil *Turbine Heat Rate* dibandingkan dengan data *design heat balance* dengan beban 90% serta mengetahui pemakaian aliran batubara akibat selisih dari *Turbine Heat Rate*. Sehingga dari analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan saran sebagai luaran penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

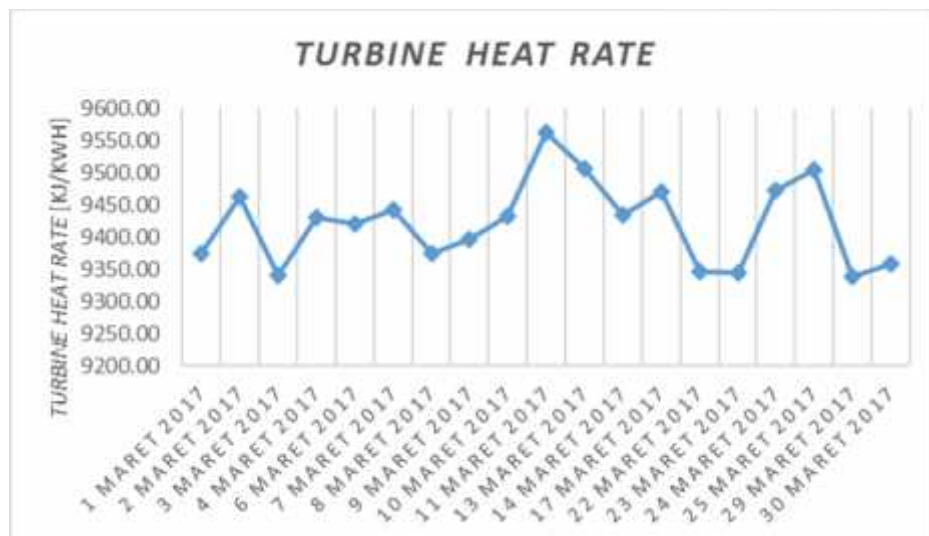
Penyajian Data

Tabel 3 Persentase Kebocoran *High Pressure Heater*

<i>High Pressure Heater</i>	Jumlah Kebocoran Tube	Jumlah Plug	Persentase Kebocoran [%]
HPH 1	357	714	50,82
HPH 2	265	530	37,72
HPH 3	7	14	1

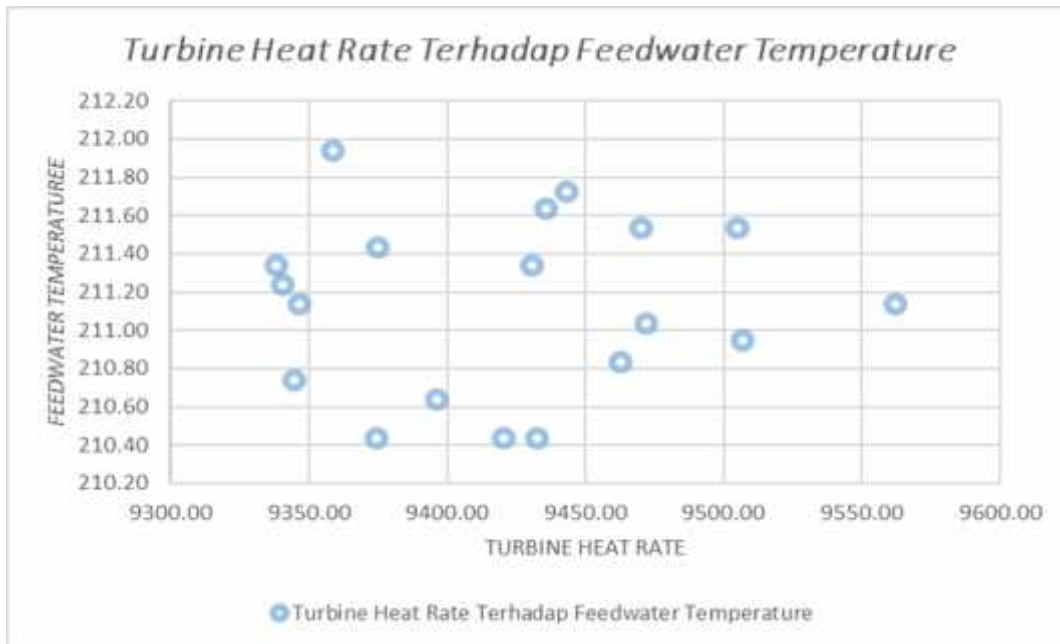
Dapat dilihat dari Tabel 3 Persentase Kebocoran *High Pressure Heater* bahwa Jumlah *plug* bernilai 2 kali lipat hal ini dikarenakan *design High Pressure Heater* berbentuk *U-tube* yang memiliki sisi masukan dan keluaran, sehingga *plug* pada *tube* harus dilakukan pada kedua sisi dan *High Pressure Heater* No. 1 memiliki nilai persentase kebocoran sebesar 50,82%, *High Pressure Heater* No. 2 memiliki nilai persentase kebocoran sebesar 37,72% dan *High Pressure Heater* No. 3 memiliki nilai persentase kebocoran sebesar 1%. Dari ketiga *High Pressure Heater* tersebut, *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 sudah melewati batas toleransi kebocoran sebesar 20%. Sehingga *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 harus *Out of Service*. Sedangkan *High Pressure Heater* No. 3 masih dalam batas toleransi kebocoran, sehingga hanya *High Pressure Heater* No. 3 yang dalam kondisi baik untuk bekerja.

Berikut hasil pengolahan data *Turbine Heat Rate* dalam grafik:



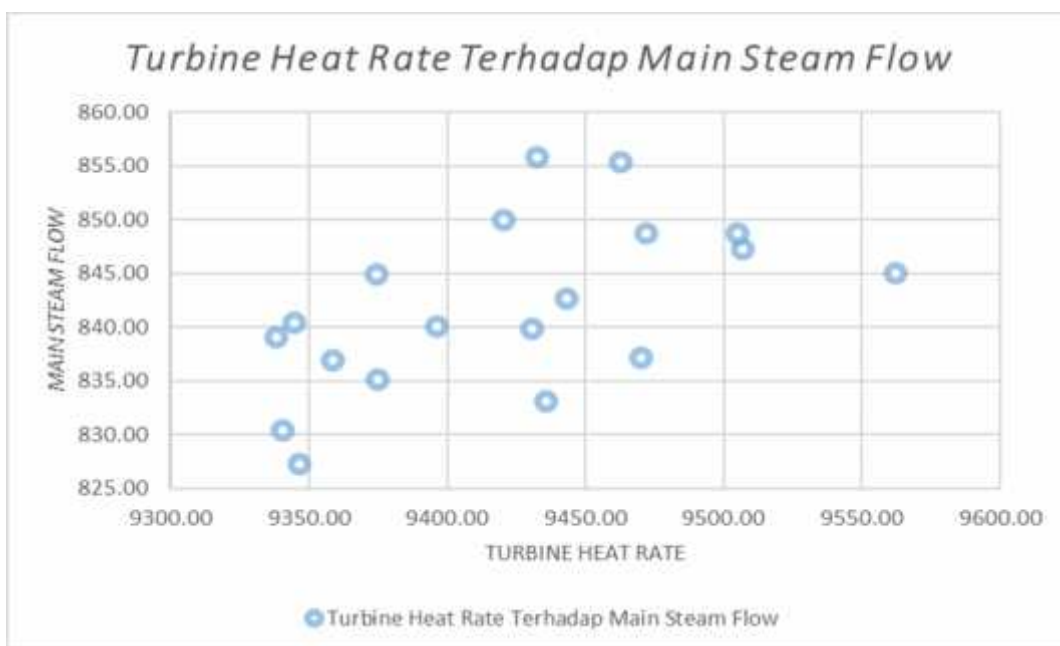
Gambar 5 Turbine Heat Rate

Pada Gambar 5 Waktu terhadap *Turbine Heat Rate* mengalami fluktuasi. Hal ini disebabkan oleh perubahan nilai beban dan komponen *Turbine Heat Rate* yaitu *main steam flow*, *main steam enthalpy*, *feedwater flow*, *feedwater enthalpy*, *cold reheat flow*, *cold reheat enthalpy*, *hot reheat flow*, *hot reheat enthalpy*, *superheater flow*, *superheater enthalpy*, *reheater flow* dan *reheater enthalpy*. *Turbine Heat Rate* yang paling tinggi terjadi pada tanggal 11 Maret 2017 dengan nilai 9561,97 [kJ/kWh], sedangkan *Turbine Heat Rate* yang paling rendah terjadi pada tanggal 29 Maret 2017 dengan nilai 9338,03[kJ/kWh].



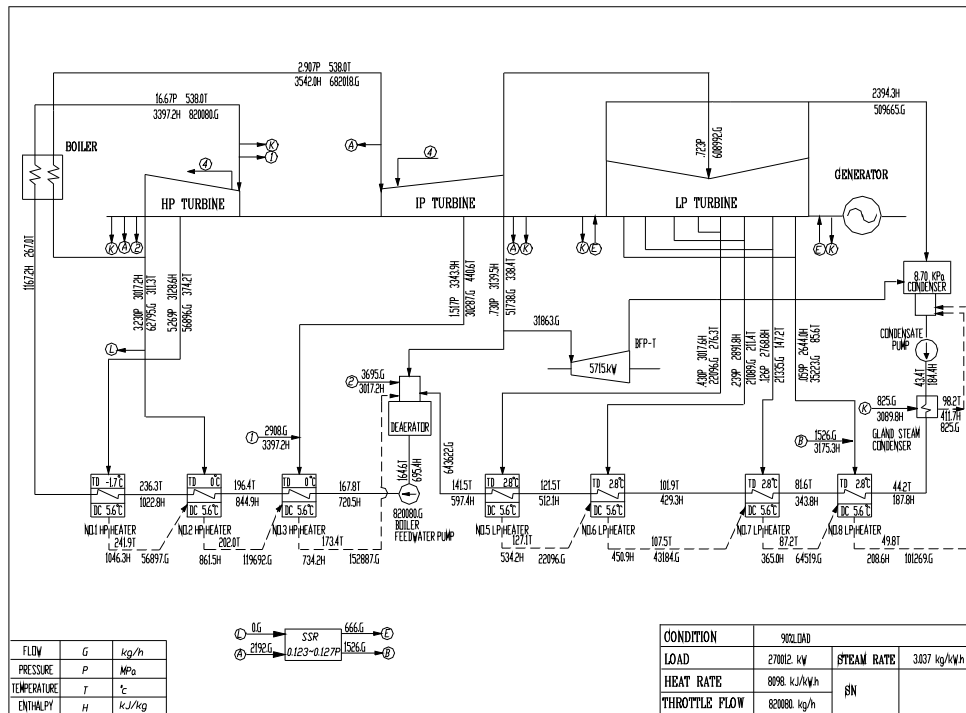
Gambar 6 Turbine Heat Rate Terhadap Feedwater Temperature

Pada Gambar 6 *Feedwater Temperature* Terhadap *Turbine Heat Rate*, sebaran data tersebar secara acak. Nilai *feedwater temperature* tertinggi ada pada suhu 211,94 [°C] dengan nilai *Turbine Heat Rate* 9358,57 [kJ/kWh] sedangkan nilai *feedwater* terendah ada pada suhu 210,44 [°C] dengan nilai *Turbine Heat Rate* 9374,06 [kJ/kWh], 9420,19 [kJ/kWh] dan 9432,47 [kJ/kWh]. Perubahan *Turbine Heat Rate* tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh *feedwater temperature*, tetapi komponen yang lain pada perhitungan juga mempengaruhi. Pemanasan pada *feedwater* saat ini hanya terjadi di *High Pressure Heater No.3*, hal ini dikarenakan *High Pressure Heater No. 1* dan *2* mengalami kebocoran sehingga tidak dapat dioperasikan. Akibat hanya *High Pressure Heater No. 3* yang beroperasi, sehingga suhu *feedwater* yang dipanaskan tidak sesuai *design*. Jika *High Pressure Heater* mengalami kebocoran pada *tube*, maka *feedwater temperature* akan menurun. Hal ini dikarenakan uap dan air berkontak langsung di dalam *High Pressure Heater*.



Gambar 7 Turbine Heat Rate Terhadap Main Steam Flow

Pada Gambar 7 *Main Steam Flow Terhadap Turbine Heat Rate*, sebaran data tersebar secara acak. *Main steam flow* tertinggi ada pada nilai 855,84 [ton/jam] dengan nilai *Turbine Heat Rate* sebesar 9432,47 [kJ/kWh] sedangkan nilai *main steam flow* terendah ada pada nilai 827,38 [ton/jam] dengan *Turbine Heat Rate* sebesar 9346,23[kJ/kWh]. Perubahan *main steam flow* mengakibatkan *Turbine Heat Rate* juga berubah. Hal ini dikarenakan hanya *High Pressure Heater No. 3* yang beroperasi, kerja boiler untuk memanaskan *feedwater* akan meningkat. Hal ini juga menyebabkan *flow extraction* pada *High Pressure Heater No. 3* semakin meningkat. Ini merupakan akibat dari *High Pressure Heater No. 1 dan 2 Out of Service*.



Gambar 8 Design Heat Balance Beban 90%

Tabel 4 Kondisi Actual

Kondisi	Beban [MW]	Rata-Rata Turbine Heat Rate [kJ/kWh]
90 % Beban HPH 1 2 OS	280	9421,65

Dari data *Turbine Heat Rate* yang telah diolah dengan kondisi beban 90% dan *High Pressure Heater Out of Service* didapat nilai *Turbine Heat Rate* pada kondisi actual dengan rata-rata selama sebulan sebesar 9421,65 [kJ/kWh].

Tabel 5 Design Heat Balance Beban 90%

Kondisi	Beban [MW]	Turbine Heat Rate [kJ/kWh]
Beban 90 %	270	8098,000

Dari data *Turbine Heat Rate* yang ada pada *design heat balance*. Nilai *Turbine Heat Rate* pada kondisi *design* sebesar 8098,000 [kJ/kWh].

Didapat selisih *Turbine Heat Rate* antara kondisi actual dilapangan dan *design heat balance* 90%,

$$\Delta THR = THR_{actual} - THR_{design}$$

$$\Delta THR = 9421,65 - 8098,000$$

$$\Delta THR = 1323,65 \left[\frac{kJ}{kWh} \right]$$

Dengan mengetahui nilai selisih *Turbine Heat Rate* antara kondisi *actual* di lapangan dan *design heat balance* 90% sebesar 1323,65 [kJ/kWh], serta nilai kalori batubara sebesar 18481,82 [kJ/kg], dapat diketahui kerugian aliran massa batubara:

$$m_{bb} = \frac{\text{Heat Rate} \times \text{Load}}{\text{Nilai Kalori Batubara}}$$
$$m_{bb} = \frac{1323,65 \times 280000}{18481,82}$$
$$m_{bb} = 20053,33 \text{ [kg/h]}$$

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. *High Pressure Heater Out of Service* diakibatkan karena kebocoran yang sudah melewati batas toleransi. Batas toleransi untuk *High Pressure Heater* adalah kurang dari 20%. *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 masing-masing memiliki persentase kebocoran 50,82 % dan 37,72 %. Sehingga *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 harus di *Out of Service* agar tidak membebani kerja pembangkit.
2. *High Pressure Heater Out of Service* mengakibatkan *Turbine Heat Rate* menjadi semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan *High Pressure Heater* No. 1 dan 2 *Out of Service* *Turbine Heat Rate* menjadi 9421,65 [kJ/kWh] atau dapat dikatakan untuk membangkitkan 1 [kWh] dibutuhkan nilai panas sebesar 9421,65 [kJ].
3. Nilai selisih *Turbine Heat Rate* antara kondisi *actual* dan *design* adalah 1323,65 [kJ/kWh] dan kerugian pemakaian batubara sebesar 20053,33 [kg/h]. Semakin tinggi selisih *Turbine Heat Rate* maka semakin besar pemakaian batubaranya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiono, Agus dkk. *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta:BPPT. 2016.
- [2] Tim Heat Rate PLN PUSLITBANG. *Pengujian Heat Rate dan Efisiensi PLTU LABUAN UNIT 2*. Jakarta: PLN LITBANG. 2014.
- [3] Hite, Donald. *Heat Rate and Feedwater Heater LEVEL CONTROL*. Zele: Magnetrol International. 2013.
- [4] Daniel, Flour & Daniel, Duke. *Heat Rate Improvement Reference Manual*. Palo Alto: EPRI. 1998
- [5] CHENGDA ENGINEERING CORPORATION OF CHINA. *Steam Turbine Performance Test Report of Unit 1*. China: CHENGDA ENGINEERING CORPORATION OF CHINA. 2008.

Analisis Kinerja Mesin Pada Sepeda Motor Berbahan Bakar Bensin dan LPG – PPPTMGB LEMIGAS

Irvan Abdurrahman¹, Muhammad Alwan R², Arifia Ekayuliana³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok, Tlp.+6221 7270036, Fax. (021) 7270034, Irvan.abdurrahman1996@gmail.com

Abstrak

Penggunaan kendaraan sepeda motor dalam beberapa tahun ini kian meningkat. Hal ini berdampak pada kebutuhan bahan bakar minyak yang semakin bertambah, di lain pihak cadangan bahan bakar gas sebagai bahan bakar alternative masih cukup banyak tersedia. Berdasarkan hal ini peluang untuk menggunakan LPG cukup besar terutama digunakan sebagai bahan bakar sepeda motor. Dengan masih banyaknya ketersediaan bahan bakar tersebut LEMIGAS selaku lembaga melakukan penelitian dengan mengkonversi bahan bakar minyak terhadap bahan bakar gas (LPG) pada sepeda motor. Dengan adanya penelitian ini maka terdapat beberapa perbedaan terhadap kinerja mesin sepeda motor. Dari perbedaan ini maka terlihat perbandingan antara kinerja mesin sepeda motor berbahan bakar bensin dan berbahan bakar gas yang diketahui dari nilai torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, pemakaian bahan bakar spesifik, efisiensi termal, dan emisi gas buang yang didapat.

Kata kunci : bahan bakar gas, bahan bakar minyak, kinerja mesin, sepeda motor.

Abstract

The use of motorcycles has increased in recent years. This has an impact on the growing need for oil fuel, on the other hand gas fuel reserves are still available as alternative fuel. Based on this, the opportunity to use LPG is quite large especially for motorcycle fuel. With its abundant availability PPPTMGB LEMIGAS as an institution conducts research by converting oil fuel to gas fuel (LPG) on motorcycles. With this research, there are some differences in motorcycle's engine performance. Based on the differences, there will be a comparison between the performance of the motorcycle engine. The comparison between the performance of oil-fueled motorcycle and gas-fueled motorcycle is known from the value of torque, effective power, fuel consumption, specific fuel consumption, thermal efficiency, and exhaust gas emission.

Keyword : gas fuel, oil fuel, engine performance, motorcycles.

1. PENDAHULUAN

Sektor transportasi merupakan salah satu sektor penunjang perekonomian yang menggunakan sumber energi fosil dalam jumlah besar. Salah satu alat sektor transportasi tersebut adalah sepeda motor. Sepeda motor merupakan salah satu motor bensin dengan mesin pengonversi tak langsung, yaitu dari energi bahan bakar menjadi energi panas dan kemudian diubah menjadi energi mekanis. Jadi energi kimia bahan bakar tidak dikonversikan langsung menjadi energi mekanis[1]. Sistem kerja motor bensin dibedakan menjadi dua yaitu motor bensin dua langkah dan empat langkah. Pada umumnya mesin bensin yang digunakan adalah jenis 4 langkah, dimana setiap silinder membutuhkan empat kali gerakan torak untuk mendapatkan satu kali pembakaran. Gerakan tersebut adalah dua kali gerak titik mati atas (TMA) dan dua kali gerak titik mati bawah (TMB). Siklus kerja dari motor bensin 4 langkah adalah : Langkah hisap, Langkah Kompresi, Langkah Kerja, dan Langkah pembuangan.

Bahan bakar yang digunakan pada sepeda motor adalah bahan bakar minyak jenis bensin. Bensin adalah senyawa organik yang dihasilkan dari proses distilasi minyak bumi (*crude oil*) menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan. Bahan bakar bensin merupakan campuran dari berbagai jenis hidrokarbon dari jenis parafin, olefin, naphtene dan aromatik. Tipikal bahan bakar bensin mempunyai distribusi dari C₄ sampai C₁₂ dengan C₅ sampai dengan C₈ yang terbesar. Bahan bakar bensin mempunyai kisaran distilasi 30°C -

220°C[2]. Penggunaan bensin sebagai bahan bakar mesin bensin diatur menurut kualitas dan spesifikasi yang ditetapkan. Dalam hal ini spesifikasi teknis bahan bakar sama di setiap negara tergantung dari jenis dan tipe kendaraan. Spesifikasi nasional di setiap negara dapat sedikit berbeda, karena perbedaan kondisi di negara tersebut, seperti jenis dan populasi kendaraan, ketersediaan minyak bumi sebagai bahan baku, kemampuan kilang, sistem distribusi, faktor ekonomis dan peraturan keselamatan kerja dan lingkungan.

Spesifikasi bahan bakar kendaraan bermotor yang dalam hal ini bahan bakar bensin untuk kendaraan motor bensin penyalan busi (*spark ignition engine*) yang beredar di Indonesia diatur dan dibatasi oleh pemerintah (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi). Bahan bakar bensin yang beredar di Indonesia ada empat jenis, yaitu: Premium 88, Premium 88 TT, Pertamina, Petamax Plus.

Namun, pada tahun 2014, terbukti cadangan minyak bumi sebesar 3,6 miliar barel dan gas bumi sebesar 100,3 TCF. Bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru, berdasarkan rasio R/P (*Reserve/Production*) tahun 2014, maka minyak bumi akan habis dalam 12 tahun dan gas bumi 37 tahun[3]. Berdasarkan hal ini peluang untuk menggunakan energi alternatif cukup besar terutama pemakaian bahan bakar gas (BBG/LPG) untuk digunakan sebagai bahan bakar pada sepeda motor. Dengan masih banyaknya ketersediaan bahan bakar gas maka PPPTMGB LEMIGAS membuat penelitian dengan mengkonversi bahan bakar minyak dengan bahan bakar gas pada sepeda motor.

LPG atau *Liquefied Petroleum Gasses* merupakan campuran dari berbagai hidrokarbon, sebagai hasil penyulingan minyak mentah, berbentuk gas. Dengan menambah tekanan atau menurunkan suhunya membuat menjadi cairan. Inilah yang dikenal dengan bahan bakar gas cair[2]. LPG merupakan senyawa hidrokarbon yang dikenal sebagai Butana, Propana, Isobutana atau campuran antara Propana (C_3H_8) dengan Butana (*i*- C_4H_{10} dan *n*- C_4H_{10}).

Spesifikasi bahan bakar LPG yang dalam hal ini bahan bakar gas yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan kendaraan bermotor yang beredar di pasaran Indonesia diatur dan dibatasi dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan pada Surat Keputusan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi No. 25 K/36/DDJM/1990.

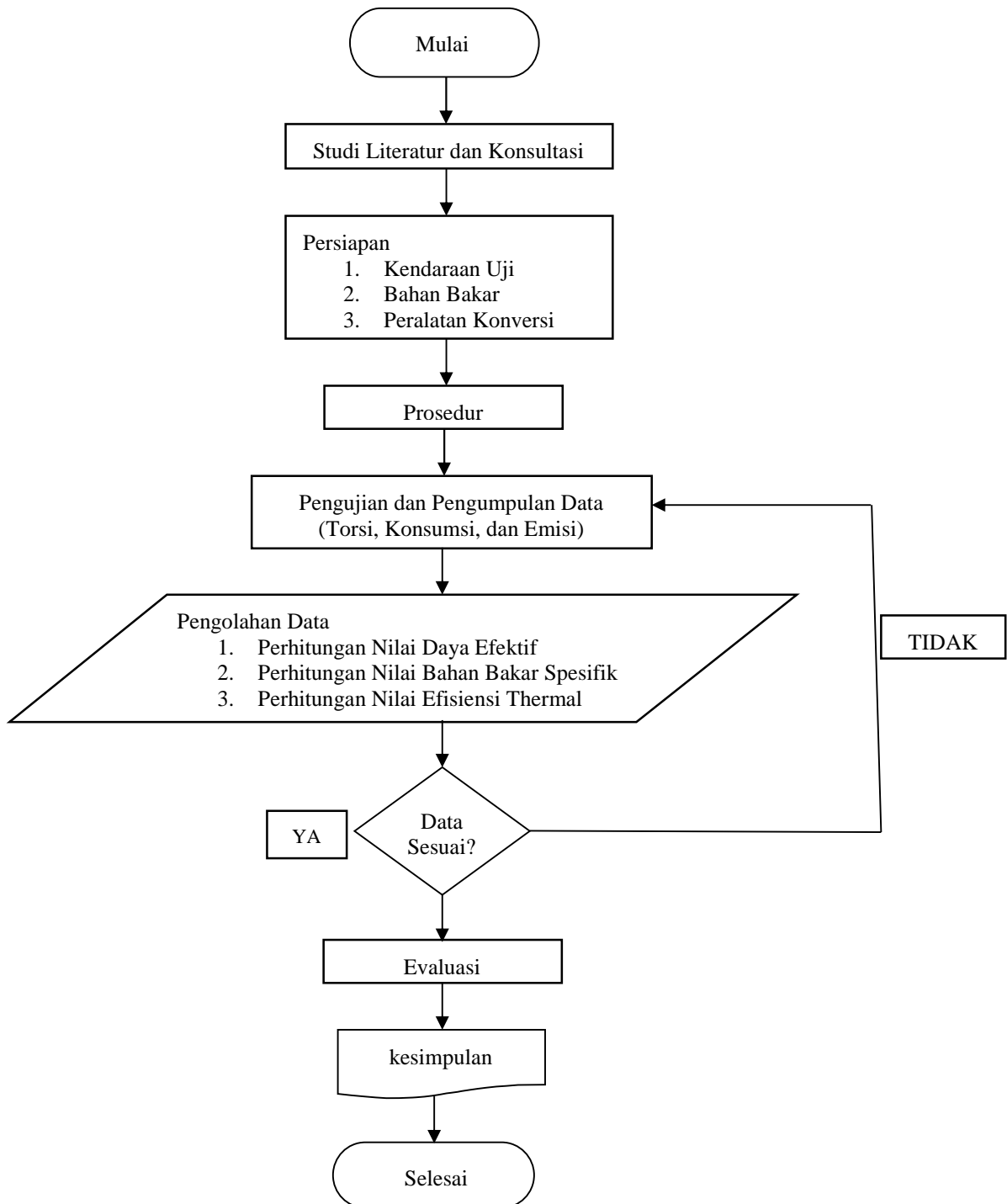
Sepeda motor merupakan motor bensin dengan mesin pengonversi tak langsung, yaitu dari energi bahan bakar menjadi energi panas dan kemudian baru menjadi energi mekanis. Maka dari itu untuk mengubah energi bahan bakar menjadi energi panas terjadi reaksi pembakaran yaitu reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen yang berlangsung dalam waktu yang cepat dan menghasilkan panas atau dengan kata lain reaksi pembakaran merupakan reaksi oksidasi antara senyawa hidrokarbon dengan oksigen sehingga menghasilkan panas dan produk berupa gas buang dengan komposisi karbon dioksida dan uap air serta senyawa lainnya sesuai dengan kualitas pembakaran[2].

Kualitas pembakaran di dalam mesin diketahui dari sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin yang disebut emisi gas buang kendaraan[4]. Dalam reaksi pembakaran yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbondioksida (CO_2), uap air (H_2O), Oksigen (O_2) dan Nitrogen (N_2). Namun, dalam prakteknya pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (NO_x) dan partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulfurdoksida (SO_2) dan logam berat (Pb).

Emisi gas buang dapat diketahui dari reaksi pembakaran bahan bakar. Sedangkan untuk mengetahui kinerja mesin dari sepeda motor yang menggunakan bahan bakar bensin dan bahan bakar gas(BBG/LPG). Dapat dihitung dari beberapa parameter seperti: Torsi, Daya Efektif, Konsumsi bahan bakar, Pemakaian bahan bakar spesifik, dan Efisiensi Thermal.

2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menjelaskan tentang diagram alair penelitian.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Kinerja Mesin dari sepeda motor yang menggunakan bahan bakar bensin dan bahan bakar LPG dapat diketahui dengan pengambilan data Torsi, Konsumsi bahan bakar, dan emisi. Setelah mendapatkan hasil tersebut baru dapat menghitung daya efektif, pemakaian bahan bakar spesifik, dan juga Efisiensi Thermal. Sebelum pengambilan data Torsi, Konsumsi bahan bakar dan emisi dilakukan persiapan yang

meliputi persiapan kendaraan uji, bahan bakar (bensin dan LPG), dan pemasangan alat konversi berupa : Tabung LPG 3kg yang digunakan untuk menyimpan gas LPG yang merupakan campuran gas dengan komposisi utama *propane dan butane*, Pipa Tembaga yang digunakan untuk menyalurkan bahan bakar LPG dari tabung ke *solenoid valve* dan regulator, fungsi dari Regulator itu untuk pengatur suplai bahan bakar ke *mixer* sebelum masuk ke ruang bakar mesin sepeda motor, untuk *mixer* sendiri berfungsi untuk tempat pencampuran pertama antara bahan bakar LPG dan udara sebelum masuk ke ruang bakar melalui karburator, *Power Valve* berfungsi untuk mengatur besarnya bahan bakar LPG yang masuk ke *mixer*, dan yang terakhir sistem elektronik serta perlengkapannya yang berfungsi untuk pengatur aliran bahan bakar pada penyaluran sepeda motor atau untuk memilih jenis bahan bakar.

Setelah melakukan pemasangan alat konversi. Terdapat prosedur pengujian untuk setiap proses pengumpulan data, yaitu:

- Prosedur pengujian pengumpulan data Torsi
 1. Mempersiapkan sepeda motor 110 cc dipasang pada *chassis dynamometer*.
 2. Posisi roda belakang sepeda motor ditempatkan di atas *roller chassis dynamometer*.
 3. Lakukan pemanasan awal (*warming up*) pada sepeda motor selama 2-5 menit.
 4. Sebagai simulasi pembebanan, sepeda motor di ikatkan dengan *strapping container* ke *chassis dynamometer*.
 5. Gigi transmisi diposisikan pada posisi *gear* transmisi tertinggi.
 6. Sepeda motor diakselerasi sampai putaran maksimum yang mampu dicapai.
 7. Simpan data uji.
- Prosedur pengujian pengumpulan data emisi
 1. Pengambilan data emisi dilakukan seperti pada poin (1) sampai (3) pada prosedur pengujian pengambilan data torsi.
 2. Operasikan sepeda motor pada kecepatan 0 km/jam dan posisi gigi transmisi netral dengan putaran mesin/langsam tanpa pembebanan.
 3. Ukur data emisi pada kecepatan tersebut.
 4. Operasikan sepeda motor pada gigi transmisi tertinggi, akselerasi kecepatan sepeda motor dan diberi pembebanan pada *roller chassis dynamometer*.
 5. Ukur data emisi pada putaran mesin 3000, 4000, 5000, 6000, dan 7000 rpm.
- Prosedur pengujian pengumpulan data konsumsi
 1. Pengambilan data konsumsi dilakukan seperti pada poin (a) sampai (e) pada prosedur pengujian pengambilan data emisi.
 2. Pengukuran atau pengambilan data konsumsi bensin adalah yang terukur pada *flowmeter*.
 3. Pengukuran data konsumsi LPG berdasarkan pada perubahan berat LPG pada putaran mesin 3000, 4000, 5000, 6000, dan 7000 rpm selama 5 menit dengan pencatatan perubahan berat setiap menitnya.

Pengujian dilakukan di atas *chassis dynamometer* serta perangkat *fuel consumption tester* dan *exhaust gas analyzer*. Data hasil uji berupa data unjuk kerja torsi, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang seperti CO₂, CO, dan Hidrokarbon.

Setelah selesai dilakukan pengujian dan telah mendapatkan data yang dibutuhkan maka akan dilakukan pengolahan data berupa perhitungan daya efektif, perhitungan nilai bahan bakar spesifik, dan perhitungan nilai efisiensi thermal. Setelah itu akan dievaluasi dengan membandingkan kinerja mesin masing-masing antara kendaraan uji yang menggunakan bahan bakar bensin dengan kendaraan uji yang menggunakan bahan bakar LPG baik itu torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, pemakaian bahan bakar spesifik, efisiensi thermal, dan emisi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengujian Torsi, Konsumsi Bahan Bakar, dan Emisi Gas Buang dari Sepeda Motor Berbahan Bakar Bensin dan Berbahan Bakar LPG.

Torsi

Tabel 1. Data torsi

putaran (rpm)	BENSIN Beban (kg.m)	LPG Beban (kg.m)
3000	0.85	0.809
4000	0.88	0.743
5000	0.90	0.762
6000	0.92	0.731
7000	0.81	0.485

Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 2. Data Konsumsi Bahan Bakar.

Putaran (rpm)	Konsumsi bahan bakar bensin (kg/jam)	Konsumsi bahan bakar LPG (kg/jam)
3000	0.553	0.345
4000	0.626	0.405
5000	0.730	0.450
6000	0.818	0.480
7000	0.833	0.495

Emisi Gas Buang

Tabel 3. Data Emisi Gas Buang Bahan Bakar Bensin

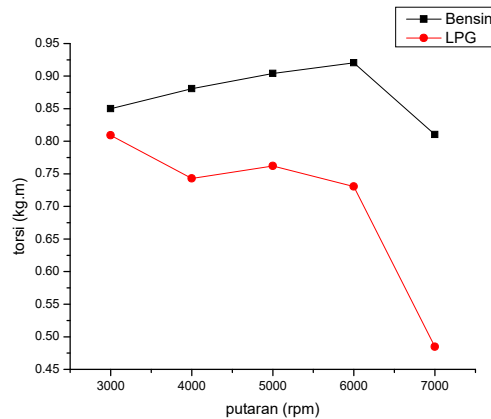
Bahan Bakar Bensin				
Putaran (rpm)	Beban (kg.m)	Emisi		
		CO2 (%)	O (%)	HC (ppm)
3000	0.850	5.8	0.79	100
4000	0.881	5.9	0.62	32
5000	0.904	5.5	0.59	0
6000	0.920	5.7	0.58	0
7000	0.810	5.6	0.58	0

Tabel 4. Data Emisi Gas Buang Bahan Bakar LPG

Bahan Bakar LPG				
Putaran (rpm)	Beban (kg.m)	Emisi		
		CO2 (%)	O (%)	HC (ppm)
3000	0.814	8.8	0.62	155
4000	0.809	8.5	0.41	77
5000	0.743	8.4	0.27	51
6000	0.762	8.2	0.26	65
7000	0.731	8.5	0.26	61

3.2. Pembahasan Hasil Pengujian dan Pengolahan Data

Torsi

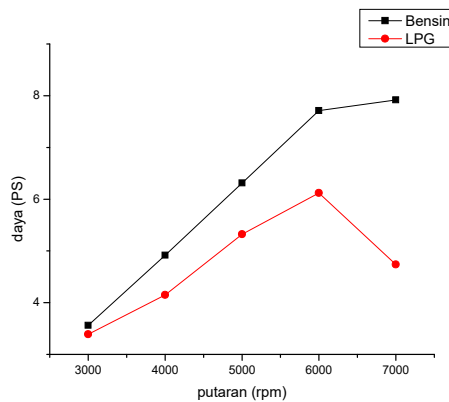


Gambar 1. Grafik Putaran vs Torsi

Gambar 1 menjelaskan hubungan antara torsi dengan putaran mesin. Pada sepeda motor berbahan bakar bensin membentuk kurva parabolik pada putaran 3000 rpm torsi yang dihasilkan dan terus meningkat dan mencapai torsi maksimum pada putaran 6000 rpm. Kemudian terjadi penurunan torsi pada putaran 7000 rpm.

Daya Efektif

Besarnya daya efektif (N_e) tergantung dari besarnya torsi dan putaran yang terjadi[6].

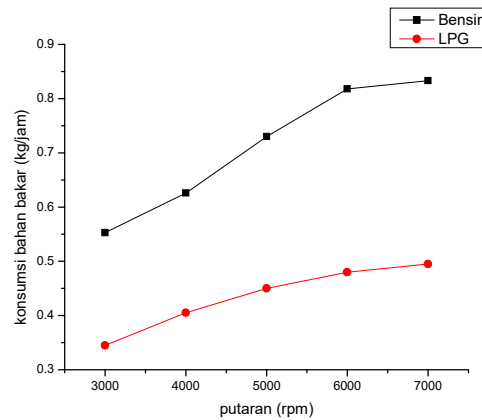


Gambar 2. Grafik Putaran vs Daya Efektif

Gambar 2 menjelaskan tentang daya efektif yang dihasilkan oleh sepeda motor berbahan bakar bensin terjadi peningkatan mulai dari putaran 3000 rpm hingga putaran 7000 rpm, dengan peningkatan rata-rata sebesar 22,83%. Pada sepeda motor berbahan bakar LPG daya efektif yang dihasilkan terus meningkat mulai dari putaran 3000 rpm hingga putaran 6000 rpm dengan kenaikan rata-rata sebesar 21,90% tetapi terjadi penurunan pada putaran 7000 rpm sebesar 18,81%. Peningkatan atau penurunan daya efektif ditentukan oleh kenaikan atau penurunan nilai torsi.

Konsumsi Bahan Bakar

Pengukuran dalam pemakaian bahan bakar biasanya diukur dalam satuan massa penggunaan bahan bakar per satuan waktu, yakni dalam satuan kilogram per jam[7].

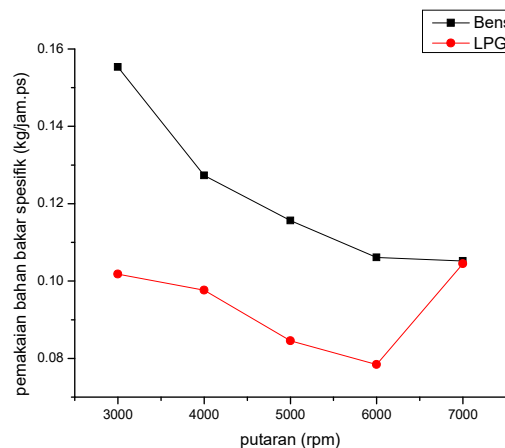


Gambar 3. Grafik Putaran vs Konsumsi Bahan Bakar

Gambar 3 menjelaskan tentang konsumsi bahan bakar baik pada sepeda motor berbahan bakar bensin maupun sepeda motor berbahan bakar LPG terus mengalami peningkatan seiring meningkatnya putaran. Konsumsi bahan bakar rata-rata sepeda motor berbahan bakar bensin adalah 0,712 kg/jam sedangkan konsumsi bahan bakar rata-rata sepeda motor berbahan bakar LPG adalah 0,435 kg/jam. Sehingga dapat dikatakan bahwa konsumsi bahan bakar rata-rata sepeda motor berbahan bakar LPG relatif lebih rendah sebesar 38,9% dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar rata-rata sepeda motor berbahan bakar bensin.

Pemakaian Bahan Bakar Spesifik

Pemakaian bahan bakar spesifik ini didefinisikan sebagai banyaknya bahan bakar yang terpakai setiap jam untuk menghasilkan setiap kW dari daya motor[7].



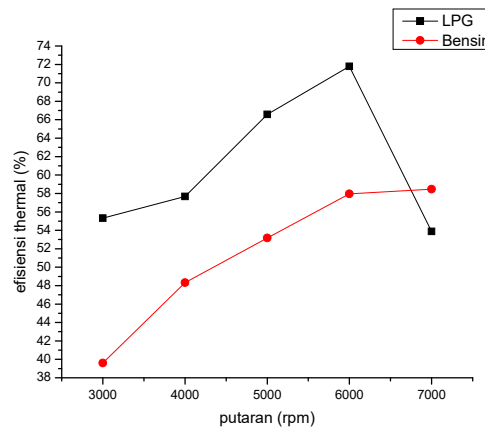
Gambar 4. Grafik Putaran vs Pemakaian Bahan Bakar Spesifik

Gambar 4 menjelaskan tentang pemakaian bahan bakar spesifik rata-rata pada sepeda motor berbahan bakar bensin adalah 0,122 kg/jam.PS, sedangkan pemakaian bahan bakar spesifik sepeda motor berbahan bakar LPG adalah 0,093 kg/jam.PS. Maka dapat dikatakan bahwa pemakaian bahan

bakar spesifik pada sepeda motor berbahan bakar LPG relatif lebih rendah sekitar 23,4% dibandingkan dengan pemakaian bahan bakar spesifik pada sepeda motor berbahan bakar bensin. Hal ini menunjukkan bahwa sepeda motor berbahan bakar LPG lebih efisien 23,4% dalam penggunaan bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan dibandingkan dengan sepeda motor berbahan bakar bensin.

Efisiensi Thermal

Untuk menentukan Efisiensi Thermal, kita harus membandingkan kalor yang dimiliki oleh bahan bakar yang dimasukkan, dengan jumlah kalor yang diubah menjadi kerja mekanis yang sebenarnya[8].

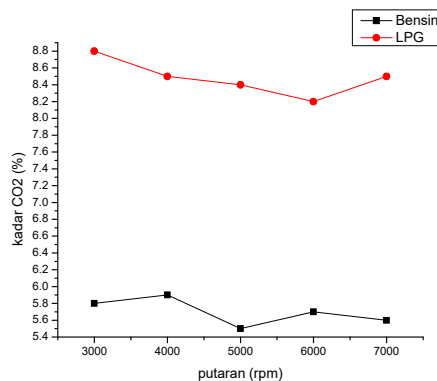


Gambar 5. Grafik Putaran vs Efisiensi Thermal

Gambar 5 menjelaskan tentang efisiensi thermal pada sepeda motor berbahan bakar bensin terus meningkat mulai seiring meningkatnya putaran. Pada sepeda motor berbahan bakar LPG efisiensi thermal meningkat mulai dari putaran 3000 rpm hingga putaran 6000 rpm dan lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi thermal pada sepeda motor berbahan bakar bensin, tetapi pada putaran 7000 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan yang disebabkan oleh menurunnya daya efektif pada putaran 7000 rpm.

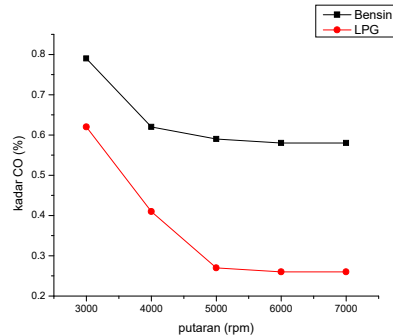
Emisi Gas Buang

Data dari kandungan CO₂, CO, dan HC yang ada dibawah ini terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4



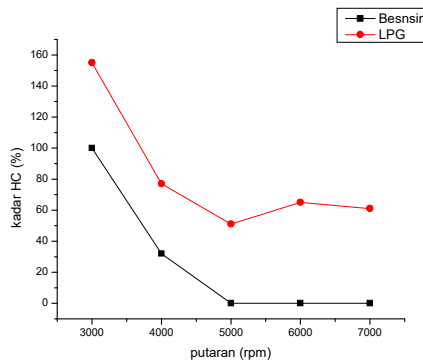
Gambar 6. Grafik Emisi Gas Buang Kadar CO₂ Terhadap Putaran

Gambar 6 menjelaskan tentang konsentrasi CO₂ yang dihasilkan sepeda motor berbahan bakar gas rata-rata sebesar 8,48%. Sedangkan konsentrasi CO₂ yang dihasilkan sepeda motor berbahan bakar bensin rata-rata sebesar 5,7%. Maka dapat dikatakan bahwa konsentrasi CO₂ pada sepeda motor berbahan bakar LPG terjadi peningkatan konsentrasi CO₂ sebesar 32,78%.



Gambar 7. Grafik Emisi Gas Buang Kadar CO Terhadap Putaran

Gambar 7 menjelaskan tentang emisi CO rata-rata yang dihasilkan oleh sepeda motor berbahan bakar bensin sebesar 0,63%. Sedangkan emisi CO rata-rata yang dihasilkan oleh sepeda motor berbahan bakar gas sebesar 0,36%. Terjadi penurunan konsentrasi CO sebesar 42,40%.



Gambar 8. Grafik Emisi Gas Buang Kadar HC Terhadap Putaran

Gambar 6 menjelaskan tentang kadar emisi gas buang HC pada sepeda motor berbahan bakar bensin semakin tinggi putaran mesin maka emisi HC semakin kecil, bahkan emisi HC yang dihasilkan oleh sepeda motor berbahan bakar bensin pada putaran 5000 rpm sampai putaran 7000 rpm sangat kecil sekali sehingga tidak dapat terukur oleh gas analyzer. Pada sepeda motor berbahan bakar LPG menghasilkan emisi HC yang lebih besar dibandingkan dengan sepeda motor berbahan bakar bensin. Banyaknya suplai LPG serta menyempitnya saluran udara pada mixer menjadi penyebab campuran udara dan bahan bakar menjadi kaya sehingga banyak hidrokarbon yang tidak terbakar karena sedikitnya oksigen yang masuk.

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Torsi yang dihasilkan sepeda motor berbahan bakar LPG relatif lebih rendah sekitar 19,14% dibandingkan dengan torsi yang dihasilkan sepeda motor berbahan bakar bensin. daya efektif yang dihasilkan sepeda motor berbahan bakar LPG relatif lebih rendah sekitar 22,03% dibandingkan dengan daya efektif rata-rata sepeda motor berbahan bakar bensin.
2. sepeda motor berbahan bakar LPG lebih efisien 23,4% dalam penggunaan bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan dibandingkan dengan sepeda motor berbahan bakar bensin.

3. efisiensi thermal rata-rata sepeda motor berbahan bakar LPG lebih tinggi sekitar 15,64% dibandingkan dengan efisiensi thermal rata-rata sepeda motor berbahan bakar bensin.
4. Pada emisi gas buang sepeda motor berbahan bakar LPG terjadi peningkatan konsentrasi CO₂ sebesar 32,78%, penurunan konsentrasi CO sebesar 42,40%, dan menghasilkan emisi HC yang lebih besar sekitar 67,72% dibandingkan dengan emisi gas buang pada sepeda motor berbahan bakar bensin.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pudjanarsa, Astu, dan Nursuhud, Djati. 2008. *Mesin konversi energi edisi revisi*. Jakarta : Penerbit ANDI.
- [2]. Maymuchar. 2010. *Penelitian Pemanfaatan LPG Sebagai Bahan Bakar Sepeda Motor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS, Jakarta.
- [3]. BPPT. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta : Badan Pengembangan dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- [4]. Winarno, Joko. 2014. *Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan*.
- [5]. Parr, Andrew. *Hidrolika dan Pneumatika (Pedoman Untuk Teknisi dan Insinyur)*. Edisi kedua. Jakarta : Erlangga.
- [6]. Arismunandar, Wiranto. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung : ITB
- [7]. Pramudito, Yogi. 2012. *Tugas Akhir Kinerja Mesin Bensin 4 Langkah dengan Menggunakan Campuran Bensin-Butanol*. Serpong : ITI
- [8]. Arends BPM, Berenhot H. 1980. *Motor Bensin*. Jakarta : Erlangga

PERANCANGAN SISTEM KENDALI FAN PADA *OUTDOOR* AC

Ilham Suntoro¹, Arief Pranoto Wibowo², Agus Sukandi³, Andi Ulfiana⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Tel : 0856-1542-849; Email : Ariefpw96@gmail.com; ilhamsuntoro19@gmail.com

Abstrak

Air Handling Unit (AHU) merupakan mesin penukar kalor, yang mana udara panas dari ruangan dihembuskan melewati coil pendingin di dalam AHU, sehingga menjadi udara dingin yang selanjutnya didistribusikan ke suatu ruangan. Penelitian memanfaatkan outdoor AC yang direkayasa sebagai sistem pendingin. Outdoor AC tersebut dimodifikasi secara mekanik dan kontrol agar dapat bekerja secara otomatis. Sistem kontrol yang dirancang mengendalikan kerja fan sesuai dengan pengaturan suhu yang dikehendaki, bila suhu ruangan lebih besar dari 24°C, maka fan bekerja dan bila suhu kurang dari 24°C, maka fan berhenti bekerja. Sistem kontrol pada fan menggunakan rangkaian sensor suhu LM35 yang berfungsi sebagai pembaca suhu aktual di dalam ruangan dan di konversikan menjadi tegangan. Keluaran tegangan dari sensor LM35 diperkuat dengan menggunakan Operational Amplifier (OpAmp). OpAmp juga digunakan sebagai rangkaian pembanding untuk membandingkan tegangan keluaran dari LM35 dengan tegangan referensi. Keluaran OpAmp diaplikasikan ke relay dan kontaktor yang berfungsi untuk mengatur kerja fan.

Kata kunci : Sistem Kontrol, Sensor, LM35, Suhu

Abstract

Air Handling Unit (AHU) is a heat exchanger machine, where the hot air from the room is blown through the cooling coil inside the AHU so it becomes a cold air which is then distributed to a room. This research utilizes AC outdoor that is engineered as a cooling system. The AC outdoor is modified by mechanic and control in order to work automatically. The designed control system will control the fan work according to the desired temperature, if the room temperature is higher than 24 degree celcius then the fan will work and if the temperature is less than 24°C then the fan will stop working. The fan control system uses the LM35 temperature sensor circuit that function as the actual temperature reader indoors and will be converted to voltage. The output voltage of the LM35 sensor is amplified using the Operational Amplifier (OpAmp). OpAmp is also used as a comparison circuit to compare the output voltage of LM35 with reference voltage. The output of OpAmp is applied to relays and contactors which function to manage the work of fan.

Keywords : Control system, Sensor, LM35, Temperature.

1. PENDAHULUAN

Sistem tata udara atau yang disebut dengan *Air Handling Unit (AHU)* merupakan salah satu sistem yang diperlukan saat membangun gedung atau ruangan karena dapat mempengaruhi kenyamanan pengguna ruangan tersebut. Kenyamanan dari sebuah ruangan juga mempengaruhi kinerja pengguna ruangan.

Dengan memanfaatkan *outdoor AC* yang tidak terpakai untuk instalasi sistem *AHU*, dapat menjadi solusi untuk menghasilkan kenyamanan pada ruangan. Untuk dapat menggunakan *outdoor AC* sebagai sistem pendingin udara, maka perlu dilakukan rekayasa atau modifikasi pada *outdoor AC*. Satu diantara yang perlu direkayasa adalah sistem kontrol dari *outdoor AC* agar dapat bekerja secara otomatis tanpa perlu dikontrol secara manual.

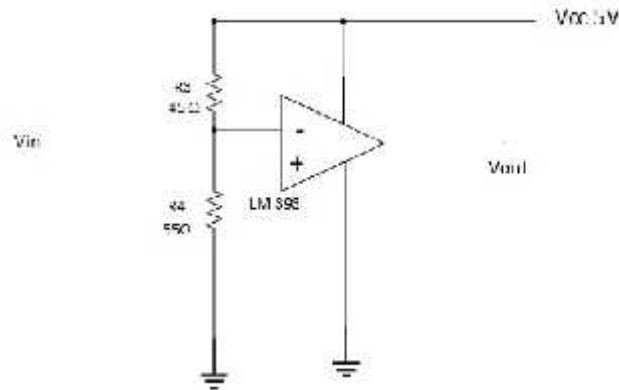
Tujuan dari dibuatnya rekayasa sistem kontrol adalah untuk mengontrol kerja fan pada *outdoor AC* agar dapat bekerja sesuai suhu yang diinginkan agar tidak membebankan kerja fan pada *outdoor AC*.

Dalam merancang sistem kontrol perlu diperhatikan pemilihan jenis sensor yang digunakan, dan sistem kendali yang digunakan agar dapat menjadi kesatuan sistem yang dapat berjalan dengan baik.

R_2 : Tahanan pada Resistor 2 (),
 R_1 : Tahanan pada Resistor 1 (), dan
 V_{in} : Tegangan masukan (keluaran dari LM35).

2.1.3 Rangkaian pembanding

Rangkaian pembanding (*compare circuit*) atau komparator merupakan rangkaian elektronik yang membandingkan suatu *input* dengan referensi tertentu untuk menghasilkan *output* berupa dua nilai (*high* dan *low*). Suatu komparator mempunyai dua masukan yang terdiri dari tegangan acuan ($V_{reference}$) dan tegangan masukan (V_{input}) serta satu tegangan output (V_{output}).

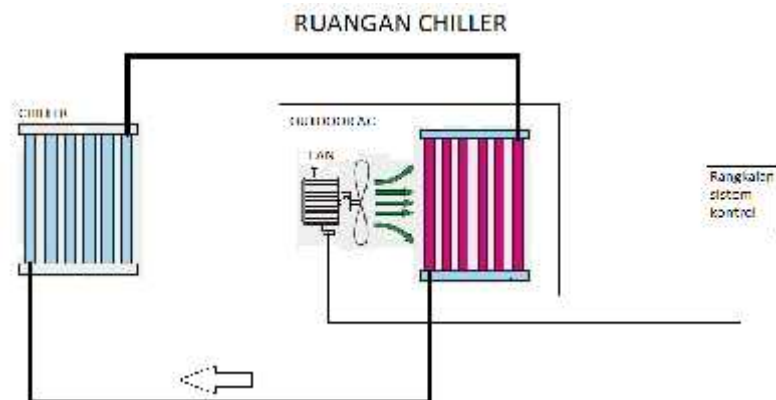


Gambar 3. Rangkaian Pembanding

dengan:

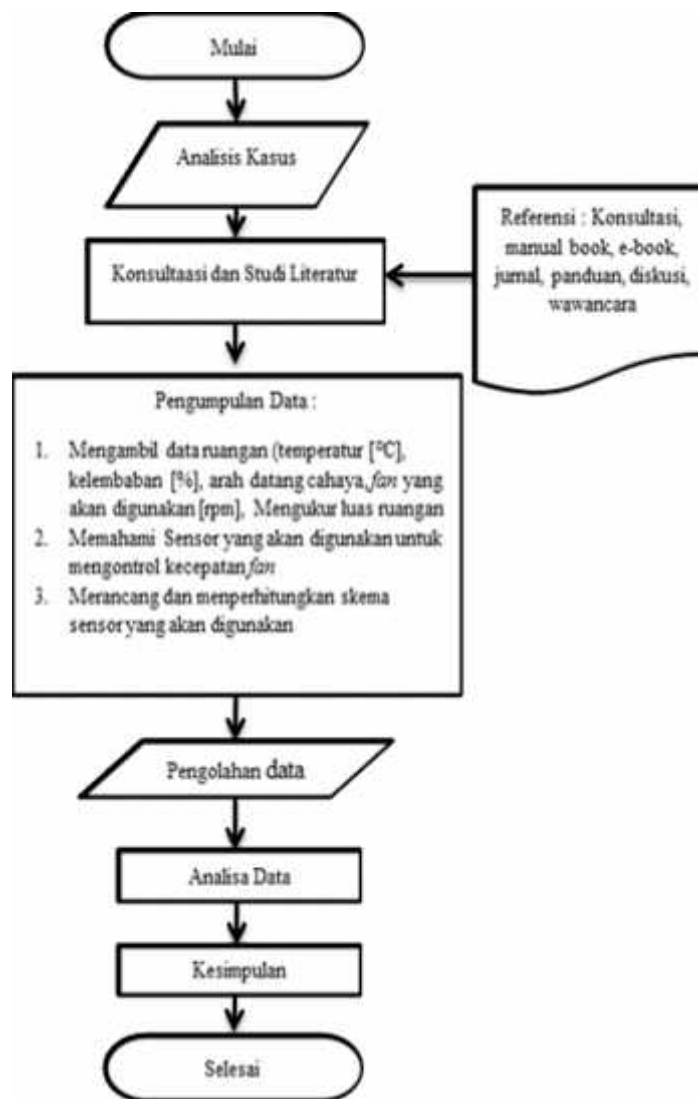
V_{ref} : Tegangan referensi (V),
 R_2 : Tahanan pada Resistor 2 (),
 R_1 : Tahanan pada Resistor 1 (), dan
 V_{cc} : Tegangan masukan (5V).

Skema dari instalasi sistem AHU pada ruangan *chiller* sebagaimana Gambar 4.



Gambar 4. Skema instalasi AHU pada ruangan *chiller*

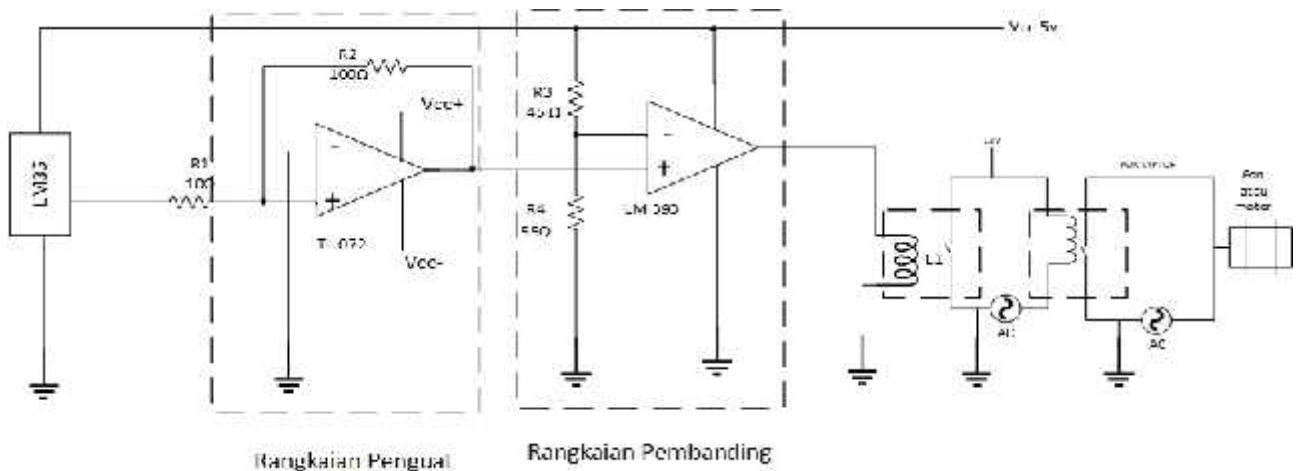
Metode yang digunakan dalam penelitian digambarkan dengan diagram sebagaimana Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah rangkaian sederhana sistem kendali suhu yang dirancang pada sistem AHU ruangan chiller PT. DSS sebagaimana Gambar 6.



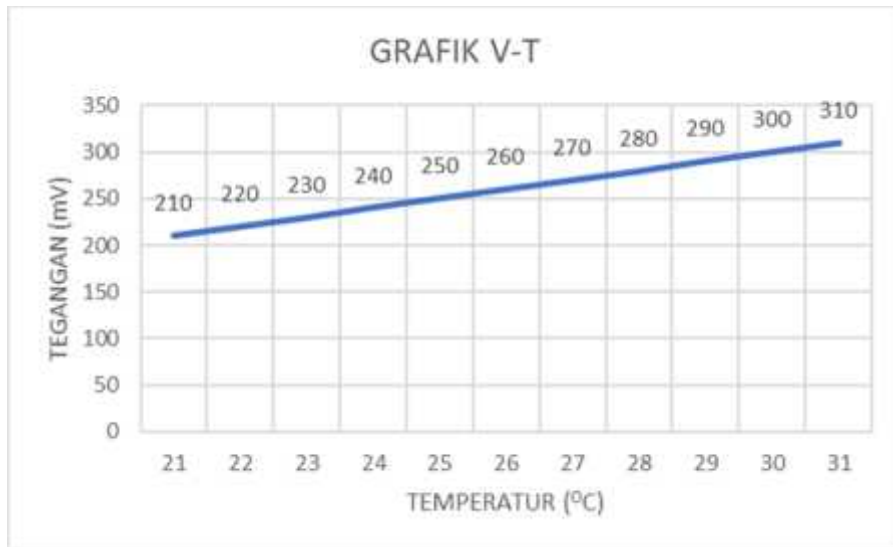
Gambar 6. Rangkaian Keseluruhan Sistem kendali motor fan yang dibuat pada Microsoft Office Visio

Untuk membuat grafik tegangan terhadap suhu maka perlu perhitungan pada sensor suhu LM35 adalah sebagai:

$$V_{out} = 10 \text{ (mV/}^{\circ}\text{C)} \times T \text{ (}^{\circ}\text{C)} \dots\dots\dots T=\text{Suhu, dan } T=25^{\circ}\text{C adalah sample perhitungan}$$

$$V_{out} = 10 \text{ (mV/}^{\circ}\text{C)} \times 25 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

$$V_{out} = 250 \text{ mV.}$$



Gambar 7. Grafik tegangan (mV) terhadap suhu (°C) pada LM35

Pada perhitungan tegangan terhadap suhu di atas menjelaskan bahwa setiap *input* suhu yang diberikan dikonversikan menjadi tegangan. Dengan setiap kenaikan 1°C menghasilkan tegangan keluaran 10mV. Pada perancangan tersebut, suhu yang digunakan sebagai acuan (referensi) adalah 25°C.

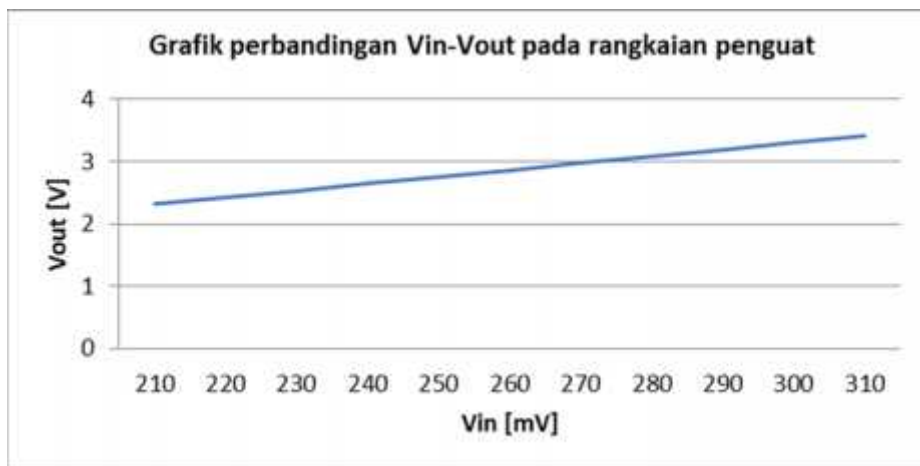
Untuk mengetahui Tegangan penguatan (V_{out}) sebagai penentu grafik perbandingan V_{in} - V_{out} pada rangkaian penguat perlu dilakukan perhitungan adalah sebagai:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{100\Omega}{10\Omega}\right) \times V_{in} \dots\dots\dots V_{in} \text{ didapatkan dari } V_{out} \text{ perhitungan pada sensor LM35. Dan diambil } V_{out} \text{ pada suhu } 25^{\circ}\text{C} \text{ sebagai } \textit{sample} \text{ perhitungan}$$

$$V_{out} = 11 \times 0,25$$

$$= 2.75 \text{ V}$$

Untuk R_2 memakai resistor sebesar 100 dan untuk R_1 memakai resistor sebesar 10 , maka didapatkan perbandingan antara R_2 10x kalinya dari R_1 dan tegangan *output* yang dihasilkan dari rangkaian penguat tersebut memiliki tegangan bersatuan Volt.



Gambar 8. Grafik perbandingan V_{in} - V_{out} pada rangkaian penguat

Pada grafik tegangan terhadap suhu di atas menjelaskan bahwa setiap *input* suhu yang diberikan dikonversikan menjadi tegangan. Dengan setiap kenaikan 1°C menghasilkan tegangan keluaran 10mV. Pada perancangan tersebut, suhu yang digunakan sebagai acuan (referensi) adalah 25 °C.

Tabel 1. Tabel kebenaran kondisi motor *fan*

Suhu (°C)	V_{in} (V)	V_{ref} (V)	Kondisi <i>Fan</i>
21	2.31	2.75	OFF
22	2.42	2.75	OFF
23	2.53	2.75	OFF
24	2.64	2.75	OFF
25	2.75	2.75	ON
26	2.86	2.75	ON
27	2.97	2.75	ON
28	3.08	2.75	ON
29	3.19	2.75	ON
30	3.3	2.75	ON
31	3.41	2.75	ON

Untuk menentukan suhu tertentu yang mana motor *fan* akan *on* atau *off*, maka dilakukan pengaturan pada tegangan referensi (V_{ref}). Pada Tabel 1 hasil perhitungan, menunjukkan bahwa motor *fan* tersebut akan *on* pada suhu 25°C. Untuk mengetahuinya perlu mengatur berapa tegangan referensi (V_{ref}) untuk mengetahui kondisi tersebut.

$$V_{ref} = \left(\frac{55}{55+45} \right) \times 5 \text{ V}$$

$$V_{ref} = 0,05 \times 5 \text{ V}$$

$$V_{ref} = 2,75 \text{ V}$$

Pada perancangan, tegangan referensi diatur dengan besaran 2,75V. Didapatkan bahwa pada suhu 25°C motor *fan* tersebut akan bekerja dan pada suhu 24°C motor *fan* tersebut akan mati. Dimana *setpoint* tersebut berada pada suhu 25°C.

4. SIMPULAN

Simpulan dari hasil penelitian berupa:

- 1) Suhu yang dibaca oleh sensor suhu dikonversikan menjadi tegangan, setiap kenaikan 1°C adalah 10mV. Keluaran tegangan dari sensor LM35 diperkuat oleh rangkaian penguat yaitu *Op-Amp*. Penentuan besar resistor berdasarkan *gain* (perbesaran) yang ditentukan pada *Op-Amp*,
- 2) V_{ref} ditentukan sebagai *setpoint* suhu dengan besaran 2,7 V, dan menentukan kerja atau tidaknya motor *fan* tersebut, dan
- 3) Pada suhu 21-24°C motor *fan* tidak bekerja karena V_{ref} lebih besar daripada V_{in} , dan pada suhu 25-31°C motor *fan* bekerja karena V_{ref} lebih kecil daripada V_{in} .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Bolton, 2006, *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*, Jakarta: Erlangga, p.1.
- [2] Langi, Shendy Irene, 2014, *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, Kipas Angin Otomatis dengan Menggunakan Sensor Suhu, Manado: FT UNSRAT, p.5.
- [3] Ihsan, Muhammad, 2012, *E-Jurnal Pengenalan Sensor Suhu menggunakan LM35DZ dan THERM200*, Bogor: Institut Pertanian Bogor, p.4.

PENGARUH PENCAMPURAN OCTANE BOOSTER DENGAN BAHAN BAKAR PERTALITE TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA SUZUKI SATRIA FU 150CC

Yanda Maesa Pratama¹, Muhammad Dzaki², Agus Sukandi³, Suyitno Gatot⁴

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,
089510336978, ymaesa@gmail.com

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

⁴Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Meningkatnya gas emisi yang dihasilkan kendaraan bermotor menjadi salah satu masalah yang dihadapi saat ini. Untuk mengendalikan peningkatan emisi gas buang salah satunya adalah dengan mencampurkan bahan bakar bensin dengan octane booster. Octane booster adalah zat kimia yang ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam bahan bakar untuk meningkatkan sifat-sifat fungsional dalam bahan bakar. Octane booster berfungsi untuk meningkatkan daya, memperbaiki pembakaran dan mengurangi kadar senyawa kimia yang berbahaya pada emisi gas buang kendaraan bermotor. Beberapa senyawa kimia yang berbahaya diantaranya sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x), karbon oksida (CO_x), hidrokarbon (HC) dan logam berat tertentu (Pb). Metode pengujian pada penelitian ini adalah dengan menggunakan bahan bakar pertalite murni dan dicampurkan octane booster dengan kadar yang berbeda-beda yaitu 8 ml, 10 ml dan 12 ml. parameter yang diukur dalam pengujian ini adalah CO, NO_x dan SO_2 pada kondisi tidak terbebani (idle) dan dengan variasi putaran mesin. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa dengan penambahan octane booster dapat menurunkan kadar CO rata-rata sebanyak 13% untuk 8 ml, 23% untuk 10 ml dan 22% untuk 12 ml. Kemudian untuk kadar NO_x rata-rata dengan penggunaan octane booster 8 ml terjadi peningkatan sebanyak 3%, untuk 10 ml terjadi penurunan sebanyak 16% dan untuk 12 ml sebanyak 5%. Sedangkan untuk kadar SO_2 dengan penambahan octane booster dapat menurunkan sebanyak 25% untuk 8 ml, 34% untuk 10 ml dan 28% untuk 12 ml.

Kata Kunci : Octane booster, Emisi gas buang, Pertalite

Abstract

Increased gas emissions generated by motor vehicles became one of the problems faced today. One way to control the increase of exhaust emissions is by mixing gasoline with octane booster. Octane booster is a chemical that is added in small amounts into a fuel to improve the functional properties in the fuel. The functions of octane booster to increase power are to increase power, improve combustion and reduce the levels of harmful chemical compounds in motor vehicle exhaust emissions. Some harmful chemical compounds include sulfur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x), carbon oxides (CO_x), hydrocarbons (HC) and certain heavy metals (Pb). The method in this research is by using pure pertalite fuel and mixed octane booster with different level that is 8 ml, 10 ml and 12 ml. Parameters measured in this test are CO, NO_x and SO_2 in unencumbered conditions (idle) and with engine rotation variation. From this test the results is obtained that with the addition of octane booster can reduce the average CO level by 13% for 8 ml, 23% for 10 ml and 22% for 12 ml. Then for the average NO_x content with the use of octane booster 8 ml there was an increase of 3%, for 10 ml there was a decrease of 16% and for 12 ml as much as 5%. As for SO_2 levels with the addition of octane booster can decrease as much as 25% for 8 ml, 34% for 10 ml and 28% for 12 ml.

Keywords: Octane booster, Exhaust emissions, Pertalite

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Indonesia merupakan pasar yang sangat potensial bagi penjualan kendaraan bermotor yang mengakibatkan pesatnya pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia. Hal ini disebabkan banyaknya jumlah penduduk di Indonesia dan sifat konsumtif masyarakat yang menjadikan kendaraan bermotor salah satu kebutuhan primer untuk menunjang kegiatan sehari-hari.

Pertumbuhan kendaraan bermotor yang tinggi dapat menjadi salah satu penyokong tingkat pertumbuhan ekonomi, tetapi disisi lain pertumbuhan kendaraan bermotor yang tinggi dapat menimbulkan berbagai dampak lingkungan yang cukup serius seperti kemacetan, polusi suara dan pencemaran udara yang diakibatkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor.

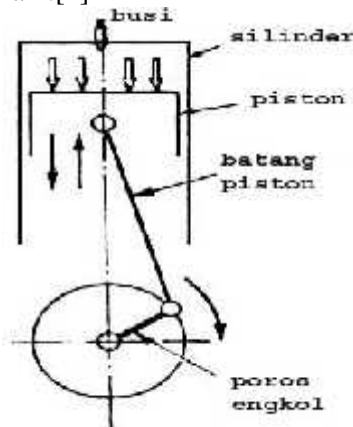
Hal ini merupakan salah satu masalah yang harus dihadapi karena emisi gas buang akan bertambah seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan kendaraan bermotor. Perlu diketahui di dalam emisi gas buang terdapat senyawa kimia yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Beberapa senyawa kimia yang berbahaya diantaranya sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x), karbon oksida (CO_x), hidrokarbon (HC) dan logam berat tertentu (Pb). Oleh karena itu peningkatan emisi gas buang harus segera dikendalikan.

Octane booster adalah zat kimia yang ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam suatu bahan untuk meningkatkan sifat-sifat fungsional dalam bahan bakar. *Octane booster* ini berfungsi untuk meningkatkan daya, memperbaiki pembakaran dan mengurangi kadar senyawa kimia yang berbahaya pada emisi gas buang kendaraan bermotor. Oleh karena itu penulis ingin membuktikan pengaruh pencampuran *octane booster* pada bahan bakar bensin terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

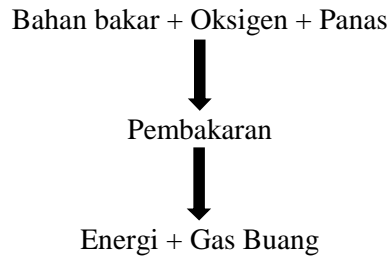
1. Untuk mengetahui kadar emisi gas buang yang dihasilkan pada bahan bakar pertalite murni dan dengan menggunakan *octane booster* pada kondisi idle.
2. Untuk mengetahui kadar emisi gas buang yang dihasilkan pada bahan bakar pertalite murni dan dengan menggunakan *octane booster* terhadap variasi putaran mesin.
3. Untuk mengetahui kadar emisi gas buang yang dihasilkan pada bahan bakar pertalite murni dengan variasi campuran *octane booster* 8 ml, 10 ml dan 12 ml.

Pada motor bakar, bahan bakar diberi energi aktifasi untuk memperoleh energi panas. Perubahan atau konversi dari energi panas kedalam bentuk energi mekanik (gerak) akan dijelaskan dengan gambar berikut. Pada gambar 1 campuran udara dan bahan bakar dihisap kedalam silinder, dimampatkan dengan torak, diberi energi aktifasi untuk memperoleh energi panas. Tekanan yang ditimbulkan oleh energi panas tersebut akan mendorong torak untuk bergerak turun naik.[1]



Gambar 1. Kerja periodik dalam silinder

Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang bereaksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas, jika salah satu komponen tersebut tidak ada maka tidak akan timbul reaksi pembakaran.



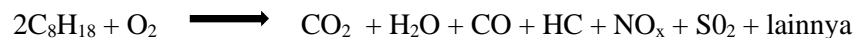
Gambaran di atas merupakan reaksi pembakaran sempurna, dimana diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1.

Persamaan reaksi pembakaran sempurna adalah sebagai berikut :



Dimana C_8H_{18} (bensin) adalah bahan bakar yang digunakan, kemudian oksigen (O_2) dari udara. Setelah pembakaran berlangsung maka terbentuk yang namanya gas buang yaitu karbondioksida (CO_2) yang lepas ke udara dan air (H_2O).[2]

Pembakaran sempurna hanya terjadi pada laboratorium tetapi pada prakteknya sulit sekali mencapai kondisi pembakaran sempurna, sehingga reaksi pembakaran menjadi sebagai berikut :



Dari sisa pembakaran diatas dihasilkan berupa gas dan partikel. Emisi berupa gas terdiri dari CO , CO_2 , HC , NO_x dan SO_x . Sedang untuk partikel terdiri dari timbal(Pb), seng(Zn), cadmium (Cd), dan Nikel (Ni).[3]

Bahaya gas buang kendaraan bermotor terhadap kesehatan tergantung dari toksitas (daya racun) masing-masing senyawa. Berdasarkan sifat kimia dan perilakunya di lingkungan, dampak bahan pencemar yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor digolongkan sebagai berikut :

1. Bahan-bahan pencemar yang terutama mengganggu saluran pernafasan. yang termasuk dalam golongan ini adalah oksida sulfur, partikulat, oksida nitrogen, ozon dan oksida lainnya.
2. Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik, seperti hidrokarbon monoksida dan timbel/timah hitam.
3. Bahan-bahan pencemar yang dicurigai menimbulkan kanker seperti hidrokarbon.
4. Kondisi yang mengganggu kenyamanan seperti kebisingan, debu jalanan, dll.

Dampak masing-masing senyawa di dalam gas buang terhadap kesehatan adalah sebagai berikut :

1. CO (Karbon Monoksida) dapat mengurangi jumlah oksigen dalam darah, sehingga bisa mengganggu cara berfikir, penurunan refleks dan gangguan jantung, dan apabila terkonsumsi dalam jumlah besar akan mengakibatkan kematian.
2. SO_x (Oksida Belerang) dapat menimbulkan efek iritasi pada saluran nafas, sehingga menimbulkan batuk sampai sesak nafas, meningkatkan kasus asma.
3. NO_x (Oksida Nitrogen) bisa menimbulkan gangguan jaringan paru-paru seperti melemahkan sistem pertahanan paru-paru, asma, infeksi saluran nafas.[4]

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian langsung dan analisis. Objek yang akan diteliti pada penelitian ini adalah kendaraan roda dua bermesin bensin merk Suzuki Satria FU 150 cc. Kandungan gas emisi yang akan dikaji adalah karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO_x). Penelitian ini menggunakan alat uji yang bermerek MRU AUTO 2000.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Gas analyzer*
2. Kendaraan bermotor Suzuki Satria FU
3. Gelas ukur 1 L
4. Gelas ukur 10 ml dan 25 ml
5. Tachometer
6. *Octane booster*

Prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan kendaraan uji
Persiapan kendaraan uji meliputi:
 - a. Kendaraan yang akan diuji harus ditempatkan pada permukaan yang datar.
 - b. Pastikan pipa pembuangan (knalpot) tidak ada kebocoran.
 - c. Kosongkan tangki kendaraan agar tidak ada bahan bakar yang tercampur
 - d. Lakukan *electric stater* maupun *kick stater* untuk memastikan bahwa bahan bakar didalam kendaraan uji telah habis.
 - e. Lakukan pemanasan mesin untuk mencapai suhu optimal yang dibutuhkan mesin ± 5 menit.
 - f. Kondisi temperature tempat kerja pada suhu 25°C sampai dengan 35°C
2. Persiapan peralatan
Persiapan alat ukur gas meliputi:
 - a. Hidupkan sesuai dengan prosedur pengoperasian.
 - b. Diamkan sejenak untuk alat tersebut mengkalibrasi.
3. Pengukuran
Pengukuran kadar gas CO, NO_x dan SO₂ meliputi:
 - a. Siapkan kendaraan uji terlebih dahulu.
 - b. Siapkan alat ukur gas.
 - c. Nyalakan mesin sepeda motor pada posisi transmisi netral dengan putaran mesin langsam/idle tanpa pembebanan.
 - d. Masukkan probe alat uji ke pipa gas buang (knalpot) dengan kedalaman ± 5 cm.
 - e. Tunggu hingga 10-15 detik untuk alat dapat menghitung kadar emisi gas buang.
 - f. Lakukan pengambilan data kadar emisi gas buang gas CO, NO_x dan SO₂ dalam satuan ppm yang terukur pada alat uji.
 - g. Lakukan pengukuran dan pengambilan data pada putaran mesin 2000, 4000 dan 6000 rpm.
 - h. Kuras tangki dan lakukan pergantian bahan bakar dengan bahan bakar pertalite yang telah dicampurkan dengan *octane booster* dengan kadar 8ml, 10ml dan 12ml.
 - i. Lakukan pengukuran dan pengambilan data untuk bahan bakar yang telah diganti.

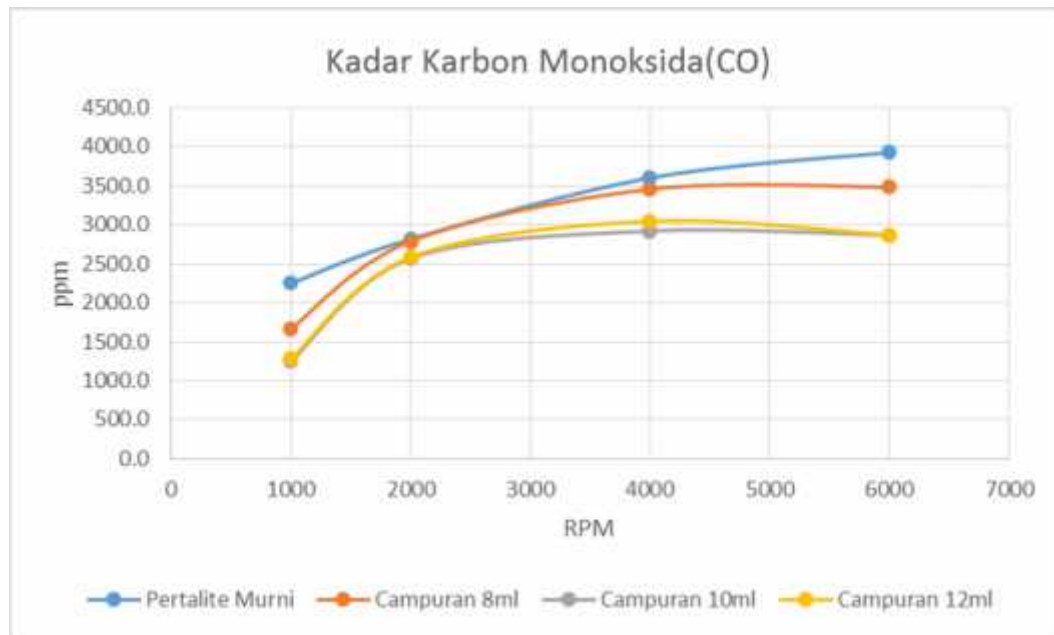
Setelah selesai dilakukan pengujian dan pengambilan data maka akan dianalisis perbandingan data yang telah diambil dengan menggunakan bahan bakar pertalite murni dan bahan bakar pertalite yang telah dicampurkan *octane booster* dengan kadar 8 ml, 10 ml dan 12 ml.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Senyawa yang akan dibahas didalam emisi gas buang kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida(CO), nitrogen oksida(NO_x) dan Sulfur oksida(SO₂). Data hasil pengukuran kadar emisi gas buang kendaraan bermotor adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kadar karbon monoksida(CO) dalam emisi gas buang

RPM	Percobaan	Kadar CO (ppm)			
		Pertalite	Campuran pertalite dengan octane booster		
			8 ml	10 ml	12 ml
1000	1	1839	1743	1185	1551
	2	2377	1487	1257	1136
	3	2528	1765	1296	1169
	Rata-rata	2248	1665	1246	1285.3
2000	1	2908	2767	2397	2560
	2	2823	2807	2833	2520
	3	2713	2789	2469	2672
	Rata-rata	2815.7	2788.7	2566.3	2584
4000	1	3623	3303	2903	3141
	2	3748	3537	3178	3292
	3	3425	3523	2674	2700
	Rata-rata	3598.7	3454.3	2918.3	3044.3
6000	1	3771	3695	2997	2694
	2	3963	3168	2798	2815
	3	4042	3582	2796	3096
	Rata-rata	3925.3	3481.7	2863.7	2868.3

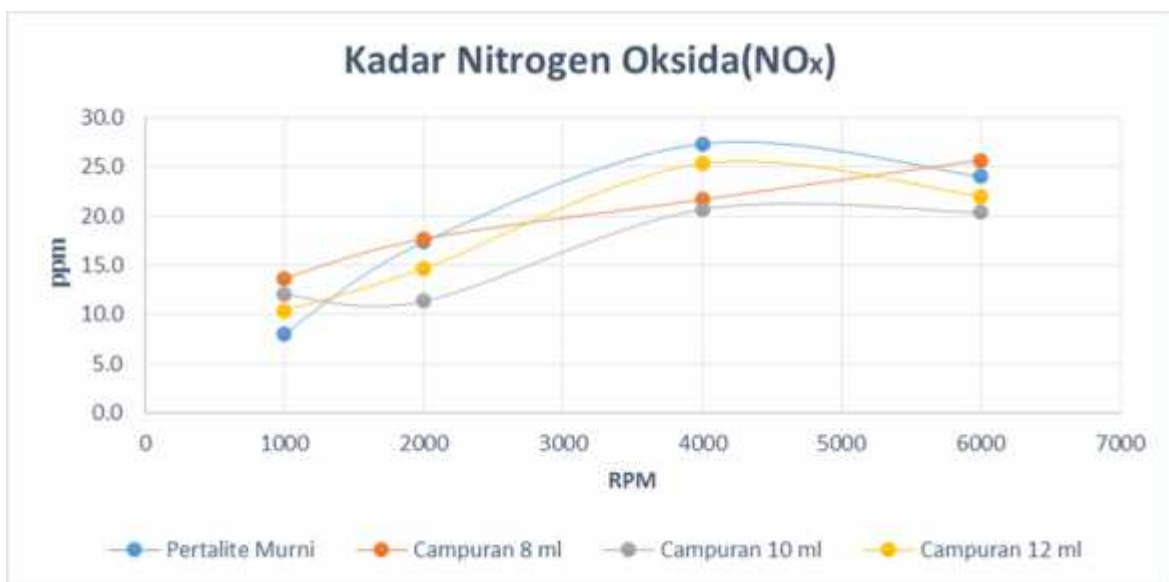


Grafik 1. Grafik kadar Karbon monoksida(CO) terhadap putaran

Dari data hasil pengujian yang dilakukan menggunakan alat uji *gas analyzer* didapatkan bahwa dengan bahan bakar pertalite murni memiliki kadar CO rata-rata adalah 3146,7 ppm. Pada campuran 8 ml terjadi penurunan kadar CO rata-rata sebesar 13%, Pada Campuran 10 ml terjadi penurunan kadar CO rata-rata sebesar 23% dan pada campuran 12 ml terjadi penurunan kadar CO rata-rata sebesar 22%. Kadar CO terendah terjadi pada kondisi langsam/idle dengan menggunakan bahan bakar pertalite campuran *octane booster* 12 ml yaitu 1136 ppm sedangkan kadar CO tertinggi terjadi pada 6000 rpm dengan menggunakan bahan bakar pertalite murni yaitu sebesar 4042 ppm. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penggunaan pertalite dengan campuran *octane booster* 8 ml dapat menurunkan emisi gas buang CO pada kondisi idle/langsam cukup signifikan tetapi terjadi kenaikan pada 2000 rpm hingga mendekati dengan grafik pertalite murni kemudian pada kondisi 4000 rpm emisi gas buang CO dengan bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 8 ml mengalami penurunan sebesar 4% sedangkan pada 6000 rpm terjadi penurunan sebesar 11%. Untuk bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 10 ml dapat menurunkan emisi gas buang CO pada kondisi idle/langsam sebesar 44%, untuk 2000 rpm dapat menurunkan sebesar 9%, untuk 4000 rpm dapat menurunkan sebesar 19% dan untuk 6000 rpm dapat menurunkan sebesar 27%. Untuk bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 12 ml dapat menurunkan emisi gas buang CO pada kondisi idle/langsam sebesar 43%, untuk 2000 rpm dapat menurunkan sebesar 9%, untuk 4000 rpm dapat menurunkan sebesar 19% dan untuk 6000 rpm dapat menurunkan sebesar 27%. Adanya intersep pada campuran 10 ml dan 12 ml disebabkan oleh penambahan *octane booster*, campuran 10 ml merupakan titik optimal pada percobaan ini dan sebagai standar ukur maksimal untuk penggunaan *octane booster* dari produsen.

Tabel 2. Kadar Nitrogen Oksida(NO_x) dalam emisi gas buang

RPM	Percobaan	Kadar NO _x (ppm)			
		Campuran pertalite dengan octane booster			
		Pertalite	8 ml	10 ml	12 ml
1000	1	7	9	17	14
	2	9	12	10	4
	3	8	20	9	13
	Rata-rata	8.0	13.7	12.0	10.3
2000	1	12	21	8	8
	2	20	25	19	15
	3	20	7	7	21
	Rata-rata	17.3	17.7	11.3	14.7
4000	1	30	25	15	30
	2	28	17	24	23
	3	24	23	23	23
	Rata-rata	27.3	21.7	20.7	25.3
6000	1	23	22	13	27
	2	24	27	21	21
	3	25	28	27	18
	Rata-rata	24.0	25.7	20.3	22.0



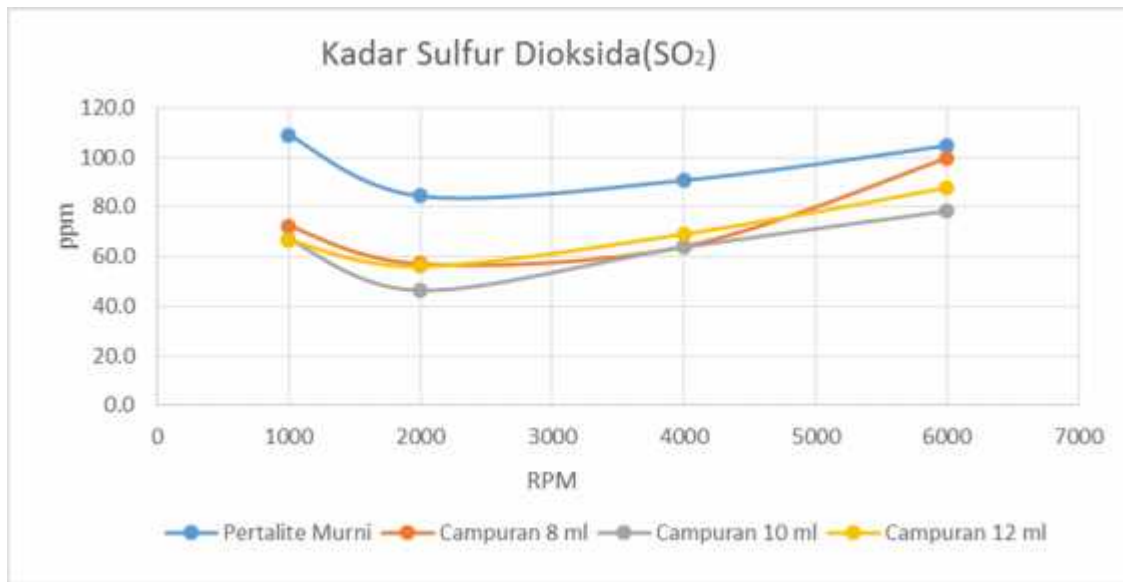
Grafik 2. Grafik hasil uji kadar Nitrogen Oksida(NO_x) terhadap putaran

Dari data hasil pengujian yang dilakukan menggunakan alat uji *gas analyzer* didapatkan bahwa dengan bahan bakar pertalite murni memiliki kadar NO_x rata-rata adalah 19,15 ppm. Pada campuran 8 ml terjadi kenaikan

kadar NO_x rata-rata sebesar 3%, Pada Campuran 10 ml terjadi penurunan kadar NO_x rata-rata sebesar 16% dan pada campuran 12 ml terjadi penurunan kadar NO_x rata-rata sebesar 5% .NO_x terendah terjadi pada kondisi langsam/idle dengan menggunakan bahan bakar pertalite campuran *octane booster* 12 ml yaitu 4 ppm sedangkan kadar NO_x tertinggi terjadi pada 4000 rpm dengan menggunakan bahan bakar pertalite murni yaitu sebesar 30 ppm. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penggunaan pertalite murni jika dibandingkan dengan campuran *octane booster* justru dapat meningkatkan emisi gas buang NO_x pada kondisi idle/langsam dibandingkan dengan pertalite murni tetapi terjadi kenaikan pada 2000 rpm yang cukup signifikan murni kemudian pada kondisi 4000 rpm emisi gas buang NO_x mengalami kenaikan puncak maksimum yang kemudian terjadi penurunan pada 6000 rpm. Untuk penggunaan bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 8 ml pada kondisi idle/langsam mengalami kenaikan sebesar 41%. Untuk 2000 rpm mengalami kenaikan sebesar 2%. Untuk 4000 rpm terjadi penurunan sebesar 21%. Untuk 6000 rpm terjadi kenaikan sebesar 6%. Untuk bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 10 ml terjadi kenaikan emisi gas buang NO_x pada kondisi idle/langsam sebesar 33%, untuk 2000 rpm mengalami penurunan sebesar 35%, untuk 4000 rpm terjadi kenaikan sebesar 24% dan untuk 6000 rpm mengalami penurunan sebesar 15%. Untuk bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 12 ml dapat menurunkan emisi gas buang CO pada kondisi idle/langsam sebesar 23%, untuk 2000 rpm mengalami penurunan sebesar 15%, untuk 4000 rpm mengalami penurunan sebesar 7% dan untuk 6000 rpm mengalami penurunan sebesar 8%.

Tabel 3. Kadar Sulfur Dioksida(SO₂) dalam emisi gas buang

RPM	Percobaan	Kadar SO ₂ (ppm)			
		Campuran pertalite dengan octane booster			
		Pertalite	8 ml	10 ml	12 ml
1000	1	115	49	64	51
	2	91	91	87	89
	3	121	77	50	60
	Rata-rata	109.0	72.3	67.0	66.7
2000	1	93	52	45	60
	2	84	68	49	44
	3	76	51	45	64
	Rata-rata	84.3	57.0	46.3	56.0
4000	1	78	69	68	67
	2	104	46	67	77
	3	90	77	56	63
	Rata-rata	90.7	64.0	63.7	69.0
6000	1	101	108	81	79
	2	99	89	72	92
	3	114	102	82	92
	Rata-rata	104.7	99.7	78.3	87.7



Grafik 3. Grafik kadar Sulfur Dioksida(SO₂) dengan putaran

Dari data hasil pengujian yang dilakukan menggunakan alat uji gas analyzer didapatkan bahwa dengan bahan bakar pertalite murni memiliki kadar SO₂ rata-rata adalah 97,175 ppm. Pada campuran 8 ml terjadi penurunan kadar SO₂ rata-rata sebesar 25%, Pada Campuran 10 ml terjadi penurunan kadar SO₂ rata-rata sebesar 34% dan pada campuran 12 ml terjadi penurunan kadar SO₂ rata-rata sebesar 28%. Kadar SO₂ terendah terjadi pada 2000 rpm dengan menggunakan bahan bakar pertalite campuran *octane booster* 12 ml yaitu 44 ppm sedangkan kadar SO₂ tertinggi terjadi pada kondisi langsam/idle dengan menggunakan bahan bakar pertalite murni yaitu sebesar 121 ppm. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penggunaan pertalite murni jika dibandingkan dengan campuran *octane booster* dapat menurunkan emisi gas buang SO₂. Pada kondisi Idle/langsam untuk penggunaan bahan bakar pertalite murni maupun dengan campuran *octane booster* lebih tinggi daripada emisi yang dihasilkan pada 2000 rpm tetapi selanjutnya terjadi peningkatan kadar SO₂ secara linear untuk 4000 rpm dan 6000 rpm, Untuk penggunaan bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 8 ml pada kondisi idle/langsam mengalami penurunan sebesar 34%. Untuk 2000 rpm mengalami kenaikan sebesar 32%. Untuk 4000 rpm terjadi penurunan sebesar 29%. Untuk 6000 rpm terjadi kenaikan sebesar 5%. Untuk bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 10 ml terjadi penurunan emisi gas buang NO_x pada kondisi idle/langsam sebesar 39%, untuk 2000 rpm mengalami penurunan sebesar 45%, untuk 4000 rpm terjadi kenaikan sebesar 30% dan untuk 6000 rpm mengalami penurunan sebesar 25%. Untuk bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* 12 ml dapat menurunkan emisi gas buang CO pada kondisi idle/langsam sebesar 39%, untuk 2000 rpm mengalami penurunan sebesar 34%, untuk 4000 rpm mengalami penurunan sebesar 24% dan untuk 6000 rpm mengalami penurunan sebesar 16%. Terjadinya intersep pada campuran 10 ml dan 12 ml pada 1000 rpm relatif sama, namun untuk putaran yang lebih tinggi campuran 10 ml menghasilkan gas SO₂ yang lebih kecil dibandingkan dengan campuran 12 ml.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data setelah dilakukan penelitian adalah terjadi penurunan kadar emisi gas buang kendaraan bermotor yang meliputi karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO_x) dengan penggunaan pertalite murni dan dicampurkan *octane booster* 8 ml, 10 ml dan 12 ml maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan hasil pengujian kadar emisi gas buang yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar jenis pertalite tanpa menggunakan *octane booster* antara lain kadar CO rata-rata sebesar 3146,675 ppm, kadar NO_x sebesar 19,15 ppm dan kadar SO₂ sebesar 97,175 ppm.
2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan untuk penggunaan bahan bakar pertalite dengan campuran *octane booster* diperoleh kadar emisi gas buang sebagai berikut:
 - a. Pada penggunaan pertalite dengan campuran *octane booster* 8 ml terjadi penurunan kadar CO sebesar 583 ppm, kadar NO_x mengalami kenaikan sebesar 5,7 ppm dan kadar SO₂ mengalami penurunan sebesar 36,7 ppm.
 - b. Pada penggunaan pertalite dengan campuran *octane booster* 10 ml terjadi penurunan kadar CO sebesar 1002 ppm, kadar NO_x mengalami kenaikan sebesar 4 ppm dan kadar SO₂ mengalami penurunan sebesar 42 ppm.
 - c. Pada penggunaan pertalite dengan campuran *octane booster* 12 ml terjadi penurunan kadar CO sebesar 962,7 ppm, kadar NO_x mengalami kenaikan sebesar 2,3 ppm dan kadar SO₂ mengalami penurunan sebesar 42,3 ppm.
3. Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan penggunaan *octane booster* yang paling berdampak adalah dengan kadar 10 ml untuk 1 liter pertalite, dikarenakan 10 ml merupakan titik optimum sedangkan pada 8 ml memiliki pengaruh yang lebih kecil. Namun untuk 12 ml memiliki pengaruh yang setara dengan 10 ml tetapi terjadi peningkatan kadar emisi lebih banyak.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arens, BPM dan Berenschot, H, “*Motor bensin*”. Bandung: Erlangga; 1992.
- [2] Syahrani, Awal. “*Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi*”. Palu: Universitas Tadulako.
- [3] Maymuchar. “*Penelitian Pemanfaatan LPG Sebagai Bahan Bakar Sepeda Motor*”. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi LEMIGAS.
- [4] Winarno, Joko. “*Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan*”. Yogyakarta: Universitas Janabadra; 2014.

SMART AUTOMOTIVE AC (SMAC) BERBASIS DUAL DRIVER DENGAN EFISIENSI TINGGI

Aulia Rahman Hanifan

Mahasiswa Konsentrasi Teknik Perawatan Mekanikal dan Rotating, 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

auliarahman80@gmail.com

Abstrak

Teknologi pendingin ruangan (AC) menjadi kebutuhan di mobil saat ini. Perusahaan-perusahaan teknologi berlomba-lomba untuk membuat AC mobil dengan se-efisien mungkin. Dampak pendingin pada AC mobil pun saat ini menjadi salah satu permasalahan yang fokus dibahas di dunia internasional. Meskipun hanya menyumbang jumlah yang sedikit pada overall global warming, namun seiring dengan bertambahnya mobil, bisa menyebabkan dampak yang lebih parah. Oleh karena itu, terciptalah gagasan mengenai suatu pendingin mobil yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Gagasan AC mobil yang akan dibuat memiliki keunggulan: bahan pendingin menggunakan *hydrofluoroolefin base* yang ramah lingkungan karena memiliki *global warming potential (GWP)* rating sangat rendah serta tidak merusak ozon, hemat energi, dan memiliki driver ganda. Sistem driver ganda membuat beban pada mobil lebih ringan pada putaran tertentu. Dengan menggunakan turbocharger yang disambung pada kompresor, maka kompresor bisa berjalani putaran tinggi tanpa menggunakan daya dari poros mesin.

Kata Kunci : AC, pendingin, refrigerasi, *turbocharger*, ramah lingkungan

Abstract

Air conditioning (AC) technology currently becomes a need in the car. Technology companies compete each other to make automotive AC as efficient as possible. The effects of refrigerant currently become a focus topic in international world. Eventough contribute a very little amount on overall global warming, but as the car increases, the effect will be more serious. Therefore, the idea about automotive AC that has environmentally-friendly refrigerant and has higher efficiency is created. That automotive AC has some advantages: using hydrofluoroolefin base refrigerant that is very environmentally-friendly because has very low global warming potential (GWP) rating and doesn't destruct the ozone layer, very efficient, and has dual driver. Dual driver system make the load on the car's engine become more light in certain rotation. By using turbocharger that is coupled to AC compressor, so the compressor can run in high rotation without using load from engine shaft.

Keyword: AC, refrigerant, refrigeration, turbocharger, environmentally friendly

I. LATAR BELAKANG DAN TUJUAN

Global warming adalah suatu masalah yang sudah terjadi sejak lama dan masih terus terjadi. Salah satu dampak yang dirasakan secara langsung adalah suhu pada permukaan wilayah Indonesia yang terus naik sejak tahun 1950 – 2100 ^[1]. Teknologi AC pun dirasa menjadi kebutuhan primer bagi sebagian instansi maupun individu, tak terkecuali mobil. Meskipun hanya menyumbang sekitar 0,14% dari dampak *global warming*, namun dengan seiring bertambahnya jumlah mobil, bisa menimbulkan efek yang lebih besar ^[2]. Bahkan jumlah penjualan mobil 5 tahun mendatang diprediksi sampai 2 juta, dengan pertumbuhan 10-15% tiap tahun ^[3].

Jumlah cadangan minyak di dunia semakin hari semakin berkurang, bahkan diprediksi 55 tahun lagi akan habis atau bisa lebih cepat lagi ^[4]. AC pada mobil pun secara tidak langsung berjalan dengan menggunakan energi dari minyak yang sudah terkonversi menjadi energi mekanis yang dihasilkan mesin. AC pun mempengaruhi performa mobil karena menggunakan daya dari *engine shaft* sehingga kecepatan putar terkonversi untuk menjalankan sistem AC. Oleh karena itu, perlu dibuat gagasan mengenai AC mobil yang efisien, hemat energi, serta dapat berjalan dengan baik dengan mengurangi porsi konsumsi daya dari *engine shaft* sehingga mobil bisa melaju lebih kencang.

Dari rumusan di atas, kami membuat gagasan tentang *Smart Automotive AC* dengan mengganti pendingin yang lebih ramah lingkungan, dan menambah *driver* berupa *turbocharger* agar tidak membebani kerja *shaft engine* sehingga putaran *shaft* tidak berkurang dan mobil berjalan lebih cepat serta dapat memanfaatkan

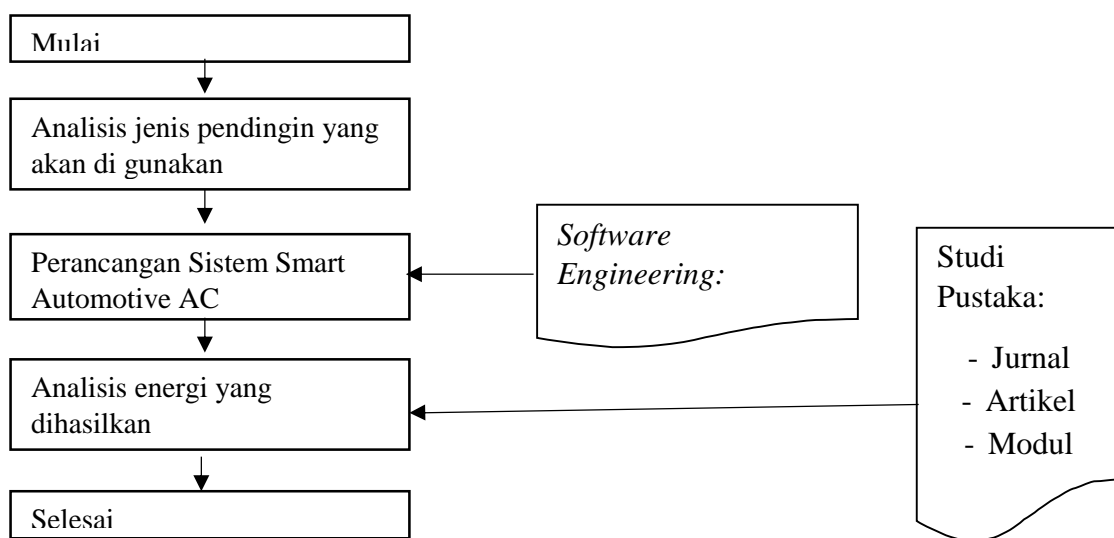
energi sisa dari hasil gas buang yang masih panas. Tidak hanya itu, *Smart Automotive AC* juga menggunakan *turbo expander* untuk menambah efisiensi. Dengan adanya *turbo expander* kebutuhan beban dari *shaft* ataupun *turbocharger* bisa dikurangi sehingga mobil bisa dengan lebih cepat..

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah pengumpulan data berupa *physical properties* dari jenis *refrigerant* R-12 dan R-1234yf serta data *pressure-enthalpy diagram refrigerant* yang dipilih yang dilanjutkan dengan analisis *effect of refrigeration* dari sistem menggunakan *turbocharger* maupun *Joule-Thomson valve*.

2.1 Diagram Alir

Diagram alir adalah suatu metode untuk menggambarkan tahap-tahap pemecahan masalah dengan mempresentasikan simbol-simbol tertentu yang mudah dimengerti^[5]. Diagram alir proses pembuatan sistem *Smart Automotive AC* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

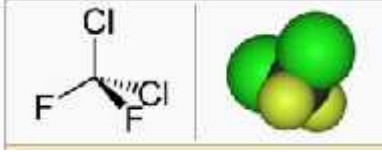
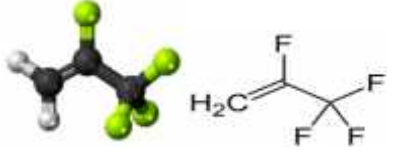
2.2. Analisis Jenis Refrigerant dan Sistem AC

Dalam pembuatan sistem *Smart Automotive AC* diperlukan analisis mengenai jenis pendingin yang akan digunakan. Jenis pendingin yang dipilih harus ramah lingkungan dan bisa didapatkan. Sedangkan, sistem AC-nya sendiri hampir sama dengan AC konvensional, hanya saja penggunaan *JT valve* digantikan dengan *turbo expander* dan penambahan *turbocharger* sebagai penggerak.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat AC menjadi *booming*, penggunaan AC untuk berbagai macam kebutuhan dengan menggunakan pendingin yang dapat menipiskan ozon yaitu CFC. Sehingga CFC sebagai pendingin mulai diganti sebagai upaya penanganan efek rumah kaca yang telah diatur di dalam peraturan-peraturan di setiap negara di dunia. Bahan CFC diganti dengan pendingin yang lebih ramah lingkungan yaitu yang tidak merusak ozon sekaligus memiliki *global warming potential (GWP) rating* yang rendah yang salah satunya dengan menggunakan *hydrofluoroolefin (HFO) base refrigerant*. Untuk membandingkan antara konvensional *refrigerant* dengan *HFO base refrigerant* dapat dilihat pada tabel berikut :

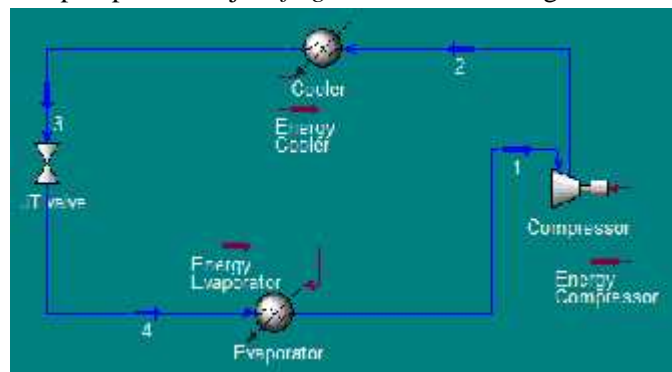
Tabel 1. Perbandingan antara Freon^[6] dan Hydrofluoroolefin base^[7]

NO	URAIAN	FREON	HYDROCARBON BASE
1.	Nama Senyawa	R-12, <i>Dichlorodifluoromethane</i>	R-1234yf, 2,3,3,3-Tetrafluoropropene
2.	Rumus Kimia	CCl_2F_2	$\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_4$
3.	Bentuk Senyawa		
4.	Ozon Depletion Potential	0.820	0
5.	Global Warming Potential	10680	4
6.	Berat Molekul (g/mol)	120.91	114
7.	Titik Didih (°C)	-29.8	-29.45
8.	Bahaya	Merusak Lapisan Ozon	<i>Flammable</i>

R-1234yf adalah *refrigerant* berbahan HFO. *Refrigerant* ini cocok untuk berbagai macam pendinginan, khususnya pada AC mobil. *Refrigerant* ini memiliki potensi deplesi ozon bernilai nol, serta hampir tidak menyebabkan *global warming*, tidak beracun, namun mudah terbakar. Pada praktiknya R-1234yf tidak terbakar pada kondisi AC kendaraan sehingga aman untuk digunakan pada AC mobil.

3.2. Prinsip dan Cara Kerja Pendingin Ruangan

Dalam lingkup komponen sistem refrigerasi secara umum kita menggunakan *compressor*, *cooler/condenser*, *expansion valve* dan *evaporator*. Adapun proses kerja *refrigerator* adalah sebagai berikut :

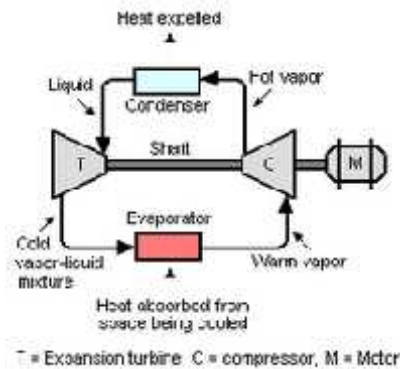


Gambar 2. Siklus Refrigerasi

-) *Stream 1* : *Refrigerant* keluaran *evaporator* pada fasa *vapour* akan masuk ke dalam *compressor*.
-) *Compressor* : Alat untuk menaikkan tekanan *refrigerant*. Sehingga tekanan keluaran *compressor* lebih tinggi dan temperature keluarannya juga naik.
-) *Stream 2* : *Refrigerant* yang bertekanan lebih tinggi dan bertemperature lebih tinggi dari sebelumnya menuju *condenser*.
-) *Cooler/Condenser* : Alat untuk mendinginkan *refrigerant* panas keluaran *compressor* dan mengkondensasikanya sehingga fasanya berubah dari *vapour* menjadi *liquid*.
-) *Stream 3* : Keluaran *condenser* adalah *liquid refrigerant* yang dingin.
-) *JT valve* : Berfungsi untuk menurunkan tekanan *refrigerant* keluaran *condenser*. Menggunakan konsep *Joule Thompson Cooling* yaitu menurunkan temperature dengan cara menurunkan tekanan.
-) *Stream 4* : Keluaran *condenser* merupakan *refrigerant* dengan campuran fasa *liquid-vapor* dan temperature yang dingin.

J) *Evaporator* : Unit untuk mentransfer panas lingkungan dengan menggunakan panas laten *refrigerant* yang dingin sehingga dihasilkan udara lingkungan yang lebih dingin. Sedangkan pada sisi *refrigerant*-nya akan berubah fasa menjadi *vapour*.

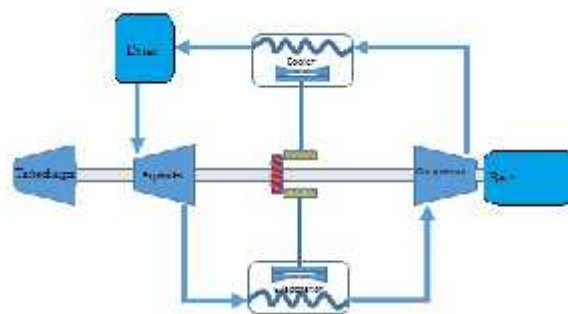
Dalam penerapannya nanti, *JT valve* dapat digantikan dengan *turbo expander*, yaitu alat berupa turbin sebagai penurun tekanan. Penggunaan *turbo expander* ini berbeda dengan *JT valve* karena *turbo expander* akan menghasilkan kerja yang dalam bentuk rotasi. Rotasi ini nantinya dapat dimanfaatkan untuk memutar *fan* pada *condenser* dan *evaporator*, bahkan bisa membantu meringankan kerja *compressor* dengan cara menghubungkan shaftnya.



Gambar 3. Skema Diagram dari Sistem Refrigerasi dengan *Turbo Expander*

Liquid refrigerant akan melewati *turbo expander* dan menghasilkan *low temperature vapour* dan *liquid*. Campuran *vapour-liquid* ini nantinya yang akan digunakan *evaporator* dan akan terevaporasi dengan kalor yang diserap dari ruangan yang ingin didinginkan. Kelebihan dari *turbo expander* adalah menghasilkan lebih banyak energi untuk menukar panas apabila dibandingkan dengan penggunaan *JT valve* karena proses penurunan *pressure* dari *turbo expander* berlangsung secara isentropik.^[8]

3.3 Skema Desain Sistem *Smart Automotive AC*



Gambar 4. Desain *Smart Automotive AC*

Compressor akan digerakkan menggunakan *belt* yang tersambung dengan *shaft engine*. Lalu, saat AC dinyalakan maka fluida akan terkompres dan masuk ke cooler, drier, dan akan terekspansi di *turbo expander*. Pada saat fluida masuk ke *turbo expander* maka akan memutar *shaft* ke kompresor sehingga kerja kompresor menjadi ringan dan pada akhirnya beban *shaft engine* yang terhubung dengan *belt* menjadi ringan juga. Pada *shaft* yang berputar dipasang *gear* untuk memutar fan pada *evaporator* maupun *cooler*. Pada saat mesin baru menyala, maka yang digunakan untuk memutar adalah *belt*. Namun dengan seiring berjalannya mobil dan gas buang dari pembakaran di mesin *flow*-nya semakin besar, maka sistem AC dapat digerakkan dengan menggunakan *turbocharger* yang disambung dengan *shaft*.

3.4 Mekanisme *Dual Driver*

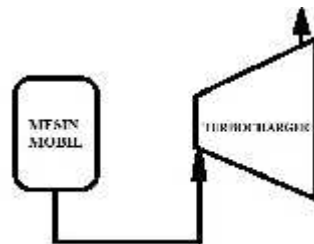
Pada dasarnya sistem AC mobil konvensional hanya menggunakan *belt* sebagai penggerak utama kompresor AC. Karena menggunakan *belt* sebagai penggerak maka tentu ini akan mempengaruhi kecepatan putar *shaft engine* dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = T \cdot \omega \quad [\text{Persamaan 1}]$$

Sehingga dengan daya yang sama maka kecepatan putar menjadi berkurang apabila momen torsi bertambah akibat digunakan untuk memutar kompresor AC.

Namun, pada *Smart Automotive AC* penggerakannya tidak hanya dari *belt* namun juga dari *turbocharger*. Sehingga daya dari *shaft engine* dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan dengan adanya putaran dari *turbocharger*.

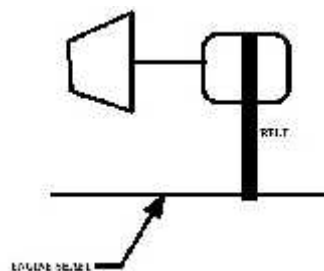
Turbocharger



Gambar 5. Mekanisme *Turbocharger*

Pada prinsipnya *turbocharger* adalah turbin yang berputar dari sisa hasil gas buang pembakaran. Gas buang mesin mobil memiliki panas 1050°C sehingga energi tersebut dapat digunakan untuk memutar *turbocharger* sehingga dapat memutar kompresor *Smart Automotive AC*.

Belt



Gambar 6. Mekanisme *Belt*

Pada prinsipnya *belt* hanya sebagai alat untuk mentransmisikan daya dari *engine shaft*. Sehingga kompresor berputar akibat menggunakan daya dari *engine shaft*.

3.5 Analisis Perbandingan *Turbo Expander* dengan *Joule-Thomson Valve*

Analisis untuk membandingkan efisiensi *turbo expander* dengan *Joule-Thomson valve* menggunakan *Pressure-Enthalpy diagram* masing-masing tipe *pressure-drop*.

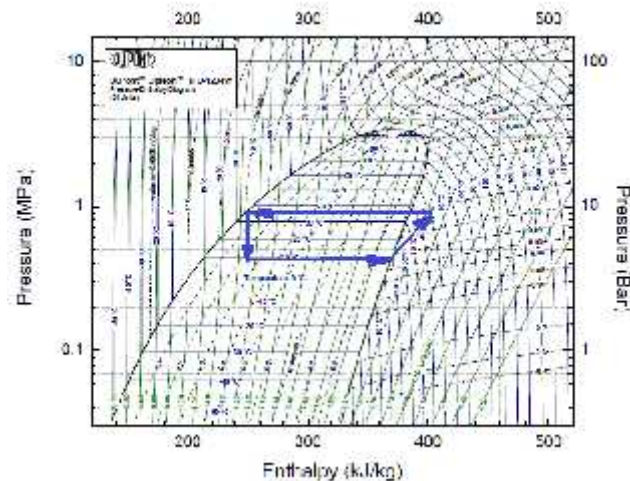
Asumsi untuk *refrigerant* dibuat seperti ini:

Suhu *refrigerant* di evaporator = 10°C (*saturated vapor*)

Suhu *refrigerant* di condenser = 35°C (*saturated liquid*)

Condenser menggunakan udara ruangan (30°C) untuk *transfer* panas

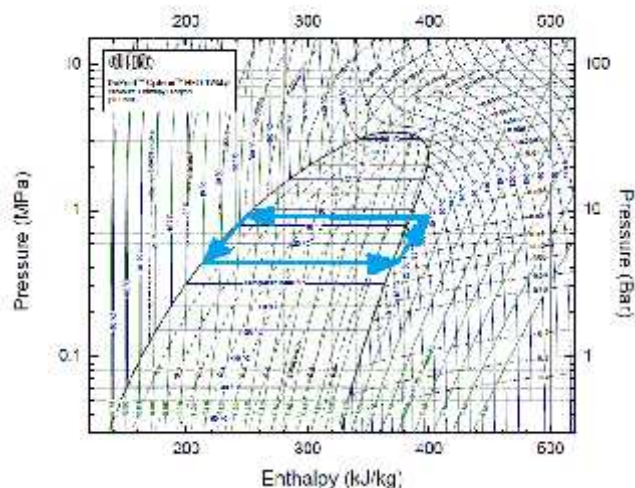
Penggunaan *Joule-Thomson Valve* pada R-1234yf



Gambar 7. *Joule-Thomson* pada R-1234yf *Pressure-Enthalpy Diagram* ^[9]

Tekanan R-1234yf pada 10°C *saturated vapor* sebesar 0,437 [MPa], kemudian ditekan ke tekanan 0.895[MPa]. Kemudian didinginkan hingga mencapai titik *saturated liquid*. Setelah itu, diekspansikan dengan *Joule-Thomson valve* sehingga turun tekanannya secara isentalpi. Entalpi untuk mendinginkan ruangan sebesar =369,7 – 247,6 = 122,1[kJ/kg]

Penggunaan Turbo Expander pada R-1234yf



Gambar 8. *Turbo Expander* pada R-1234yf *Pressure-Enthalpy Diagram* ^[9]

Tekanan R-1234yf pada 10°C *saturated vapor* sebesar 0,437 [MPa], kemudian ditekan ke tekanan 0.895[MPa]. Kemudian didinginkan hingga mencapai titik *saturated liquid*. Setelah itu, diekspansikan dengan *turbo expander* sehingga turun tekanannya secara isentropik. Entalpi untuk mendinginkan ruangan sebesar = 369,7 – 245.8 = 123,9 [kJ/kg]

Tabel 2. *Mass Heat of Vaporization R-1234yf*

REFRIGERANT	KONDISI OPERASI	MASS HEAT OF VAPORIZATION
R-1234yf	Suhu : 10 °C Tekanan : 0,6383 [MPa]	156,6 [kJ/kg]

Dari hasil data yang sudah diolah di table diatas kita dapat membandingkan energi dingin yang dimanfaatkan antara penggunaan *Joule-Thomson valve* dan *turbo expander*.

Energi dingin yang dimanfaatkan pada *Joule-Thomson valve* = 122,1/156,6 = 77.96%

Energi dingin yang dimanfaatkan pada *turbo expander* 123,9/156,6 = 79.11%

Dapat disimpulkan juga bahwa entalpi yang dihasilkan di *evaporator* dengan menggunakan *turbo expander* lebih besar dibanding menggunakan *Joule-Thomson valve*. Ini artinya, *turbo expander* menjadikan *SMAC* lebih efisien dalam mendinginkan ruang mobil.

IV. KESIMPULAN

SMAC adalah sebuah alat untuk mendinginkan ruangan dalam mobil seperti pada mobil pasaran. Namun *AC* ini lebih ramah lingkungan, mempunyai *dual driver*, dan mampu meningkatkan efisiensi dari 77,96% menjadi 79,11%. *AC* ini tidak mengakibatkan *global warming* karena berbahan *HFO* yang tidak merusak ozon dan memiliki *GWP rating* yang sangat rendah. Juga *turbo expander* yang mampu meningkatkan efisiensi dari *SMAC*. *Turbo expander* membuat kerja *engine shaft* lebih ringan karena disambung dengan kompresor dan juga dihubungkan dengan sistem *gear* untuk menggerakkan fan pada *evaporator* dan *condenser* sehingga daya *AC* lebih efisien. Karena tersambung dengan *turbocharger* mengakibatkan mobil bergerak lebih cepat karena kompresor dapat diputar dengan menggunakan gas buang.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. www.sciencenews.org, 2015 *smashed heat record*: Science News.
- [2]. www.aa1car.com, R1234yf Refrigerant: AA1Car.
- [3]. www.kemenperin.go.id, Mantap, Penjualan Mobil Bakal Tembus 2 Juta Unit Per Tahun: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- [4]. BP Statistical Review of World Energy June 2014: BP Global.
- [5]. B.E. Purnama, Suryati, *Pembangunan Sistem Informasi Pendataan Rakyat Miskin Untuk Program Beras Miskin (Raskin) Pada Desa Mantren Kecamatan Kebonagung Kabupaten Pacitan*, Sentra Penelitian Engineering dan Edukasi, Vol. 2, No. 4, 2004.
- [6]. www.chemours.com, *Thermodynamic Properties of Freon™ R-22*.
- [7]. www.chemours.com, *Thermodynamic Properties of DuPont™ Opteon™ yf*.
- [8]. A.R. Ramadhany, E.K.S. Nugraha, *Smart-Port (Smart AC Portable) dengan Dual Power Source In High Efficiency*, Seminar Nasional Teknik Mesin, ISSN 2085-2762.
- [9]. www.gazechim-froid.fr, DuPont Opteon HFO-1234yf Pressure-Enthalpy Diagram.

Kajian Penerangan Jalan Umum Menggunakan Lampu LED Tenaga Surya di Ibu Kota

Diachirta Chrisna Ayu Dwi Harpini¹; Salma Zafirah Wisriansyah²; Vira Dhatul Fauziah³

1. Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta
 2. Fakultas Teknik, Program Studi Mesin, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta
 3. Fakultas Teknik, Program Studi Mesin, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta
- diachirta.harpini@gmail.com

Abstrak

Kondisi fasilitas Penerang Jalan Umum (PJU) yang rusak serta sering padam di Ibu Kota sangat mengganggu pengguna jalan yang hendak berpergian pada malam hari. Rusaknya lampu penerang jalan tersebut dikarenakan terjadi korosi pada instrumen lampu, karena curah hujan di Indonesia yang cukup tinggi. Kerusakan tersebut dapat diminimalisir dengan melakukan pemeriksaan secara rutin. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan alternatif sumber daya lain yang tidak tergantung pada pasokan listrik PLN yaitu penggunaan lampu LED PJU Tenaga Surya (LED PJU TS). Selain itu, lampu penerangan yang akan digunakan sebaiknya juga menggunakan lampu yang daya tahannya lama, mencapai 50.000 jam, serta hemat energi dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan sistem pemasangannya yang cepat dan mudah, PJU LED Tenaga Surya dapat menjadi solusi dalam mengatasi kebutuhan penerangan jalan umum. Sehingga masalah masalah tersebut dapat diminimalisir.

Kata kunci: Lampu LED, Hemat Energi, PJU Tenaga Surya, Korosi, Energi Alternatif

Abstract

The condition of Public Road's Lighting lamp in the Capital City is often broken and off. It is really disturbing road users whom want to go out in the night. Broken lamp occurs because of the corrosion in the lamp's instrument, the result of the high rainfall in Indonesia. This broken lamp can be minimalized with doing an examination to it routinely. So, to solve this problem we need an alternative resource, that is independent to power supply from PLN, called LED PJU TS lamp. The public road's lighting lamp that we'll choose should use a lamp that has a long durability, reached 50.000 hours, with the best energy saving and can decrease green house gas emissions as well. The installation is fast and easy so PJU LED TS can be one of the solutions to solve public road's lighting needed and those problems can be minimalized.

Keywords: LED Lamp, Energy Saving, PJU TS, Corrosion, Alternative Resource

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Indonesia memiliki jumlah penduduk yang sangat besar. Pulau Jawa memiliki penduduk yang paling padat terutama pada daerah Ibu Kota. Besarnya jumlah penduduk Ibu Kota berbanding lurus dengan kebutuhan listrik karena akan semakin banyaknya warga yang membutuhkan listrik. Ramainya jalanan Ibu Kota walaupun pada malam hari mengharuskan lampu tetap terus menyala. Diperlukan adanya solusi untuk menghemat energi listrik pada lampu penerang jalan umum (PJU) agar listrik tersebut dapat dialokasikan untuk hal lainnya.

Penggunaan energi surya untuk lampu penerang jalan dapat dijadikan solusi untuk mengurangi beban listrik PLN. Namun, curah hujan di Indonesia yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada instrumen lampu sehingga lampu jalan mati seketika. Jika lampu mati tentu akan sangat mengganggu pengguna jalan bahkan dapat mengakibatkan kecelakaan.

Lampu Penerang Jalan Umum (PJU) sangatlah penting karena harus tetap terus menyala sepanjang hari demi keselamatan pengguna jalan. Jumlah lampu penerang jalan yang digunakan juga sangatlah banyak terutama pada daerah Ibu Kota yang selalu ramai walaupun pada malam hari. Hal ini tentu akan cukup menguras pasokan listrik PLN (Perusahaan Listrik Nasional).

Pemilihan lampu yang akan digunakan pada lampu Penerang Jalan Umum (PJU) juga perlu dipertimbangkan demi mencapai penghematan energy listrik. Pemilihan lampu dilakukan dengan memperhatikan spesifikasi dari jenis lampu yang berbeda sehingga dapat memilih lampu yang paling hemat.

II. EKSPERIMEN

Dalam menyusun karya ilmiah ini, penulis melakukan metode penelitian dengan menggali informasi dari berbagai sumber baik media internet, studi literature terhadap beberapa kepustakaan yang berhubungan dengan energi surya serta observasi langsung dan interview dengan petugas yang terkait mengenai lampu PJU di jalan raya Ibu Kota.

Salah satu bagian dari alat industri yang dipakai untuk membangkitkan energi listrik dari beberapa sumber tenaga seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sumber : (https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_listrik)

Pada pembangkit Listrik generatorlah bagian utama dari sistemnya dimana generator berputar mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip penghantar listrik dan medan magnet. Mesin Generator diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik.

Pada pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), energi surya memiliki keunggulan yang lebih banyak dibandingkan dengan kelemahannya, tapi kelemahan ini masih merupakan batu sandungan utama untuk pemakaian energi surya yang lebih luas. Sekarang pertama - tama kita akan membahas keunggulan dari energi surya. Sumber : (<http://www.indoenergi.com/2012/04/keunggulan-dan-kelemahan-energi-surya.html>)

Kita sudah mengetahui, bahwa energi surya salah satu sumber energi terbarukan. Matahari hampir tak terbatas sebagai sumber energi, dan energi surya tidak dapat habis, tidak seperti bahan bakar fosil yang akhirnya akan habis. Setelah bahan bakar fosil habis, dunia akan memerlukan alternatif sumber energi yang baik, dan energi surya jelas terlihat sebagai salah satu alternatif terbaik.

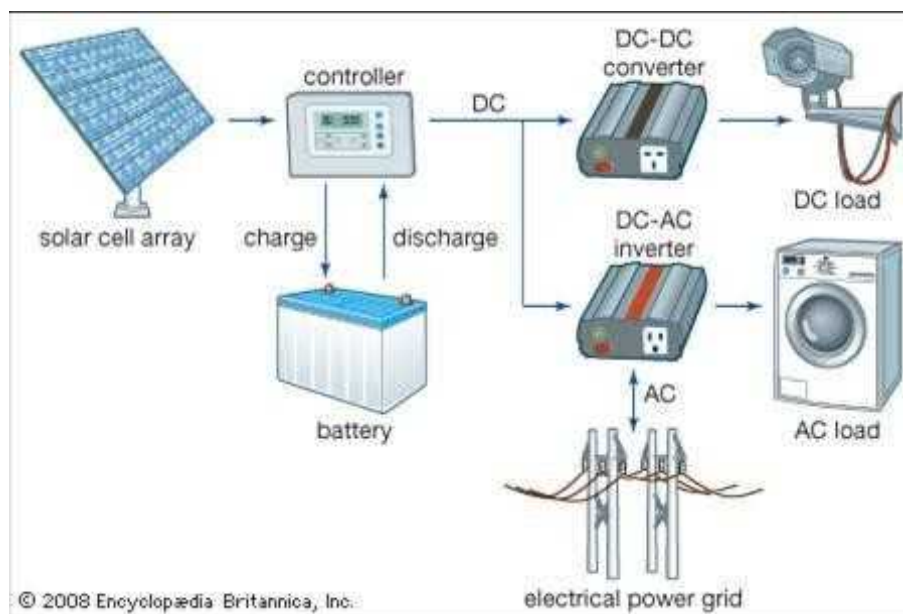
Energi surya salah satu sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak memancarkan emisi karbon berbahaya yang berkontribusi terhadap perubahan iklim seperti pada bahan bakar fosil. Setiap watt energi yang dihasilkan dari matahari berarti kita telah mengurangi pemakaian bahan bakar fosil, dan dengan demikian kita benar-benar telah mengurangi dampak perubahan iklim. Penelitian terbaru melaporkan bahwa rata-rata sistem rumah surya mampu mengurangi 18 ton emisi gas rumah kaca di lingkungan setiap tahunnya. Energi surya juga tidak memancarkan oksida nitrogen atau sulfur dioksida yang berarti tidak menyebabkan hujan asam atau kabut asap. Sumber : (<http://www.indoenergi.com/2012/04/keunggulan-dan-kelemahan-energi-surya.html>)

Pembangkit listrik TS ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara langsung dan cara tidak langsung. Cara langsung dilakukan menggunakan fotovoltaiik dimana fotovoltaiik akan mengubah secara langsung energy surya menjadi listrik menggunakan fotoelektrik. Pemusatan energy surya menggunakan system lensa atau cermin diombinasikan dengan system pelacak untuk memfokuskan energy matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.

Panel surya beroperasi tanpa mengeluarkan suara (tidak seperti turbin angin besar) sehingga tidak menyebabkan polusi suara. Panel surya biasanya memiliki umur yang sangat lama, minimal 30 tahun, dan biaya pemeliharaannya sangat rendah karena tidak ada bagian yang bergerak. Panel surya juga cukup mudah untuk diinstal. Energi surya adalah salah satu pilihan energi terbaik untuk daerah- daerah terpencil, bilamana jaringan distribusi listrik tidak praktis atau tidak memungkinkan untuk di- instal.

Biasanya panel surya itu diletakkan dengan posisi statis menghadap matahari. Padahal, bumi itu bergerak mengelilingi orbit. Orbit yang ditempuh oleh bumi berbentuk elip dengan matahari berada di salah satu titik fokusnya. Karena matahari bergerak membentuk sudut selalu berubah, maka dengan posisi panel surya yang statis itu tentu tidak akan diperoleh energi listrik yang optimal.

Agar dapat terserap secara maksimum, maka sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya. Jadi, untuk mendapatkan energi listrik yang optimal, sistem sel surya itu masih harus dilengkapi pula dengan rangkaian kontroler optimal untuk mengatur arah permukaan panel surya agar selalu menghadap matahari sedemikian rupa sehingga sinar matahari jatuh hampir tegak lurus pada panel suryanya.



"Gambar.1 Solar Cell"

sumber :

(<https://energisurya.files.wordpress.com/2008/10/bos.jpg>

)

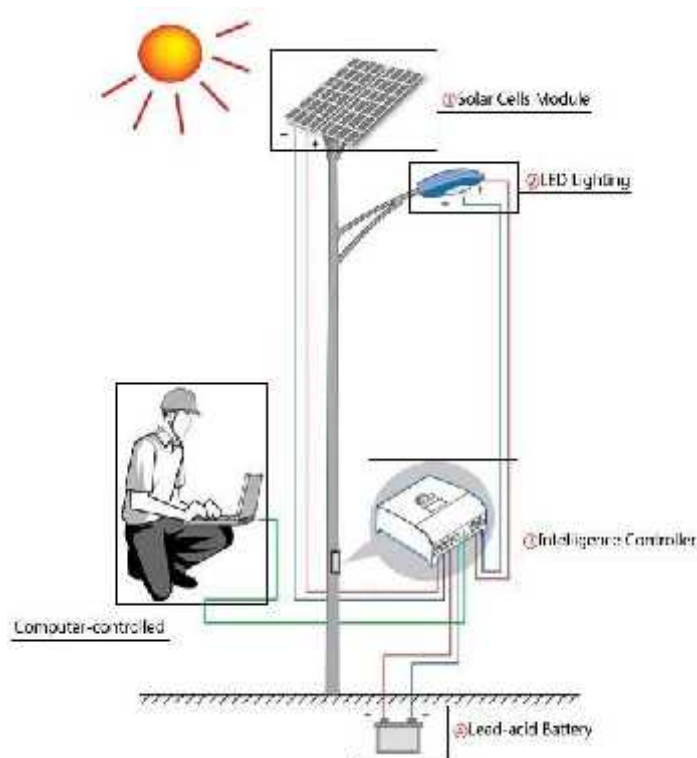
Panel surya terbuat dari bahan mahal, bahkan dengan penurunan harga yang terjadi hampir setiap tahun, harganya tetap terasa mahal. Panel surya juga perlu untuk ditingkatkan efisiensinya. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang memadai dibutuhkan lokasi instalasi yang luas, dan panel surya ini idealnya diarahkan ke matahari, tanpa hambatan seperti pohon dan gedung tinggi, untuk mencapai tingkat efisiensi yang diperlukan. Energi surya membutuhkan solusi penyimpanan energi murah dan efisien karena matahari adalah sumber energi *intermiten* (tidak kontinu).

Energi matahari dibangkitkan oleh komponen yang disebut *solar cell* (sel surya) yang besarnya sekitar 10 - 15 cm persegi. Sel Surya ini mengkonversikan energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik yang berbahan semikonduktor (*silicon* yang berperan sebagai insulator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas). Silikon terbentuk dari 3 lapisan atas silikon tipe n (*silicondoping of "phosphorous"*), dan lapisan bawah silikon tipe p (*silicondoping of "boron"*). Elektron-elektron bebas terbentuk dari milion photon atau benturan

atom pada lapisan penghubung (*junction = 0.2-0.5 micron*) menyebabkan terjadinya aliran listrik. Sebuah sel silikon menghasilkan kurang lebih 0.5 Volt.

Lampu Penerangan Jalan Tenaga Surya (PJU-TS) salah satu alternatif penerangan jalan dimana daya listrik disuplai oleh sinar matahari. Lampu ini menggunakan Modul Surya dengan waktu hidup hingga 25 tahun yang berfungsi menerima sinar matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses photovoltaic. Sistem photovoltaic bekerja dengan prinsip efek photovoltaic, yakni munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat dibuka di bawah sinar matahari.

Lampu PJU ini membutuhkan beberapa komponen perangkat serti mpdul *Solar Cell Mono/Polycrystalline*, *Battery* dan *Charger, Controller*, Beban (berupa DC atau AC), *Solar bracket*, dan kabel listrik.

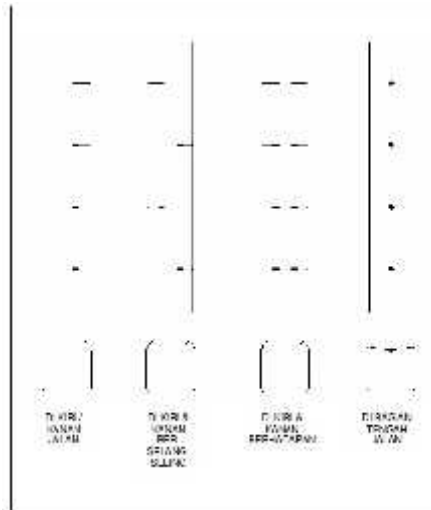


"Gambar.2 Sistem Kerja PJU Tenaga Surya"
Sumber : (<http://anekasolusidaya.com/wp-content/uploads/2013/03/pjunya.jpg>)

Energi matahari yang menyinari modul Photovoltaic dikonversi menjadi energi listrik arus searah (DC) . Listrik tersebut masuk ke media penyimpanan accu jenis VRLA (*Valve-Regulated Lead Acid*) yang sebelumnya dikontrol oleh *solar charge controller* yang berfungsi menjaga listrik yang masuk agar tidak merusak baterai. Energi listrik yang tersimpan dibaterai kemudian langsung dipakai untuk menyalakan Lampu PJU yang sekaligus merupakan beban.

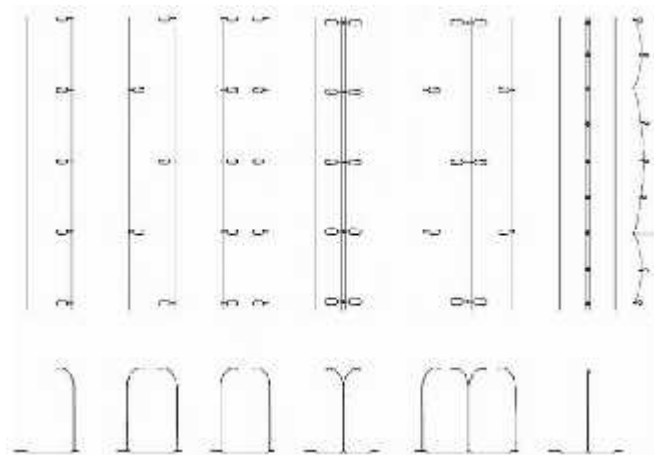
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masalah ditemukan pada jalan umum Ibu Kota khususnya pada lampu PJU yang digunakan. Mengapa? Karena ramainya jalanan ibu kota mengharuskan lampu PJU tetap menyala pada malam hari. Selain itu, karena jalan umum yang ramai lampu PJU harus dipasang sedemikian rupa agar jalanan tetap terang. Hal ini membuktikan bahwa lampu PJU menyala pada jangka waktu yang lama dan jalan umum Ibu Kota membutuhkan banyak lampu PJU demi keselamatan pengguna jalan.



“Gambar.3 Susunan Lampu PJU Jalanan Satu Arah”

Sumber : (https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Penerangan_jalan)



“Gambar.4 Susunan Lampu PJU Jalanan Dua Arah”

Sumber : (https://id.wikibooks.org/wiki/Rekayasa_Lalu_Lintas/Penerangan_jalan)

Energi surya, yang memiliki kelebihan seperti mudah didapat, tidak menghasilkan gas emisi karbon berbahaya dan tidak menimbulkan polusi suara, dapat dijadikan sebagai solusi untuk mengurangi pembiayaan listrik pada lampu PJU. Selain itu, pasokan listrik dari PLN tersebut dapat dialokasikan ke hal lainnya.

Pada PJU Tenaga Surya membutuhkan panel surya yang harganya tidak murah. Namun panel surya memiliki tahan pakai yang baik sehingga pembiayaan awal yang mahal itu sebanding dengan kualitas yang didapat. Energi listrik yang dihasilkan disimpan di *battery*. Tetapi, *battery* tidak boleh mengalami pengisian berlebihan (*over-charged*) maupun pembebanan berlebihan (*over load*) oleh karena itu harus dipasang alat yang disebut Battery Control Regulator (BCR) yang berfungsi mengendalikan arus keluar masuk *battery* dan mengamankan terjadinya kerusakan *battery* akibat dari kondisi *over-charged* maupun *over-load*. Listrik yang menjadi arus bolak-balik.

Untuk menghemat listrik hasil dari tenaga surya tersebut, pemilihan pada lampu yang akan digunakan juga harus dipertimbangkan. Berikut perbandingan antara lampu LED (*Light-Emitting Diode*) dan CFL (*Compact Fluorescent Light*) :

Tabel.1 Tipe lampu Jalan Tenaga Surya

(<https://maucaridika.wordpress.com/2012/09/10/perbandingan-lampu-led-cfl-dan-pijar/>)

Spesifikasi	LED (Light Emitting Diodes)	CFL (Compact Fluorescent)
Lama Kehidupan (rata-rata)	50.000 jam	8.000 jam
Watt listrik yang digunakan (Setara dengan 60 watt bohlam)	6-8 Watt	13-15 Watt
Kilo watt yang digunakan	329 KWh/tahun	767 KWh/tahun
Berisi Mercury Toxic	Tidak	Ya
Daya Tahan	Sangat tahan lama - LED dapat menanggapi guncangan dan tabrakan	Tidak tahan lama - lampu CFL mudah pecah

Secara teknis, lampu LED memiliki umur yang lebih lama dari lampu CFL. Lampu LED sangat direkomendasikan untuk menjadi lampu jalan umum di Ibu Kota karena memiliki kuat terang yang memadai seperti layaknya lampu jalan konvensional. Walaupun harga lampu LED lebih mahal, namun dengan melihat kelebihan-kelebihan lampu LED, harga awal yang mahal tersebut sebanding dengan kualitasnya. Untuk keperluan jalan-jalan utama di Ibu Kota maka diharuskan untuk memakai ukuran tiang lebih tinggi yakni sembilan meter.

Masalah lain yang timbul pada lampu PJU di Ibu Kota ialah banyaknya lampu jalan yang rusak. Rusaknya lampu PJU ini dikarenakan terjadinya korosi pada instrumen lampu akibat curah hujan yang cukup tinggi. Sehingga perlu dilakukan pemeriksaan material maksimal tiga tahun sekali oleh petugas yang terkait. Dan

untuk menghemat pemakaian lampu PJU, kita harus menggunakan lampu LED karena lampu ini dapat mengurangi pasokan listrik sehingga dapat dialokasikan untuk hal lainnya.

IV. KESIMPULAN

- a. Penggunaan energi surya untuk lampu PJU bisa dijadikan solusi untuk mengurangi pasokan listrik PLN.
- b. Penggunaan lampu LED pada PJU juga harus diperbanyak. Meskipun investasi awal lampu LED mahal, namun jangka panjangnya lampu LED memiliki daya tahan yang lama.
- c. Korosi pada instrumen lampu PJU akibat curah hujan yang tinggi dapat diminimalisir dengan adanya pemeriksaan rutin maksimal tiga tahun sekali.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiyatno, "Kajian Penerapan Sistem Penerangan Jalan Umum dengan Lampu LED Menggunakan Tenaga Surya di Lampung";2012.
- [2] Abdul Kadir, "Pembakit Tenaga Listrik", UI-Press;Jakarta;1996.
- [3] Zuhail, "Dasar Tenaga Listrik", Penerbit Bandung;1991.

LAMPIRAN



Contoh lampu PJU Tenaga Surya di Ibu Kota, Jalan Panjang Kedoya Selatan (setelah lampu merah kedoya).

PERBANDINGAN KUALITAS *BIODIESEL* DARI TANAMAN JARAK PAGAR DAN TANAMAN KEMIRI SUNAN

Diachirta C A D Harpini, Naufal Yudha Triadi, Muhammad Rafif

Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, Jalan R.S. Fatmawati Pondok Labu, Jakarta Selatan.021-765697

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

Email: diachirta.harpini@gmail.com

Abstrak

Sumber energi fosil semakin menipis, maka dibutuhkan sumber energi alternatif, yaitu biodiesel. Sumber biodiesel yang mudah ditemukan di Indonesia yaitu tanaman jarak pagar dan kemiri sunan. Dua tanaman tersebut minyak dari biji dapat diproses dengan mudah melalui cara transesterifikasi yang menghasilkan biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas biodiesel dari kedua tanaman tersebut berdasarkan nilai viskositas, densitas, dan bilangan asam. Proses transesterifikasi dilakukan pencampuran minyak yang diperoleh dengan methanol dan KOH pada suhu 35oC selama 1 jam. Pengamatan dibagi menjadi dua tahap, yaitu pembuatan biodiesel dari tanaman jarak dan pembuatan biodiesel dari tanaman kemiri sunan. Setelah proses tersebut, didapatkan biodiesel yang memenuhi standar SNI nomer 1782:2015.

Kata Kunci: *biodiesel, tanaman jarak pagar, tanaman sunan kemiri, transesterifikasi, viskositas, densitas, bilangan asam.*

Abstract

Source of fossil energy is getting thinner, hence the need of alternative energy source, that is biodiesel. Biodiesel sources that are easy to find in Indonesia are Jatropha and Siri. The two plants are oil from seeds can be processed easily by means of transesterification that produce biodiesel. This research is aimed to compare the quality of biodiesel from both plants based on the value of viscosity, density, and acid number. The transesterification process is carried out by mixing the oil obtained with methanol and KOH at 35 ° C for 1 hour. The observations are divided into two stages, namely the making of biodiesel from the distance plant and the making of biodiesel from the siri candlenut plant. After the process, obtained biodiesel that meets the standard of SNI number 1782: 2015.

Keywords: *Biodiesel, Jatrhopa curcas, kemiri sunan. Transesterification, viscosity, density, acid number.*

1. Pendahuluan/Latar Belakang

Latar belakang masalah

Saat ini, energi yang berasal dari fosil sudah semakin menipis. Maka dari itu, dibutuhkan sumber energi lain. Salah satu caranya, agar energi tidak cepat habis dengan mencari sumber energi alternatif yang dapat diperoleh kembali secara mudah oleh masyarakat. Energi yang berasal dari tanaman sangatlah cocok untuk di Indonesia, karena Indonesia terletak di daerah subtropis. *Biodiesel* yang berasal dari tumbuhan bisa menjadi pengganti bahan bakar solar. Salah satu tumbuhan yang bisa dijadikan *biodiesel* antara lain, jarak pagar dan kemiri sunan.

Perumusan masalah

Dalam makalah ini penyusun ingin mengetahui bagaimana perbandingan kualitas *biodiesel* yang dihasilkan tanaman jarak dan kemiri sunan.

Tujuan makalah

Tujuan penelitian ini untuk membandingkan kualitas *biodiesel* dari tanaman jarak pagar dan kemiri sunan.

2. Metode Penelitian

Dalam makalah ini penyusun menggunakan pendekatan kuantitatif untuk melakukan penelitian, dimana nilai viskositas, densitas dan bilangan asam *biodiesel* dari tanaman jarak pagar akan dibandingkan dengan *biodiesel* dari tanaman kemiri sesuai dengan standar SNI.

Biomassa

Energi biomassa diperoleh dari makhluk hidup, atau hasil produk metabolisme makhluk hidup, seperti tanaman. Biomassa dapat memproduksi bahan bakar, tergantung sumbernya. Bahan bakar yang dihasilkan melalui biomassa biasa dikenal dengan nama *biodiesel*.

Tabel 1 karakteristik *biodiesel* SNI nomer 1782:2015

No	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan
1	Viskositas	Mm ² /s	2,3-60
2	Massa Jenis	Kg/m ³	850-890
3	Angka Asam	Mg.KOH/g	<0,5

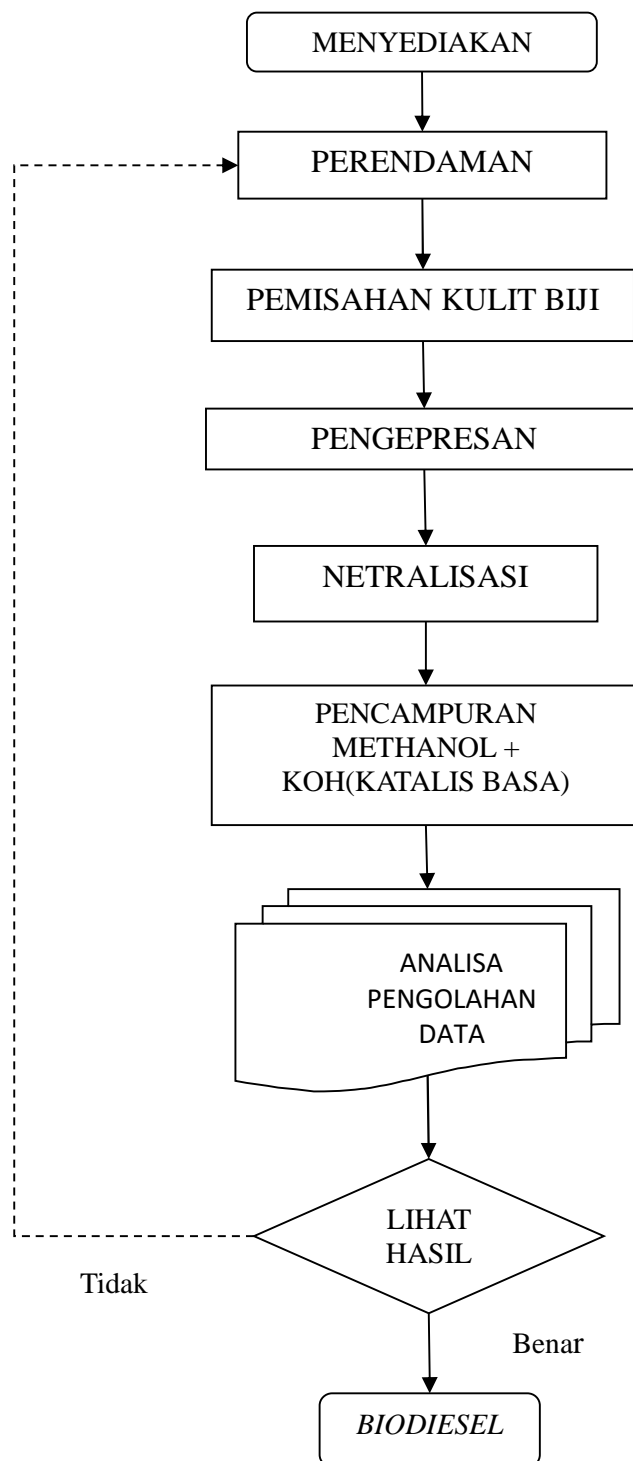
Biodiesel terdiri dari campuran *mono-alkyl* ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari minyak nabati. *Biodiesel* digunakan sebagai bahan bakar diesel tanpa memerlukan modifikasi mesin diesel. *Biodiesel* tidak mengandung sulfur. Terkadang, *Biodiesel* lebih sering dipakai sebagai penambah untuk solar, meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah belerang yang rendah pelumas.

Biodiesel menjadi kandidat yang paling dekat untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama dunia, karena *biodiesel* merupakan energi terbarukan yang dapat menggantikan solar di mesin sekarang ini dan produksi *biodiesel* dapat meningkat dengan cepat, terutama di Eropa, Amerika Serikat, dan Asia. Adapun keunggulan Biodiesel (Devita, L, 2015:24)

- Mengurangi Emisi dari mesin dan ramah lingkungan.
- Mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun.
- meningkatkan nilai produk pertanian Indonesia.
- *Cetane number* dan *flash point* yang tinggi.
- Meningkatkan pengapian dan daya tahan mesin.

Diagram Alir Proses Pengolahan Biodiesel

Gambar 1. Menjelaskan tentang diagram alir proses pengolahan *biodiesel*.



Gambar 1. Diagram Proses pengolahan *biodiesel*

Tanaman Jarak Pagar

Gambar 2. menjelaskan tentang tanaman jarak pagar yang diperbesar.



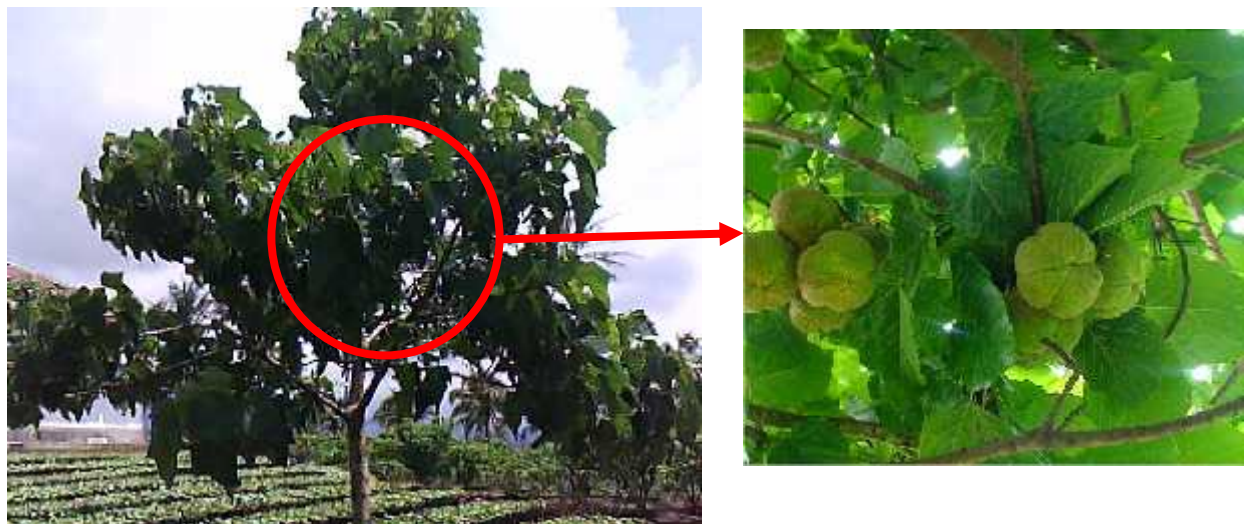
Gambar 2 Tanaman Jarak Pagar

Tanaman jarak pagar mengandung minyak nabati pada biji tanaman jarak. Tiap 3 kg biji jarak pagar menghasilkan 1 liter minyak jarak pagar. Minyak jarak pagar ini sering dimanfaatkan dalam bidang industri, contohnya sabun, pelumas, minyak rem dan hidrolis, cat, pewarna, plastik tahan dingin, pelindung (coating), tinta, malam dan semir, nilon, farmasi (1% dari total produk dunia), dan parfum.

Minyak jarak pagar mempunyai sifat kimia yang telah memenuhi syarat untuk dijadikan bahan bakar. Minyak jarak pagar memiliki nilai kalori 35,58 MJ/kg, bilangan asam 3,08 mg KOH/g, titik nyala 290°C, viskositas 50,80 cSt dan densitas 0,0181 g/cm³. Oleh karena itu, tanaman jarak dapat dijadikan bahan baku *biodiesel*.

Tanaman Kemiri Sunan

Gambar 3. menjelaskan tentang tanaman kemiri sunan yang diperbesar.



Gambar 3 Tanaman Kemiri Sunan

Tanaman kemiri sunan (*Reutealis trisperma*) mengandung minyak nabati yang dapat dipakai untuk bahan baku *biodiesel*. Tiap 2,5 kg biji kemiri sunan menghasilkan 1 liter minyak kemiri sunan. Kemiri ini dapat dibudidayakan pada berbagai jenis tanah yang memiliki drainase baik, ketinggian tempat maksimum 700 m di atas permukaan laut, memiliki iklim dengan musim kemarau yang tegas (bulan kering 3-4 bulan) dan curah hujan 1000-2000 mm/tahun. Jenis kemiri ini mulai berproduksi pada umur lima sampai 80 tahun dengan potensi produksi biji kering pada kisaran 80 – 125 kg/pohon/tahun setara

8 – 12,5 ton/ha/tahun. Jika dijadikan minyak kasar dapat menghasilkan 3,2 – 5 ton minyak kasar/ha/tahun.

Kemiri sunan mempunyai potensi untuk menggantikan BBM yang terdapat dalam kandungan yang ada pada bagian bijinya. Biji kemiri sunan sendiri tersusun atas cangkang dan juga biji. Pada biji tersebut terdapat bagian inti biji dan juga kulit biji. Bagian inti biji diproses dan menghasilkan minyak kemiri sunan. Biji kemiri sunan mengandung minyak nabati sekitar 56%. Wujudnya cairan dengan warna kuning dan sedikit bungkil. Minyak ini mengandung sejumlah senyawa antara lain palmitic, asam stearic, asam oleic, asam alpha-elaeostearic, asam linoleic, dan lain-lain.

Pengolahan minyak kasar menjadi *biodiesel* bisa dilakukan dengan teknologi esterifikasi atau transesterifikasi yang efisien dengan *biodiesel* mencapai 87%, sisanya berupa gliserol. Hasil penelitian terhadap pemanfaatan mesin diesel menunjukkan *biodiesel* dari kemiri sunan sebanyak satu liter menghasilkan satu daya tarik air sebanyak 3 jam menggunakan mesin diesel statis berbeda dengan minyak jarak pagar yang hanya mampu selama 1½ jam sedangkan solar hanya 1 jam.

Bahan-Bahan yang dibutuhkan

Tabel 2 menjelaskan tentang bahan-bahan yang dibutuhkan.

Tabel 2 Bahan-bahan yang dibutuhkan

No	Bahan	Jumlah
1.	Kemiri	12,5kg
2.	Jarak	15kg
3.	Methanol	20L
4.	KOH	2kg

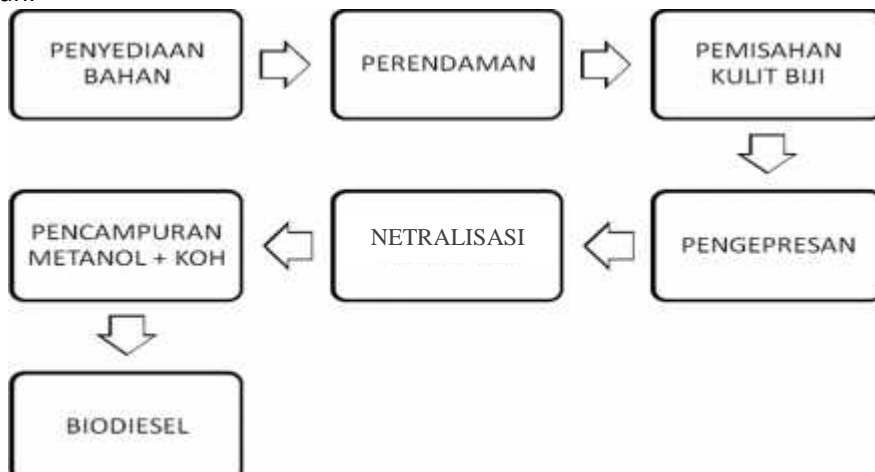
Tempat Produksi

-UPNVJ= Mesin Penyuling dan Mesin uji coba *biodiesel*.

-Di Luar UPNVJ= Mesin pengepres dan Mesin pemisah kulit biji.

Proses Pembuatan *biodiesel* dari tanaman jarak pagar dan kemiri sunan

Gambar 4 menjelaskan tentang proses pembuatan *biodiesel* dari tanaman jarak pagar dan kemiri sunan.



Gambar 4 Diagram Proses Pembuatan *Biodiesel* dari tanaman jarak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *Biodiesel* dari Tanaman Kemiri Sunan dan Jarak Pagar

Tabel 3 Karakteristik *Biodiesel* Dari Tanaman Kemiri Sunan Dan Jarak Pagar

Karakteristik	Satuan	Jarak	Kemiri
Viskositas	Mm ² /s	3,85	7,65
Densitas	Kg/m ³	877	887
Bilangan asam	Mg.KOH/g	0,41	0,33

Viskositas kinematik

Viskositas kinematik menjadi parameter utama dalam penentuan mutu metil ester, karena memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas metil ester sebagai bahan bakar. Nilai viskositas yang tinggi akan menyulitkan pemompaan atau pemasukan bahan bakar dari tangki ke ruang bahan bakar mesin. Minyak nabati memiliki viskositas jauh lebih besar dibanding viskositas bahan bakar diesel yang menjadi kendala penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar. Salah satu tujuan utama transesterifikasi adalah menurunkan viskositas minyak nabati sehingga memenuhi standar bahan bakar diesel.

Standar mutu *biodiesel* SNI nomer 1782:2015 menetapkan angka viskositas antara 2,3-6,0 mm²/s. Dari tabel 3. Karakteristik *biodiesel* dari tanaman jarak pagar dan kemiri sunan, *biodiesel* dari tanaman jarak pagar memiliki angka 3,85 mm²/s sedangkan *biodiesel* dari tanaman kemiri sunan sebesar 7,65 mm²/s.

Densitas

Densitas dapat menjadi parameter keberhasilan reaksi transesterifikasi. *Biodiesel* dengan densitas lebih dari 900 Kg/m³, kemungkinan merupakan hasil dari reaksi yang tidak sempurna. Densitas *biodiesel* seharusnya berkisar antara 860-900 Kg/m³ (Syah, 2006). Metil ester minyak jarak pagar dengan kadar ester 99.6 % memiliki densitas sebesar 0.879 pada suhu 15 °C (Foidl et al., 1996).

Densitas Standar mutu *biodiesel* SNI nomer 1782:2015 menetapkan massa jenis sebesar 850 -890 Kg/m³. Dari tabel 3. Karakteristik *biodiesel* dari tanaman jarak pagar dan kemiri sunan, *biodiesel* dari tanaman kemiri sunan memperoleh angka 887 Kg/m³ sedangkan massa jenis *biodiesel* dari tanaman jarak pagar sebesar 877 Kg/m³.

Bilangan asam

Nilai bilangan asam merupakan salah satu indikator mutu pada metil ester. Hal ini disebabkan peningkatan bilangan asam seperti halnya peningkatan viskositas dan bilangan peroksida adalah hasil aktifitas oksidasi pada metil ester (Canacki et al., 1999:1565-1572). Nilai bilangan asam metil ester yang tinggi menunjukkan terjadinya kerusakan atau penurunan mutu metil ester akibat terjadinya oksidasi.

Standar mutu *biodiesel* SNI nomer 1782:2015 menetapkan angka bilangan asam maksimal 0,5 Mg.KOH/g. Dari tabel diatas, *biodiesel* dari tanaman kemiri mempunyai angka sebesar 0,31 Mg.KOH/g sedangkan angka asam sebesar 0,41 Mg.KOH/g.

Metode

Metode yang digunakan termasuk metode percobaan. Dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu pembuatan *biodiesel* dari tanaman jarak dan pembuatan *biodiesel* dari tanaman kemiri sunan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, bahan yang digunakan sebagai sumber *biodiesel* memiliki hasil karakteristik *biodiesel* yang berbeda-beda. Tanaman jarak pagar sebagai bahan dasar *biodiesel* menghasilkan nilai viskositas terendah, densitas dengan nilai kurang dari 900 Kg/m³ dan bilangan asam kurang dari 0,5 Mg.KOH/g. Karakteristik *biodiesel* dari tanaman jarak pagar lebih memenuhi syarat SNI nomor 1782:2015, dari pada *biodiesel* dari tanaman kemiri sunan.

5. Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Bapak Jooned Hendrarsakti, Ph.D sebagai dekan Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta, Ir. Rusdi Hatuwe, ST, MT sebagai Kepala Program Studi Teknik Mesin, dan Bapak Muhammad As'adi serta Bapak Sigit Pradana sebagai narasumber.

6. Daftar Pustaka

- [1] Djenar, N.S., dan Lintang, N. 2012. Esterifikasi Minyak Kemiri Sunan (*aleurites trisperma*) dalam Pembuatan *Biodiesel*. Bandung: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.
- [2] Setyadji, M, Mashudi dan Endang Susiantini. 2003. Studi Pembuatan Minyak *Biodiesel* Dari Biji Jarak. Yogyakarta: Puslitballg Tekllologi Maju BATAN.
- [3] Pranowo D., M. Syakir, B. Prastowo, M Herman, A Aunillah dan Sumanto, 2014. Pembuatan *Biodiesel* Kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Show) dan Pemanfaatan Hasil Samping. AARD PRESS. 104 hal.
- [4] Pranowo D., Agus Wahyudi, H.T. Luntungan dan Maman Herman, 2009. Kemiri Sunan (*Aleurites trisperma* BLANCO) sumber bahan bakar nabati prospektif abad 21. sirkuler Teknologi Tanaman Rempah dan Industri. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor. volume 1, (5).
- [5] Syah, A. N. A. 2006. *Biodiesel* Jarak Pagar: Bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- [6] Anonim., 2006 a. Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2006. Tentang Kebijakan Energi Nasional, Jakarta. Tanggal 23 Januari 2006.
- [7] Canacki, M., A. Monyem, J. Van Gerpen. 1999. Accelerated Oxidation Processes in *Biodiesel*. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers. 001-2351/99/4206-1656. 42(6) : 1565-1572.
- [8] Devita, L. 2015. *Biodiesel* Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif. Medan : Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Medan.
- [9] Syah, Andi Nur Alam. 2006. *Biodiesel* Jarak Pagar: Bahan Bakar Alternatif yang Ramah Lingkungan. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- [10] Foidl, N., G. Foidl, M. Sanchez, M. Mittelbach, S. Hackle. 1996. *Jatropha Curcas* for *Biodiesel* Production in Nicaragua. Bioresouce Tech. 58(1): 77-82.

7. Lampiran

Rincian harga bahan:

Tabel 4 Rincian Harga Bahan

NO	Bahan	Jumlah	Harga	Total
1	Biji Jarak	15kg	Rp.2000/kg	Rp.30.000
2	Biji Kemiri	12,5kg	Rp.1000/kg	Rp.12.500
3	Metanol	20Liter	Rp.10000/liter	Rp.200.000
4	KOH	2Kg	Rp.36000/kg	Rp.72.000
5	Biaya operasional			Rp.250.000
6	Biaya tak terduga			Rp.185.500
	Total			Rp.750.000

STRATEGI PEMANFAATAN KINCIR ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE NACA 3412

Bambang Sugiyono Agus Purwono^{1*}, Masroni², Abd. Muqit³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno – Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia.

*Alamat email: bambangsap2010@gmail.com.

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis alternatif strategi pemanfaatan Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV). KASV menggunakan jumlah sudu adalah 2 dan 4 unit pada kecepatan angin antara 3,5 s.d. 5 [m/s] yang disimulasikan. Permasalahan adalah potensi energi angin yang cukup besar dan kebutuhan akan energi listrik yang cukup besar. Adapun variabel penelitian yang digunakan adalah kecepatan angin, jumlah sudu, dan daya yang dihasilkan. Pendekatan yang digunakan adalah menggunakan desain eksperimental dengan analisis variansi acak lengkap. Hasil penelitian adalah ada perbedaan nilai rata-rata daya yang dihasilkan KASV secara signifikan pada taraf nyata 5% dan ada kecenderungan bahwa semakin meningkat kecepatan angin dan jumlah sudu yang digunakan akan semakin meningkat daya yang dihasilkan KASV.

Kata kunci: KASV, energi, kecepatan angin, strategi, sudu,

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the alternative strategy using Vertical Axis Wind Turbine (VAWT). The VAWT used 2 and 4 unit turbine blades and the wind speed is 3.5 till 5 [m/s] – simulated. The main problem is the bigger wind energy potential in Indonesia has not been used yet and the demand of the electric energy is increasing faster. The research variables are wind speed, number of turbine blades and the electric power is generated by VAWT using NACA 3412. This research applies quantitative method – experimental design using one way classification. The finding of this research reveals is the increasing of the turbine blades and wind speed, the higher power generated and the null hypothesis is rejected, it is means that there is a difference in the electric generated power by VAWT.

Key Words: VAWT, energy, wind speed, strategic, turbine blades.

I. LATAR BELAKANG MASALAH

Kelangkaan energi berdampak kepada perkembangan penelitian bidang energi alternatif, seperti memanfaatkan energi biomassa, misal: penggunaan kayu bakar, sampah, dan daun-daun kering tanaman. Demikian juga jenis energi lain, seperti energi angin, air, minyak hewani, batubara, gas, nuklir dan energi alternatif, serta bio-energi.

Penggunaan energi fosil dan nuklir telah menimbulkan konsekuensi pemanasan global akibat polusi yang dihasilkan. Sementara, energi nuklir yang sangat berbahaya juga telah mengalami beberapa kecelakaan yang telah berdampak sangat besar terhadap lingkungan dan manusia.

Banyak Negara telah berusaha untuk mengeksplorasi energi baru terbarukan/EBT (*renewable energy/RE*). Dari berbagai EBT, energi matahari dan energi angin merupakan energi yang paling banyak dilakukan penelitian. Dari dua energi EBT ini, energi angin memiliki potensi yang baik, sebab energi angin relatif murah biaya operasinya, tersedia banyak dan ramah terhadap lingkungan.

Tabel 1 memperlihatkan potensi energi angin di Indonesia sebesar 9,29 GW, sedangkan kapasitas terpasang sebesar 0,0005 GW, sehingga banyak peluang untuk dikembangkan. Energi angin dapat dikembangkan di daerah yang sulit terjangkau oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan mempunyai karakteristik kecepatan angin tertentu.

Tabel 1. Cadangan dan Produksi Indonesia tahun 2007 (Energi Nomin Fossil)

No.	ENERGI NON FOSIL	SUMBER DAYA	KAPASITAS TERPASANG
1.	Tenaga Air	75,67 GW (e.q. 845 juta SBM)	4,2 GW
2.	Panas Bumi	27 GW (e.q. 219 juta SBM)	0,8 GW
3.	Mini/micro hydro	0,45 GW	0,084 GW
4.	Bio-mass	49,81 GW	0,3 GW
5.	Tenaga Surya	4,8 kWh/m ² /day	0,008 GW
6.	Tenaga angin/bayu	9,29 GW	0,0005 GW
7.	Uranium *)	3 GW (e.q. 24,112 ton) untuk 11 tahun	30 GW

Sumber: [3, 8].

Catatan: *) Hanya di Kalian – West Kalimantan

Tabel 2 menjelaskan tentang (tahun 2013) pangsa terbesar penggunaan energi adalah sektor industri (42.12%) diikuti oleh sektor rumah tangga (11.56%), transportasi (38.80%), komersial (4.25%), dan lainnya (3.26%) [7].

Tabel 2. Penggunaan energi berdasarkan sektor [%]

Tahun	Industri	Rumah Tangga	Komersial	Transportasi	Yang lain
2010	41.09	13.14	4.79	36.56	4.42
2011	42.91	11.50	4.47	36.01	4.05
2012	42.85	11.58	4.59	37.61	3.36
2013	42.12	11.56	4.25	38.80	3.26

Sumber: [3]

Konsumsi listrik dalam kurun waktu tahun 2000-2013 mengalami pertumbuhan rata-rata sebesar 6,8% per tahun, masih lebih rendah dibanding batubara sebesar 13,1%, dan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) sebesar 14,5%. Hal ini menyebabkan rasio elektrifikasi nasional masih 80,4% pada tahun 2013 yang berarti 19,6% penduduk Indonesia belum dialiri listrik.

Kondisi lain juga terlihat pada konsumsi listrik per kapita di Indonesia yang masih rendah dibandingkan beberapa negara ASEAN. Konsumsi listrik di Indonesia sebesar 733 kWh/kapita, Thailand sebesar 2.479 kWh/ kapita, Malaysia sebesar 4.313 kWh/kapita, Singapura sebesar 8.690 kWh/kapita sebesar, dan Brunai Darussalam sebesar 8.944 kWh/kapita. Adanya rencana pembangkit 35 ribu MW diharapkan dapat memenuhi kekurangan elektrifikasi dan mendorong perekonomian nasional [7].

Pemerintah Pusat telah memberikan bantuan peralatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) untuk peningkatan pasokan energi alternatif, misal: Samas – Yogyakarta [7].

Hal lain yang masih perlu perhatian adalah kebutuhan energi yang ramah terhadap lingkungan dan usaha-usaha yang dilakukan untuk reduksi emisi gas buang (misal: kandungan CO_x, NO_x, dan SO_x).

Beberapa komitmen yang telah dilakukan oleh Pemerintah untuk mendukung pelaksanaan kebijakan energi nasional, yaitu: menyusun regulasi dan kebijakan yang berkaitan dengan energi alternatif.

1.1. Perumusan Masalah

Beberapa masalah yang dihadapi oleh para pemangku kepentingan (*stakeholders*) tentang energi angin dan berdasarkan uraian pada bagian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang KASV yang menghasilkan daya yang memadai?
2. Berapa jumlah sudu KASV yang menghasilkan daya yang memadai?
3. Bagaimana melakukan penelitian tentang strategi pengaruh pemanfaatan jumlah sudu terhadap daya yang dihasilkan KASV?

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis strategi pemanfaatan kecepatan angin dan penggunaan jumlah sudu terhadap daya yang dihasilkan pada Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV) tipe NACA 3412.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Strategi

Fred R David [2] menyatakan bahwa strategi berasal kata “*strategos*” dari bahasa Yunani (*Greek*) yang merupakan gabungan 2 (dua) kata yaitu: “*stratos*” yang berarti “*army*” dan “*ago*” yang berarti “*leading/guiding/moving to*”, sehingga strategi adalah seni tentang perencanaan dan pengelolaan operasi militer skala besar, tentang pengarahan ke posisi yang paling menguntungkan sebelum pertemuan sesungguhnya dengan musuh terjadi. Wheelen [16] menyatakan bahwa “*A strategy of a corporate forms a comprehensive master plan stating how the corporation will achieve its mission and objectives.*”

2.2. Energi Terbarukan

Definisi energi terbarukan [4,8,11,12,13] atau *renewable energy is energy generated from natural resources—such as sunlight, wind, rain, tides and geothermal heat—which are renewable (naturally replenished). In 2006, about 18% of global final energy consumption came from renewables, with 13% coming from traditional biomass, such as wood-burning. Hydroelectricity was the next largest renewable source, providing 3%, followed by solar hot water/heating, which contributed 1.3%. Modern technologies, such as geothermal energy, wind power, solar power, and ocean energy together provided some 0.8% of final energy consumption.*

2.3 Definisi KASV (VAWT)

VAWT is a type of wind turbine where the main rotor shaft is set transverse to the wind while the main components are located at the base of the turbine [4].

2.4 SIMULASI

Simulasi berasal dari kata *simulate* [6] yang secara sederhana dapat diartikan sebagai melakukan imitasi, meniru, berpura-pura, atau berbuat seakan-akan seperti aslinya atau dunia nyata.

Simulasi dapat juga digunakan sebagai salah satu alat bantu atau peraga di dalam proses belajar–mengajar, sehingga simulasi dapat diartikan sebagai cara penyajian pengalaman belajar dengan menggunakan situasi tiruan untuk memahami tentang konsep, prinsip, atau keterampilan tertentu. Simulasi dapat digunakan sebagai metode mengajar dengan asumsi tidak semua proses pembelajaran dapat dilakukan secara langsung pada obyek yang sebenarnya.

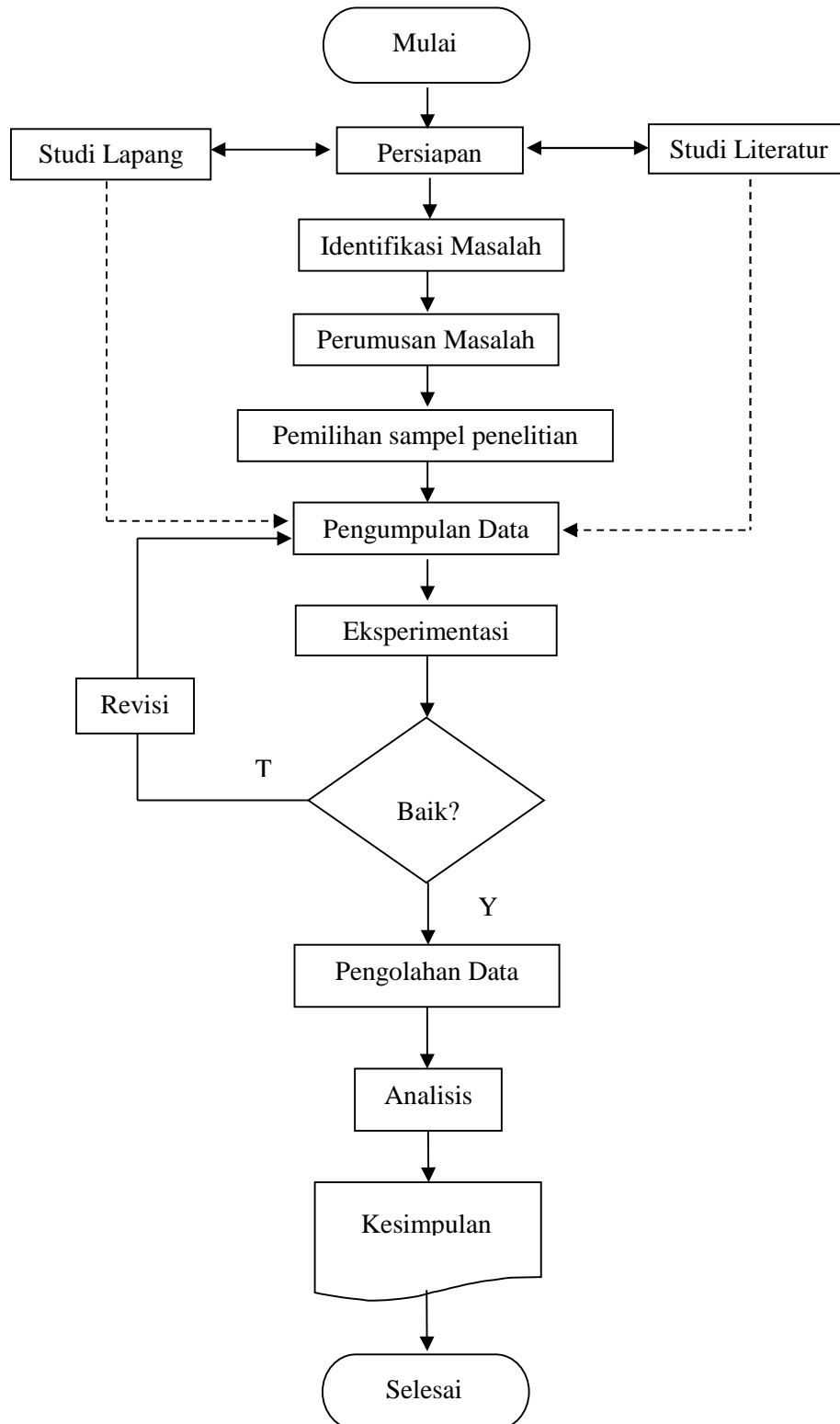
Simulasi adalah suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya (*state of affairs*). Aksi melakukan simulasi ini secara umum menggambarkan sifat-sifat atau karakteristik kunci dari kelakuan sistem fisik atau sistem yang abstrak tertentu.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia [6], simulasi (*n*) adalah: **1.** metode pelatihan yang memperagakan sesuatu dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya; **2.** penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik atau pemeranan

III. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menjelaskan tentang diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3.2. Metode Pendekatan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimental – rancangan acak lengkap.

3.3. Hipotesis

Hipotesis penelitian adalah sbb.:

1. Hipotesis Nul (H_0) adalah sbb.:
Tidak ada pengaruh yang signifikan antara kecepatan angin dan jumlah sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan KASV tipe NACA 3412.
2. Hipotesis alternatif (H_1) adalah sbb.:
Ada pengaruh yang signifikan antara kecepatan angin dan jumlah sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan KASV tipe NACA 3412.

3.4. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah desain eksperimental.

3.5. Tempat

Penelitian ini akan dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dan di Jl. Dirgantara Permai B 5 No. 33, Malang.

3.6. Populasi dan Sampel

3.6.1 Populasi

Desain kincir angin tipe sumbu vertikal dengan tipe NACA 3412.

3.6.2 Sampel

Desain kincir angin sumbu vertikal dengan tipe NACA 3412, kecepatan angin diantara 3,5 s.d. 5 m/detik, dengan 2 (dua) macam jumlah sudu (2 dan 4 unit). Daya yang dihasilkan diukur dengan menggunakan *digital multi tester*.



Gambar 2. Eksperimentasi KASV tipe NACA 3412

3.6.3 Variabel-variabel yang akan diteliti

Variabel penelitian adalah,

1. Kincir Angin Sumbu Vertikal (KASV) dengan tipe NACA 3412.
2. Kecepatan Angin diantara 3,5 s.d. 5 [m/detik] (disimulasikan).
3. Jumlah sudu menggunakan 2 dan 4 unit sudu.

4. Daya listrik yang dihasilkan

3.6.4 Data Penelitian

Data primer diambil dari hasil observasi dengan menggunakan alat ukur *digital multi-tester*.

3.6.5 Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data adalah dengan cara:

1. Data diambil adalah data primer (dari hasil pengukuran/eksperimentasi).
2. Uji ekperimentasi.

3.6.6 Model Matematis

Model matematis yang digunakan adalah desain eksperimental – *one way classification* [9] adalah:

$$y_{ij} = \mu + V_i + \epsilon_{ij} \quad \text{[Persamaan 1]}$$

dimana,

$i = 1, 2, \dots, a;$

$j = 1, 2, \dots, r.$

$V =$ Kecepatan angin KASV dengan tipe NACA 3412 [m/s] ke i .

$y_{ij} =$ Daya yang dihasilkan [watt].

$\epsilon_{ij} =$ Galat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 memperlihatkan tentang data berkaitan dengan kecepatan angin, jumlah sudu dan daya yang dihasilkan KASV. Kecepatan dilakukan dengan simulasi pada terowongan angin (*wind tunnel*).

Tabel 3. Data kecepatan angin, jumlah sudu dan daya [watt]

Replikasi	P54 [watt]	P44 [watt]	P3.54 [watt]	P25 [watt]
1	56.8	10.2	1.4	4.2
2	77.1	10.8	6.5	31.7
3	64.6	14.4	0.2	4.0
4	74.4	7.6	0.2	35.8
5	69.7	20.9	0.1	46.4

NB: Data primer diolah

Tabel 4 memperlihatkan tentang pengolahan data berkaitan dengan kecepatan angin, jumlah sudu dan daya yang dihasilkan dengan menggunakan desain eksperimental – *one way classification*.

Dari Tabel 5 dapat disimpulkan, karena F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} ($12,9 < 4,24$), maka H_0 ditolak, artinya paling tidak ada satu nilai rata-rata daya yang dihasilkan KASV yang berbeda secara signifikan pada taraf nyata 5%.

Gambar 3 dan Tabel 6. menjelaskan tentang kecenderungan bahwa semakin meningkat kecepatan angin dan jumlah sudu yang digunakan akan semakin meningkat daya yang dihasilkan KASV.

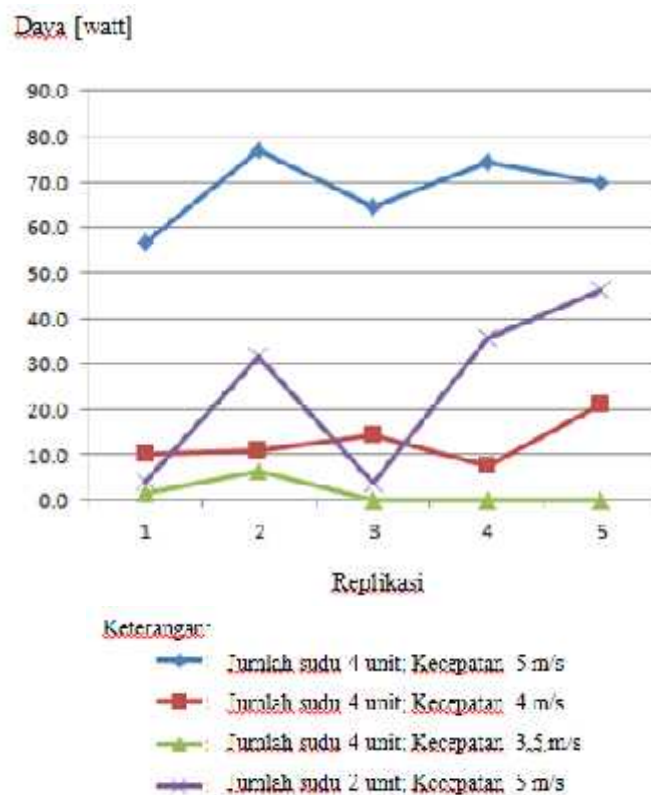
Tabel 4. Pengolahan Data dengan *one way classification*

Replikasi	Jumlah sudu KASV [unit]				Jumlah	
	4	4	4	2		
	Kecepatan angin [m/s]					
	5	4	3.5	5		
1	56.8	10.2	1.44	4.158		
2	77.05	10.8	6.46	31.68		
3	64.6	14.356	0.16	3.96		
4	74.37	7.6	0.17	35.82		
5	69.69	20.88	0.11	46.36		
T.j	342.51	63.836	8.34	121.978	T..=	673.704
n.j	5	5	5	5	N =	20
Rataan	68.502	12.7672	1.668	24.3956	Rataan total =	33.6852
Pij ²	23723.696	920.50914	43.8718	4468.915	Pij ² =	29156.9914

Tabel 5 memperlihatkan tentang analisis variansi.

Tabel 5 Analisis Variansi.

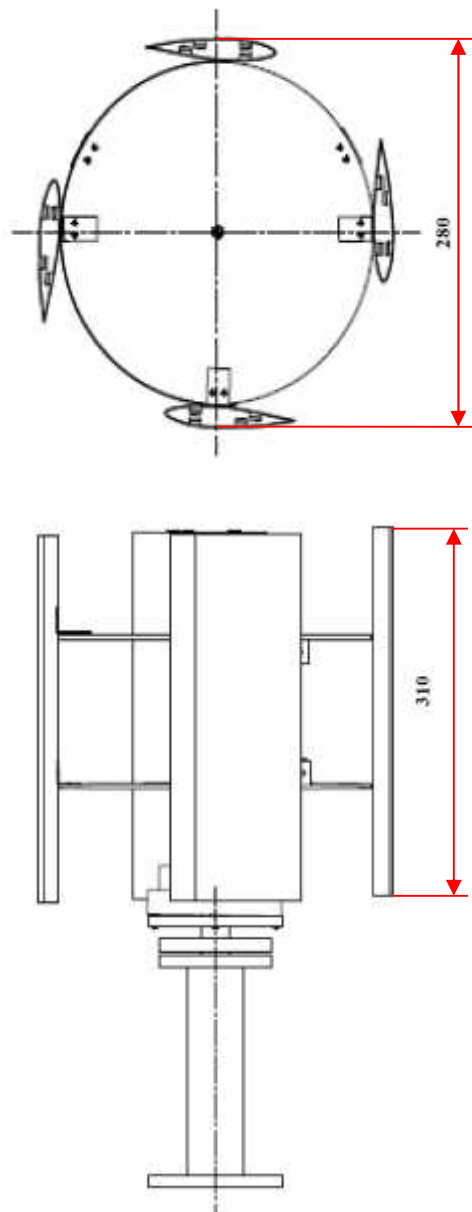
Sumber	dk	JK	RJK	F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	3	4573.4106	1524.47	12.907434	3.24
Galat	16	1889.7268	118.1079		
Total	19	6463.1374			



Gambar 3. Grafik Replikasi vs Daya

Tabel 6. Alternatif Strategi

No.	Strategi	Uraian	Keterangan
1	Alternatif 1	Daya maksimum yang dibangkitkan oleh KASV adalah pada rataa kecepatan angin sebesar 5 [m/s], jumlah sudu adalah 4 unit dan rataa daya sebesar 68,502 [W].	Acuan adalah 4 unit sudu
2	Alternatif 2	Daya maksimum kedua yang dibangkitkan oleh KASV adalah pada rataa kecepatan angin sebesar 5 [m/s], jumlah sudu adalah 2 unit dan rataa daya sebesar 24,39 [W].	Acuan adalah 2 unit sudu
3	Alternatif 3	Daya minimum kedua yang dibangkitkan oleh KASV adalah pada rataa kecepatan angin sebesar 4 [m/s], jumlah sudu adalah 4 unit dan rataa daya sebesar 12,76 [W].	Acuan adalah 4 unit sudu
4	Alternatif 4	Daya minimum yang dibangkitkan oleh KASV adalah pada rataa kecepatan angin sebesar 3,5 [m/s], jumlah sudu adalah 4 unit dan rataa daya sebesar 1,66 [W].	Acuan adalah 4 unit sudu



Gambar 4. KASV dengan 4 unit sudu

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Kesimpulan adalah sbb.:

1. Paling tidak ada satu nilai rata-rata daya yang dihasilkan KASV yang berbeda secara signifikan pada taraf nyata 5%.
2. Ada kecenderungan bahwa semakin meningkat kecepatan angin dan jumlah sudu yang digunakan akan semakin meningkat daya yang dihasilkan KASV.

5.2. SARAN

Ada beberapa saran yang ingin disampaikan dari hasil penelitian ini, yaitu:

1. Perlu memperhatikan dan menambahkan variabel dimensi di dalam merancang KASV.
2. Perlu memperhatikan dan menambahkan variabel jumlah sudu di dalam merancang KASV.
3. Perlu melakukan penelitian dengan memperhatikan energi baru dan terbarukan yang lain, seperti: energi panas bumi, energi surya, energi nuklir, dan energi air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pemakalah mengucapkan terima kasih kepada Direktur Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi – Republik Indonesia dan Direktur Politeknik Negeri Malang atas bantuan dan kesempatan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Creswell, J W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, Third Edition, Sage Publications, New Delhi. 2009.
- [2] David, FR. *Strategic Management: Concepts and Cases*, 10th Edition, McGraw-Hill and Irwin, New Jersey. 2005.
- [3] <http://www.esdm.go.id/>. *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia*, PUSDATIN, Jakarta. Diakses pada tanggal 4 November 2016.
- [4] <http://en.wikipedia.org/>. Diakses pada tanggal 4 Juli 2016.
- [5] <http://www.tempo.co.id>. Diakses pada tanggal 4 November 2016.
- [6] <http://kbbi.web.id/> simulasi, Diakses pada tanggal 4 November 2016.
- [7] <http://kompas.com/>, Diakses pada tanggal 4 November 2016.
- [8] Kemp, WH. *The Renewable Energy Handbook*. Aztext Press . Canada: 2009.
- [9] Miller, I and John E. Freund. *Probability and Statistics for Engineers*. Third Edition. PHI. New Delhi. 1985.
- [10] Partowidagdo, W. *Migas dan Energi di Indonesia: Permasalahan dan Analisis Kebijakan*. Penerbit Development Studies Foundation. Bandung. 2009.
- [11] Purwono, BSA, Suyanta, and Rahbini. Bio-gas digester as an alternative energy strategy in the marginal villages in Indonesia. *Journal Elsevier – Energy Procedia*. Vol. 32, pp. 136-144, 2013.
- [12] Purwono, BSA, Rahbini, Ubud Salim, Djumahir, and Solimun. Analysis of dominants' factors of national renewable energy strategy. *Journal Elsevier – Energy Procedia*. Vol. 68, pp. 136-144, 2015.
- [13] Purwono, BSA. Strategi pengembangan energi terbarukan (bio-fuel) di Indonesia. Disertasi. Fakultas Ekonomi dan Bisnis – Universitas Brawijaya. Malang. 2011.
- [14] Samosir, A. Perlukah Pemerintah Memberikan Subsidi LGV/Vi-Gas Tahun 2011? Studi Kasus Angkutan Umum Taksi di Jakarta. Pusat Kebijakan APBN Badan Kebijakan Fiskal Kementerian Keuangan RI. Jakarta: 2010.
- [15] Singh, K, and Pangarkar, N, and Heracleous, L. *Business Strategy in Asia: A Casebook*, Third Edition, Thompson, Singapore. 2010.
- [16] Wheelen, T L., and Hunger, JD. *Strategic Management and Business Policy*, Ninth Edition, Pearson-Prentice Hall, New Jersey. 2004.

ANALISIS KEPUTUSAN PENGARUH PENGGUNAAN MAGNET NEODYMIUM, BEBAN MESIN, DAN INTERAKSINYA TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MESIN DIESEL

Galih Prahistya¹, Bambang Sugiyono Agus Purwono², Masroni³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

¹ galihprahistya@gmail.com, ² bambangsap2015@gmail.com, ³ masroni@polinema.ac.id

Abstrak

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor akan berdampak peningkatan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM). Di sisi lain, kapasitas produksi minyak mentah nasional semakin turun, sedangkan permintaan meingkat. Pada tahun 2001 PT Pertamina harus mengimpor minyak mentah dari negara lain. Pada tahun 2013, kekurangan atau impor sebesar 18,2 juta kl atau sebesar 60 % dan paling banyak adalah solar. Solusi yang dilakukan Pertamina adalah peningkatan produksi energi alternatif, seperti Biosolar. Sifat kimia biosolar memiliki viskositas yang relatif tinggi, untuk perlu solusi dengan merancang alat yang mampu menurunkan viskositas biosolar. Salah satu solusi adalah dengan menggunakan peralatan tambahan yang memberikan medan magnet dan dipasang pada saluran masuk bahan bakar pada kendaraan bermotor. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan magnet neodymium, beban mesin, dan viskositas biosolar terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin diesel. Metode analisis menggunakan desain eksperimental. Variabel bebas adalah jumlah magnet neodymium, beban mesin, dan variabel terikat viskositas biosolar dan konsumsi bahan bakar pada mesin diesel. Pengambilan data viskositas biosolar dilakukan dengan penambahan jumlah magnet neodymium pada kondisi mesin tanpa beban, sedangkan pengambilan data konsumsi bahan bakar dilakukan dengan penambahan magnet neodymium pada kondisi mesin dengan penambahan beban dengan variasi 200 – 1800 watt dengan interval 200 watt. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan penambahan magnet neodymium, beban mesin yang bervariasi, dan interaksinya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin diesel pada taraf nyata 5%.

Kata-kata kunci : Neodymium, Biosolar, Viskositas, Konsumsi Bahan Bakar, Mesin Diesel

Abstract

The increasing number of vehicle, also increase demand of fuel. In other side, national crude oil production decreases, even in 2001, Pertamina has imported the fuel from the other countries. In 2013, the most deficit fuel is solar, about 18,2 million kl or 60 %. To solve that problem, Pertamina launch the alternative fuel, that is biosolar. But biosolar still have high viscosity. Therefore, it needs some treatment to reduce the viscosity, one of that is using a magnetic field on the fuel line in vehicle. This research purposes is to analyze the effect of magnet neodymium and engine load, to the biosolar's viscosity and diesel fuel consumption. Method of analysis using experimental design. The independent variables are the amount of neodymium magnet and engine loads. Dependents variables are biosolar's viscosity and diesel fuel consumptions. The data of biosolar's viscosity was taken with addition of neodymium magnets when engine without any loads, and the data of fuel consumption was taken with addition of neodymium magnets with variance of loads between 200 – 1800 watt with interval 200 watt. The result showed between the addition of neodymium magnets, the variation of loads and it's interaction and diesel fuel consumption is not significant at the 5 percent level.

Keywords: Neodymium, Biosolar, Viscosity, Fuel Consumption, Diesel Engine.

I. LATAR BELAKANG MASALAH

Berdasarkan Data Badan Pembangunan Nasional (Bappenas) tahun 2011-2014, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus meningkat mulai dari 64 juta, 94 juta, 104 juta, dan 114 juta kendaraan. Data tersebut berbanding lurus dengan data Pertamina tahun 2011-2014 yang menunjukkan peningkatan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) mulai dari 1,2 juta barel/hari hingga 1,4 juta barel/hari. Dengan demikian semakin banyaknya kendaraan bermotor, maka kebutuhan BBM juga semakin meningkat. Di sisi lain, produksi minyak mentah nasional terus turun, bahkan mulai dari tahun 2001, Pertamina harus mengimpor minyak mentah dari negara lain. Pada tahun 2013, bahan bakar yang mengalami kekurangan yang paling besar adalah solar, yakni sebesar 18,2 juta kl/tahun atau sebesar 60 %. Jika terus dibiarkan, maka Indonesia akan terus menghadapi kekurangan BBM secara signifikan.

Salah satu upaya untuk mengatasi kekurangan BBM, Pertamina meluncurkan BBM alternatif, seperti biosolar. Biosolar memiliki viskositas yang relatif tinggi. Viskositas yang relatif tinggi dapat mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna dalam ruang bakar, sehingga konsumsi bahan bakar akan meningkat.

Oleh karena itu, diperlukan alat yang mampu menurunkan konsumsi biosolar adalah dengan menggunakan medan magnet yang dipasang pada saluran bahan bakar pada kendaraan bermotor.

1.1. Perumusan Masalah

Beberapa masalah yang dihadapi berkaitan dengan BBM adalah:

- 1 Bagaimana merancang alat yang menghasilkan dapat menurunkan konsumsi bahan bakar?
- 2 Bagaimana cara menurunkan konsumsi bahan bakar?
- 3 Bagaimana melakukan penelitian tentang strategi pengaruh pemanfaatan alat yang menghasilkan dapat menurunkan konsumsi bahan bakar?

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis strategi pemanfaatan magnet permanen dan variasi beban dan interaksinya terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin diesel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi tentang teori atau pustaka yang mendukung riset/penelitian.

2.1. Pengertian Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur atau lemak hewan. Sebuah proses dari transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, tidak seperti minyak sayur langsung, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (solar) dari minyak bumi, dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus. Namun, biodiesel lebih sering digunakan sebagai penambah untuk diesel petroleum, meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah belerang yang rendah pelumas..

2.2. Rumus Debit

Konsumsi bahan bakar (Q) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sbb.:

$$Q = V.A \text{ [ml/s]} \quad \text{[Persamaan 1]}$$

Dimana,

$$V = \text{Volume/t [ml/t]}$$

$$A = \text{Luas permukaan melintang pipa bahan bakar biosolar} = D^2 / 4 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$D = \text{Diameter pipa bahan bakar biosolar [mm]}$$

2.3. Magnet Neodymium

Magnet Neodymium, merupakan magnet Permanen yang paling kuat. Magnet Neodymium (juga dikenal sebagai NdFeB, NIB, atau magnet Neo), merupakan sejenis magnet tanah jarang, terbuat dari campuran logam neodymium. Tetragonal Nd₂Fe₁₄B memiliki struktur kristal yang sangat tinggi uniaksial anisotropi *magnetocrystalline* (H_A ~ 7 teslas). Senyawa ini memberikan potensi untuk memiliki tinggi koersivitas (yaitu, ketahanan mengalami kerusakan magnetik).

2.4. Prinsip Kerja Magnet pada Saluran bahan bakar

Penggunaan magnet ditujukan untuk menghemat bahan bakar dikarenakan di dalam saluran bahan bakar yang dipasang magnet terjadi proses magnetisasi. Proses magnetisasi diperlukan agar bahan bakar lebih mudah mengikat oksigen selama proses pembakaran dan mengurangi produk unburned hydrocarbon hasil proses pembakaran bahan bakar. Hal ini disebabkan ukuran struktur molekul bahan bakar akan berubah menjadi ikatan yang lebih kecil akibat magnetisasi. Ukuran molekul yang lebih kecil ini secara langsung akan

berakibat pada semakin mudahnya proses pembakaran dalam ruang bakar. Dengan kata lain proses magnetisasi pada bahan bakar akan membuat pembakaran lebih sempurna.

Pada saat bahan bakar melalui selang, kekuatan magnetisasi didalam magnet yang di tempel di saluran bahan bakar menyebabkan terpecahnya ikatan karbon dalam bahan bakar menjadi bagian-bagian kecil ikatan ion. Ion positif akan tertarik oleh kutub negatif magnet sedangkan untuk ion negatif akan tertarik oleh kutub positif magnet sehingga ion positif dan ion negatif akan mengalir secara teratur setelah melewati medan magnet. Ikatan kecil dan beraturan inilah yang menyebabkan mudahnya oksigen bereak si dengan bahan bakar pada proses pembakaran. Efeknya bahan bakar akan lebih mudah terbakar didalam ruang bakar atau terjadinya pembakaran sempurna.

2.5. Analisis Keputusan

Analisis keputusan didefinisikan sebagai seleksi terhadap pemilihan beberapa alternatif pilihan yang memungkinkan [11].

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdiri terdiri dari beberapa tahap yaitu persiapan alat dan bahan, pengujian dan perancangan magnet neodmium serta pengambilan data viskositas biosolar dan konsumsi bahan bakar.

a.1. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

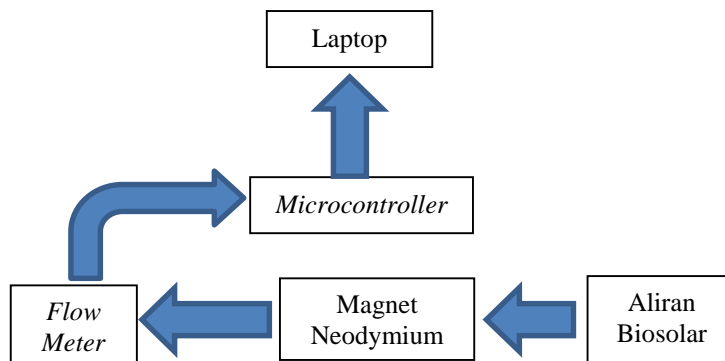
- Genset Diesel Engine Set* merk YANMAR TF55R-di 353 cc;
- Laptop;
- Magnet *Neodymium*;
- Selang Bahan Bakar;
- Flow Meter* merk AICHI tipe OF05ZAT; dan
- Microcontroller* Arduino UNO.

a.2. Rancangan Alat

Gambar 1, 2 dan 3 memperlihatkan blok diagram rancangan alat yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem



Gambar 2. Blok Diagram Alat

3.3. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel yang telah ditentukan, yaitu:

1. Variabel Bebas
Variabel bebas pada penelitian ini adalah jumlah pasangan magnet Neodymium dan beban mesin serta interaksinya.
2. Variabel terikat
Variabel terikat pada penelitian ini adalah konsumsi bahan bakar.



Gambar 3. Tata letak peralatan magnet
(Keterangan gambar: 1. Magnet berpasangan; 2. Pipa bahan bakar; 3. Pompa; 4. *Flow meter*)

a.3. Teknik Analisis

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Data diambil adalah data primer (hasil pengukuran).
2. Uji ekperimentasi.

Analisis dilakukan menggunakan desain eksperimental *Two Way Anova* [9,12] dengan model matematis sebagai berikut:

$$y_{ijk} = \mu + B_i + MB_j + (BMB)_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad [\text{Peramaan 2}]$$

dimana:

B_i = Beban mesin Diesel ke i ,

MB_j = Medan magnet Neodymium (Pasangan magnet) ke j ,

$(BMB)_{ij}$ = Interaksi medan magnet Neodymium dan beban mesin Diesel ke i dan e j ,

y_{ijk} = Konsumsi bahan bakar yang dihasilkan,
untuk $i = 1, 2, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, b$; $k = 1, 2, \dots, n$

μ = Pengaruh umum dari seluruh eksperimen,

ϵ_{ijk} = Representasi dari galat pada perlakuan ke i dan perlakuan ke j (bentuk galat dipertimbangkan terhadap NID/*Normally and independently distributed*) dengan jumlah replikasi k .

a.4. Hipotesis

Hipotesis yang akan diuji adalah:

H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata penggunaan pasangan magnet, beban dan interaksinya terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin diesel yang signifikan pada taraf nyata 5%.

H_1 = Ada perbedaan rata-rata penggunaan pasangan magnet, beban dan interaksinya terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin diesel yang signifikan pada taraf nyata 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perakitan magnet neodymium yang dilakukan adalah menentukan susunan magnet yang digunakan dan posisi peletakan magnet pada mesin diesel. Proses ini sangatlah penting untuk menghasilkan kekuatan magnet yang optimum dan dapat berpengaruh pada turunnya viskositas dan konsumsi bahan bakar diesel. Setelah dilakukan beberapa kali pengujian, maka didapatkan susunan magnet adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Pengujian kekuatan Magnet

Setelah dipasang magnet neodymium pada mesin diesel, maka pengujian pengaruh penggunaan magnet neodymium pada mesin diesel dapat dilakukan. Pengujian viskositas dilakukan menggunakan *flow meter* sedangkan pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan media mesin genset Yanmar 353 cc.

Pengambilan data konsumsi bahan bakar (Gambar 5) dengan cara sebagai berikut:

1. Mesin Diesel diatur pada daya kerjanya, yaitu pada saat kecepatan konstan 2000 rpm. Cara mengetahui kecepatan konstannya menggunakan *digital tachometer*.
 2. Setelah mencapai kecepatan konstan, buka kran yang terletak di bawah gelas ukur. Ukur waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi 10 ml bahan bakar menggunakan *stop watch*.
 3. Pengukuran konsumsi bahan bakar tsb dengan variasi pembebanan 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, dan 2000 watt.
- Seperti terlihat pada gambar:



Gambar 5. Eksperimentasi

Pengujian dilakukan dengan variasi beban mulai dari 200 watt sampai dengan 2000 watt, dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi bahan bakar [ml/s]

Beban [watt]	Konsumsi bahan bakar [ml/s]				
	Penggunaan magnet				
	tanpa magnet	1 pasang	2 pasang	4 pasang	6 pasang
	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11

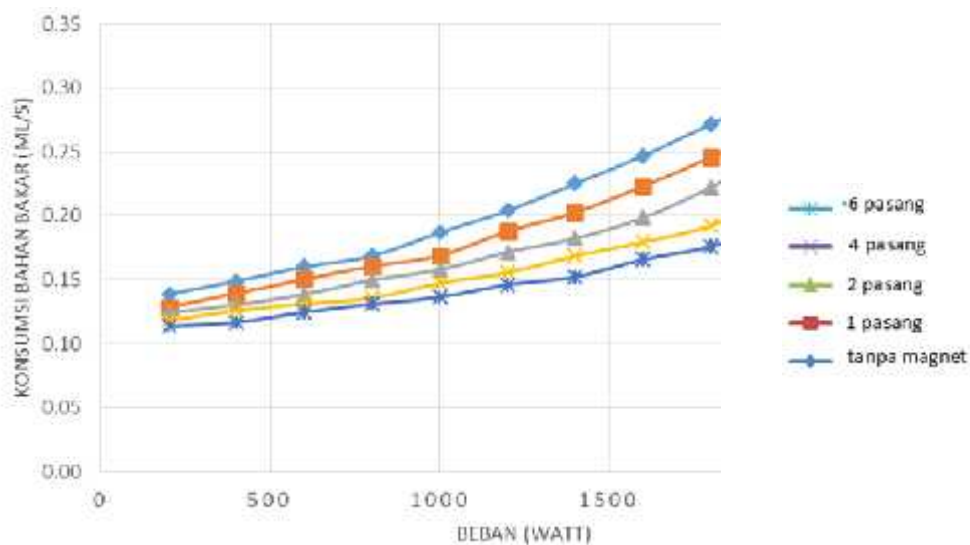
Sumber: Data primer.

Data dianalisis dengan menggunakan *Two Way ANOVA* dan hasilnya (Tabel 2) adalah:

Sumber	dk	JK	RJK	Fhitung	Ftabel
Faktor B	2	0.0591	0.0296	0.0889	3.32
Faktor MB	4	2.8295	0.7074	2.1271	2.69
Interaksi BxMB	8	0.8547	0.1068	0.3212	2.27
Galat	30	9.9767	0.3326		
Total	44	13.72			

Sumber: [9,12].

Pengujian pada mesin Yanmar dengan 353 cc



Gambar 6. Beban vs Konsumsi bahan bakar

Kesimpulan pada Tabel 2 adalah:

- karena $F_{hitung} < F_{Tabel}$ ($0,0889 < 3,32$), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan pengaruh beban terhadap konsumsi bahan bakar pada taraf nyata 5%.
- karena $F_{hitung} < F_{Tabel}$ ($2,1271 < 2,69$), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan pengaruh jumlah pasangan magnet terhadap konsumsi bahan bakar pada taraf nyata 5%.
- karena $F_{hitung} < F_{Tabel}$ ($0,3212 < 2,27$), maka hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan pengaruh interaksi antara beban dan jumlah pasangan magnet terhadap konsumsi bahan bakar pada taraf nyata 5%.

Tabel 3. Alternatif Pilihan

No.	Alternatif pilihan	Uraian
1	I	Konsumsi bahan bakar yang paling minimum (0,11 s.d. 0,18 ml/s) adalah pada jumlah 6 pasangan magnet dengan beban antara 200 s.d. 1800 watt dan paling hemat adalah pada beban 200 watt.
2	II	Konsumsi bahan bakar minimum kedua (0,13 s.d. 0,25 ml/s) adalah pada jumlah 4 pasangan magnet dengan beban antara 200 s.d. 1800 watt dan paling hemat adalah pada beban 200 watt.
3	III	Konsumsi bahan bakar minimum ketiga (0,12 s.d. 0,22 ml/s) adalah pada jumlah 2 pasangan magnet dengan beban antara 200 s.d. 1800 watt dan paling hemat adalah pada beban 200 watt.
4	IV	Konsumsi bahan bakar yang paling maksimum kedua (0,13 s.d. 0,25 ml/s) adalah pada jumlah 1 pasangan magnet dengan beban antara 200 s.d. 1800 watt dan paling hemat adalah pada beban 200 watt.
5	V	Konsumsi bahan bakar yang paling maksimum (0,14 s.d. 0,27 ml/s) adalah pada jumlah 0 pasangan magnet dengan beban antara 200 s.d. 1800 watt dan paling hemat adalah pada beban 200 watt.

Gambar 6 dan Tabel 1 dan 3 menjelaskan bahwa semakin meningkat jumlah pasangan magnet yang digunakan dan penurunan jumlah beban yang dikenakan, ada kecenderungan penurunan konsumsi bahan bakar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Hipotesis nul diterima, artinya tidak ada perbedaan pengaruh beban, jumlah pasangan magnet dan interaksinya terhadap konsumsi bahan bakar yang diimplementasikan pada mesin diesel pada taraf nyata 5%.
- Semakin meningkat jumlah pasangan magnet yang digunakan dan penurunan jumlah beban yang dikenakan pada mesin diesel, ada kecenderungan penurunan konsumsi bahan bakar.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat saran-saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- Penggunaan jenis magnet dan kekuatan medan magnet yang lain untuk menganalisis pengaruh konsumsi bahan bakar.
- Penggunaan motor bakar dengan bahan bakar selain biosolar, seperti: premium, pertamax dan pertalite.
- Penggunaan motor bakar dengan bahan bakar selain mesin diesel, seperti: motor bakar bensin dengan 2 langkah, dan 4 langkah per siklus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pemakalah mengucapkan terima kasih kepada Direktur, Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Ketua Program Studi Teknik Otomotif – Elektronik, Politeknik Negeri Malang atas bantuan dan kesempatan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barath, A. dan L. Ponnusamy. Magnet Device to Reduce Diesel Consumption in Diesel Engine. Journal of Mechanical Engineering Faculty of Universisty Malaysia Pahang. pp. 1-24. 2011.

-
- [2] Chalid, M., N. Saksono, Adiwir, dan N. Darsono. Studi Pengaruh Magnetisasi Sistem Dipol Terhadap Karakteristik Kerosin. Vol. 8. No.1. pp. 36-42. 2005.
- [3] Chaware, K. Review on Effect of Fuel Magnetism by Varying Intensity on Performance and Emission of Single Cylinder Four Stroke Diesel Engine. International Journal of Engineering Research and General Science. Vol. 3. Issue 1. ISSN 2091-2730. 2015.
- [4] Faris, A. S., S. K. Al-Naseri, N. Jamal, R. Isse, M. Abed, Z. Fouad, A. Kazim, N. Reheem, A. Chaloob, H. Mohammad, H. Jasim, J. Sadeq, A. Salim, dan AwsAbas. Effects of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Two-Stroke Engine. Energy Procedia. Vol. 18. pp. 327-338. 2012.
- [5] Fuhaid, N., M. A. Sahbana, dan A. Arianto. Pengaruh Medan Elektromagnet terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Motor Bensin. Vol. 3. No.1. pp. 1-9. 2011.
- [6] Govindasamy, P. dan S. Dhandapani. Performance and Emissions Achievements by Magnetic Energizer with A Single Cylinder Two Stroke Catalytic Coated Spark Ignition Engine. Journal of Scientific and Industrial Research. Vol. 66. pp. 457-463. 2007.
- [7] Guo, H., Z. Liu, Y. Chen, dan R. Yao. A Study of Magnetic Effects on Tee Physicochemical Properties of Individual Ehydrocarbons. pp. 216-220. 2015.
- [8] Hananto, F. S. Rancang Bangun Sensor Viskositas Cairan Menggunakan Strain Gauge dengan Prinsip Silinder Konsentris. Jurnal Neutrino. Vol. 5. No.2. pp. 87-94. 2013.
- [9] Hicks, C R. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*, Holt, Rinehart and Winston, New York. 1983.
- [10] Idayanti, N. dan Dedi. 2006. Karakterisasi Komposisi Kimia Magnet NdFeB dengan Energi Dispersive Spectroscopy (EDS). Jurnal Elektronika. Vol. 6. No. 2. Hal. 46-5.
- [11] Koontz, H and Weihrich, H. 1988. *Management*, McGraw_Hill Book Co., New York. 1988.
- [12] Miller, I and John E. Freund. *Probability and Statistics for Engineers*. Third Edition. PHI. New Delhi. 1985.
- [13] Robbins, SP, Bergman, R, Stagg, I, and Coulter, M. *Management*. Pearson Education. New South Wales. 2009.
- [14] Wheelen, T L., and Hunger, JD. *Strategic Management and Business Policy*, Ninth Edition, Pearson-Prentice Hall, New Jersey. 2004.

6 TEKNOLOGI PENGOLAHAN GAS

MODIFIKASI LOGIC PILOT VALVE SAAT KONDISI PREFILLING DITINJAU DARI KEBUTUHAN BBG

Marshella Adhitya Giofanny¹, Sonki Prasetya²

^{1,2}Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425, Indonesia

Tel : (021) 7270036 , Fax: (021) 7270034

marshella.giofanny@gmail.com

Abstrak

Turbin gas adalah alat yang mengubah energi panas berasal dari gas bertekanan yang dibakar menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Untuk selanjutnya putaran tersebut dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui generator yang terdapat pada pembangkit. Sumber energi panas berasal dari proses pembakaran bahan bakar gas pada combustor. Pengaturan jumlah bahan bakar diatur oleh control valve yang disesuaikan dengan daya yang dihasilkan generator (beban). Terdapat dua mode pembakaran yaitu pilot valve dan premix valve. Pada beban rendah, pembakaran yang digunakan adalah pilot valve dan pada beban tinggi menggunakan mode pembakaran premix valve. Perubahan pola pembebanan meningkatkan ketidakstabilan pembakaran yang ditunjukkan dengan parameter yang disebut pulsation. Konsep prefilling berfungsi memastikan bahan bakar siap untuk didistribusi agar tidak terjadi flame off pada saat terjadi perubahan mode pembakaran dengan mengaktifkan pilot valve sesaat, untuk mengisi line pipa menuju combustor. Akan tetapi, konsep prefilling berefek pada timbulnya high pulsation. High pulsation sendiri mengaktifkan sinyal proteksi yang menyebabkan operasi turbin gas terganggu. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan kebutuhan bahan bakar gas, menentukan hubungan antara suplai bahan bakar dan bukaan valve, dan memperbaiki sistem prefilling dengan modifikasi logic pada program di kontroler. Perhitungan volume bahan bakar gas akan menentukan nilai variabel valve yang efektif, yang nantinya akan di implementasikan kedalam logic sequence procontrol turbin gas. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah pembakaran yang lebih stabil dan efisien di combustor.

Kata kunci : turbin gas, control valve, mode pembakaran, prefilling, modifikasi logic

Abstract

Gas turbines are devices that convert the heat energy from the burnt compressed gas into the mechanical energy. Moreover, it is converted into the electrical energy through the generator in a power plant unit. Sources of heat energy are derived from fuel (gas) combustion process in the combustor. The setting of fuel amount is regulated by a control valve that is adjusted by the generator power (load). There are two available combustion modes namely the pilot valve and the premix valve. The pilot valve is preferred at minimum load while the premix valve is used at peak load. Operational mode changes can increase the combustion instability, indicated by the parameter called pulsation. The prefilling concept ensures that the fuel is ready to be distributed. This prevents flame off in the event of combustion mode change by activating the pilot valve for a period in order to fill the pipe line with the fuel to the combustor. However, prefilling concept can cause high pulsation in the combustor. High pulsation can trigger the protection signals that interrupts gas turbine operation. The objectives of this research are to analyze the proportion of fuel gas, to determine the relationship between fuel supply and the valve opening, and to optimize the prefilling system by modifying the logic sequence program in the controller system. The calculation of the gas volume determines the effective value of the valve as the variable to be implemented into the gas turbine logic sequence procontrol (controller). Therefore, the output obtained from this research are the stable as well as the efficient combustion in the combustor of the plant.

Keywords : gas turbine, control valve, combustion mode, prefilling, logic modification

1. PENDAHULUAN

Saat ini pembangkit listrik berbahan bakar gas menyuplai 31% dari total energi listrik yang ada di Indonesia [1]. Komponen utamanya yaitu turbin gas yang mempunyai peran penting dalam mengubah energi panas hasil pembakaran bahan bakar gas menjadi bentuk energi lainnya, seperti energi mekanik (berupa putaran poros). Selanjutnya energi mekanik tersebut dikonversi menjadi energi listrik oleh generator [2]. Pengendalian jumlah bahan bakar yang nantinya dibakar di combustor diatur oleh

control valve, dimana bukaan *control valve* menyesuaikan dengan energi listrik yang dihasilkan oleh generator. *Control valve* sangat berpengaruh penting untuk menjaga stabilitas pembakaran saat perubahan pola pembebanan.

Terdapat dua mode pembakaran yaitu *pilot* dan *premix*. *Pilot valve* digunakan saat beban rendah sedangkan *premix valve* digunakan saat beban maksimum [3]. Perubahan mode pembakaran akan meningkatkan ketidakstabilan yang ditunjukkan dengan parameter *pulsation* yaitu vibrasi pada *combustor* yang disebabkan oleh proses pembakaran. Apabila turbin gas selalu beroperasi di beban maksimum, maka *pilot valve* tidak pernah memberi suplai bahan bakar gas. Hal ini bisa menyebabkan *flame off* atau pembakaran yang tiba-tiba hilang jika adanya penurunan beban ke beban minimum dikarenakan tidak adanya bahan bakar gas pada *pilot valve*.

Konsep *prefill* digunakan untuk mengatasi hal ini, yaitu dengan mengaktifkan sesaat *pilot valve*. Akan tetapi *prefill* juga bisa berefek pada timbulnya *high pulsation* yang dapat mengganggu operasi turbin gas [4].

Salah satu cara meningkatkan keandalan *pilot valve* yaitu dengan melakukan perhitungan kebutuhan bahan bakar gas saat kondisi *prefilling* agar tidak menyebabkan *high pulsation*. Setelah proses perhitungan akan dilakukan modifikasi *logic* dengan mengacu pada keamanan sistem. Berikutnya uji dari implementasi modifikasi *logic* perlu dilakukan agar dapat mengetahui sejauh mana keberhasilan modifikasi tersebut guna meningkatkan keandalan performa *pilot valve*.

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 dan *logic pilot valve* saat kondisi *prefilling*. Beberapa data yang diambil yaitu data operasi *pilot valve*, data analisis kualitas gas, *Piping & Instrument Diagram pilot valve* hingga *burner*, data gangguan operasi turbin gas, dan *logic pilot valve* saat kondisi *prefilling*.

2.2 Pengolahan Data

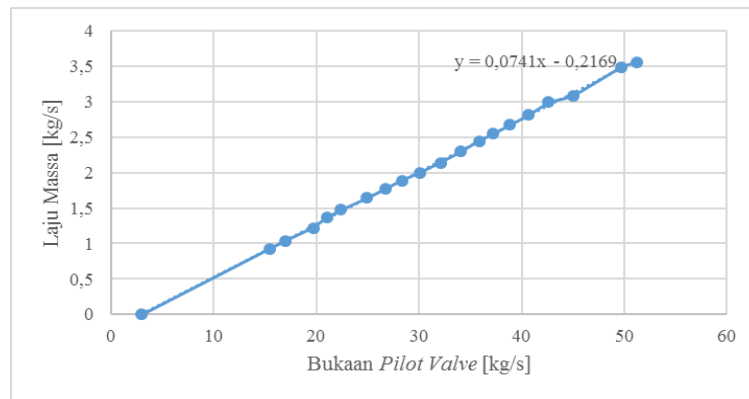
Pada tahap ini, data-data yang telah diperoleh selanjutnya akan diolah menggunakan perhitungan volume bahan bakar gas dengan dimensi pipa dan perhitungan laju alir massa bahan bakar gas yang nantinya dibakar di *combustor*.

2.3 Modifikasi Logic

Setelah melakukan beberapa perhitungan laju alir massa maka nilai bukaan dan menambah parameter baru sebagai proteksi turbin gas dari tingginya nilai *pulsation* dan sistem proteksi turbin gas berasal dari sensor temperatur yang terdapat di *exhaust gas turbine* yang disebut dengan *Temperature After Turbine (TAT)*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- Pada Gambar 1 terlihat bahwa pengoperasian *pilot valve* dimulai dari bukaan 15,48% dengan laju massa bahan bakar 0,928 kg/s. Pengoperasian *pilot valve* akan berhenti dibukaan 51,27% dengan laju massa 3,56 kg/s. Data realtime operasi *pilot valve* akan didapatkan persamaan $y = 0,0741x - 0,2169$, dimana x adalah bukaan *pilot valve* dalam persen dan y adalah laju massa bahan bakar gas.



Gambar.1 Grafik Hubungan Bukaan Pilot Valve Terhadap Flow

- Perhitungan volume bahan bakar gas dengan dimensi pipa
 Dari pengukuran manual dan pengambilan data P&ID, maka diketahui ;
 Ukuran diameter *Pilot valve – Combustor* = DN 3", 4,55m
 Ukuran diameter *Combustor – Main pipe* = DN 3", 1,2m, 12 buah
 Ukuran diameter *Main pipe – Distribution* = DN 1", 0,8m, 6 buah
 Ukuran diameter *Distribution – burner* = DN ¼", 0,96m, 48 buah
 Nilai volume bahan bakar gas pada suatu pipa dapat dilakukan dengan persamaan dibawah ini[5]:

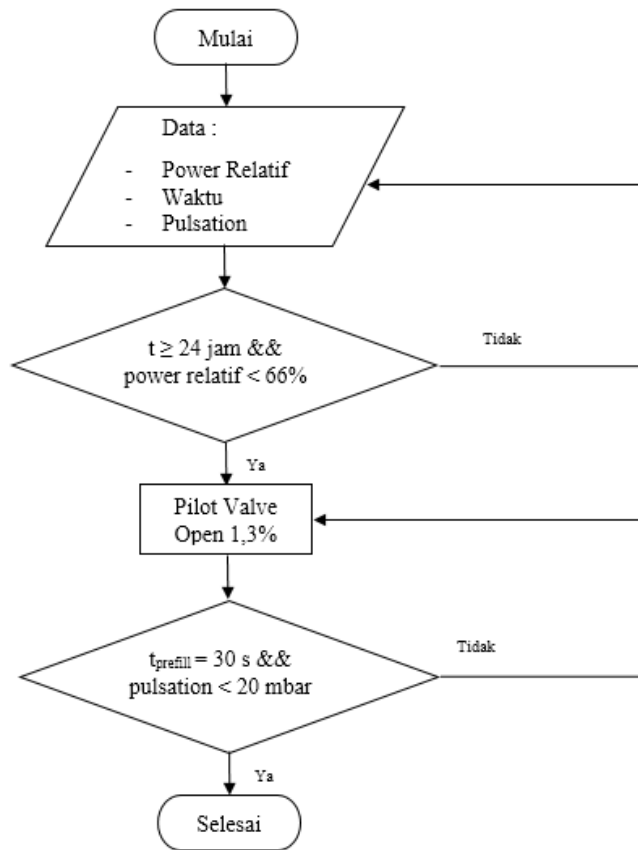
$$V = \pi r^2 l \quad \text{[Persamaan 1]}$$

Setelah menghitung volume pada masing-masing pipa bahan bakar sesuai persamaan diatas, didapat volume pipa bahan bakar gas keseluruhan sistem *pilot valve* hingga *burner* sebesar $85,143 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. Pada *Human Machine Interface* akan termonitor data laju alir massa bahan bakar gas sebelum dan sesudah kondisi *prefilling*. Dari data tersebut dibuat perbandingan hingga didapat laju alir massa saat kondisi *prefilling* adalah 0,1036 kg/s.

- **Hasil Perhitungan**

Dari hasil perhitungan dimensi pipa didapat volume bahan bakar gas sebesar $85,14 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ dengan densitas bahan bakar sebesar $0,828 \text{ kg/m}^3$. Selanjutnya laju alir massa bahan bakar saat kondisi *prefilling* sebesar 0,1036 kg/s dalam waktu 30 detik. Setelah mengetahui persamaan operasi pilot valve yaitu $y = 0,0741x - 0,2169$, maka apabila diketahui apabila laju alir 0,1036 kg/s akan didapat bukaan *pilot valve* yang efektif yaitu sebesar 1,3% selama 30 detik.

- **Sesudah Modifikasi Logic** (Gambar 2) menunjukkan bahwa untuk mengaktifkan *pilot valve* berdasarkan data beban (*power relative*), waktu, dan pengukuran *pulsation*. Mode *prefilling* akan aktif satu kali dalam 24 jam dengan beban 66% dari daya mampu. Nilai ini jika di konversikan terhadap energi listrik ialah $66\% \times \text{daya mampu} = 66\% \times 160 \text{ MW} = 105,6 \text{ MW}$ yang mempunyai nilai histerisis sebesar 0,1%. Apabila dalam 24 jam terjadi penurunan beban hingga 105,6 MW maka *pilot valve* akan membuka sebesar 1,3% selama 30 detik. Modifikasi *logic* saat kondisi *prefilling* juga menambahkan parameter *pulsation* yang terjadi di *combustor* dengan kondisi *pulsation* dibatasi hingga 20mbar.



Gambar.2 Diagram Alir Setelah Modifikasi Logic Pilot Valve Saat Kondisi Prefilling

- **Trending Human Machine Interface Sebelum Modifikasi Logic**

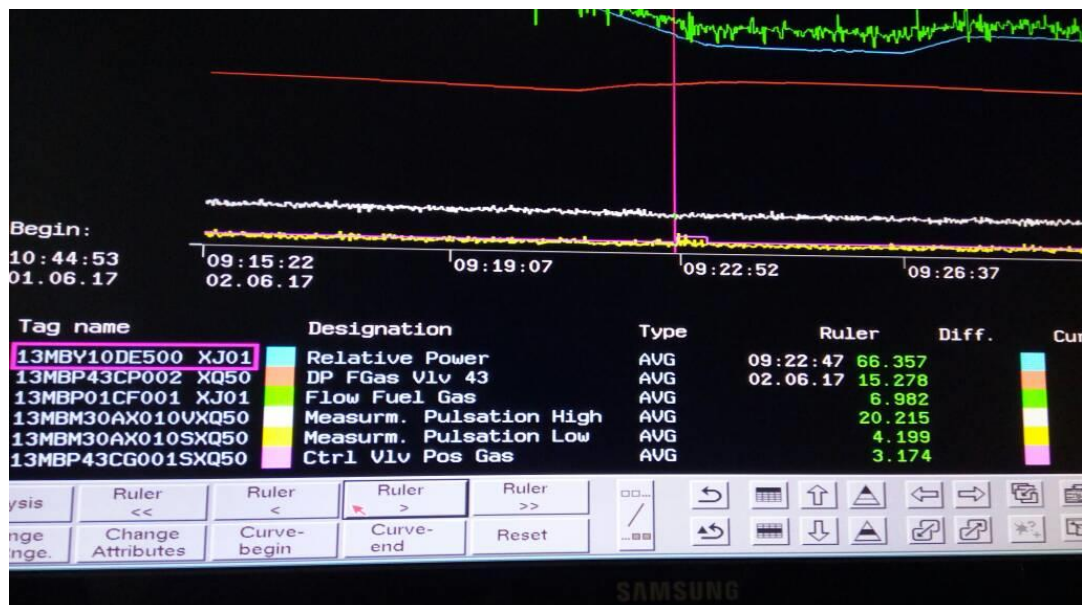
Ketika terjadi penurunan beban menjadi beban minimum, maka sinyal proteksi PLS aktif yang menyebabkan gangguan operasi turbin gas. Gangguan tersebut berupa penurunan beban sebesar 80 MW/menit. Beban turbin gas menjadi 100 MW dengan rentang pengukuran *low pulsation* 6,05 mbar hingga *high pulsation* sebesar 70,21 mbar. Apabila nilai *high pulsation* terjadi dalam waktu yang lama maka akan dapat menyebabkan *derating* seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar.3 Trending HMI Saat Gangguan Turbin Gas Karena Prefilling

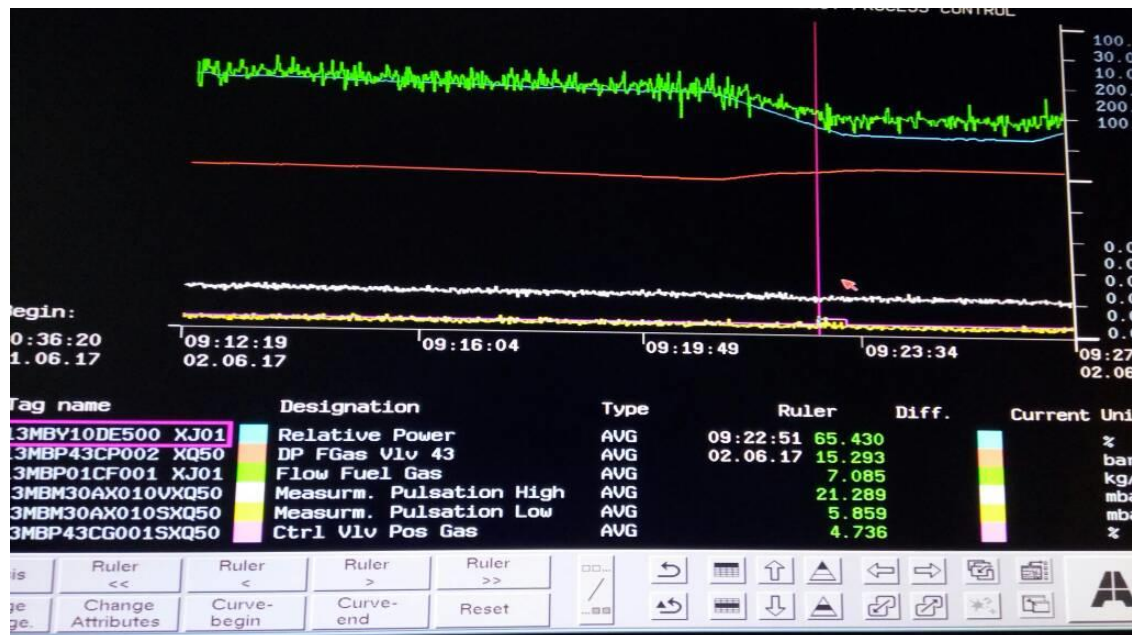
- **Trending Human Machine Interface Sesudah Modifikasi Logic**

Pengoperasian turbin gas pada 66,357% beban relatif ialah sama dengan 106,17 MW. Pada beban ini termasuk beban minimum pengoperasian turbin gas, namun belum terjadi *prefilling* bahan bakar gas. Saat beban sebesar 106,17 MW, pengukuran *pulsation* masih dalam rentang 4,19 – 20,21 mbar dimana nilai tersebut masih dalam batas aman. Laju massa pada beban tersebut adalah 6,982 kg/s dengan perbedaan tekanan sebesar 15,27 bar sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar.4 Trending HMI Normal Operasi (Sebelum Prefilling)

Saat penurunan beban turbin gas menjadi 65,43% beban relatif atau sebesar 104,66 MW maka *prefilling* mulai aktif dan *pilot valve* siap bermanuver karena sesuai dengan *set point prefilling* yaitu 66% beban relatif. Pada Gambar 5 terlihat bahwa terjadi kenaikan laju massa menjadi 7,085 kg/s dimana nilai ini bertambah 0,103 kg/s dari kondisi normalnya yaitu 6,982 kg/s. Perbedaan tekanan sebesar 15,293 bar DAN pengukuran *pulsation* dalam rentang 5,85 – 21,28 mbar.



Gambar.5 Trending HMI Saat Prefilling

Setelah *pilot valve* aktif dan mengalirkan bahan bakar gas ke *burner* pada beban 63,33 beban relatif atau 101,328 MW maka proporsi bahan bakar gas dikurangi menjadi 6,719 kg/s dengan perbedaan tekanan bernilai 15,53 bar. Rentang pengukuran *pulsation* 6,25 – 21,19 mbar seperti yang ada pada Gambar 6.



Gambar.6 Trending HMI Sesudah Prefilling

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data secara kuantitatif dan kualitatif yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut ;

- Volume bahan bakar gas sebesar $85,14 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ dengan densitas bahan bakar sebesar $0,828 \text{ kg/m}^3$. Dengan penambahan laju alir massa bahan bakar saat *prefilling* sebesar $0,1036 \text{ kg/s}$.
- Perubahan bukaan *pilot valve* menjadi 1,3% dari 1,5% selama 30 detik untuk mengisi pipa *pilot valve* hingga *burner* tanpa menyebabkan *high pulsation*.
- Hubungan antara bukaan valve berbanding lurus dengan laju massa bahan bakar gas.
- Penambahan parameter input *pulsation* akan meminimalisir gangguan operasi turbin gas. Parameter *pulsation* dibatasi hingga 20 mbar.
- Dengan memperbaiki *prefill* terhadap kebutuhan bahan bakar dapat mengurangi dan menghilangkan gangguan PLS karena terjadi *high pulsation*.
- Dengan perbaikan fungsi *prefill* ini diharapkan tidak terjadi lagi *derating* karena adanya gangguan dari sisi *prefill*.

Daftar Pustaka

- [1] ESDM, *Statistik Ketenagalistrikan 2015*. 2016.
- [2] Baskharone, E.A., *Principles of turbomachinery in air-breathing engines*. 2006: Cambridge University Press.
- [3] Alstom, *Operating Instruction of Alstom Gas Turbine GT13E2, in Fuel Gas System*. 2008.
- [4] Asnawadi Hidayat, D.T.Y., Endrik Purbo, *Optimalisasi Mode Prefilling Untuk Meningkatkan Keandalan Turbin Gas* 2013.
- [5] Bruce R. Munson, D.F.Y., Theodore H. Okiishi, *Mekanika Fluida*. Keempat ed. 2003: Erlangga.

7 PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

ANALISIS DAMPAK START UP PEMBANGKIT SUPERCRITICAL BOILER TANPA BOILER CIRCULATING PUMP DI PLTU 2 JATENG ADIPALA

Syifa Mayisnaeniah¹, Zahra Nabilah², Paulus Sukusno³

¹Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G. A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424 syifamayis19@gmail.com

²Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Listrik memiliki peran yang sangat penting dalam perekonomian nasional. Mengingat begitu vitalnya peran listrik dalam sepuluh tahun terakhir pemerintah gencar membangun berbagai pembangkit listrik. Salah satu pembangkit listrik yang dibangun adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Adipala yang menggunakan boiler supercritical. Boiler supercritical membutuhkan boiler circulating pump (BCP) yang berfungsi mengalirkan air untuk kepentingan start up. Pada saat BCP tidak dapat dioperasikan, maka harus dilakukan emergency start up tanpa BCP, dimana hal tersebut akan berdampak kepada pola pengoperasian dan kinerja dari boiler itu sendiri. Tugas akhir ini mengevaluasi sejauh mana dampak dari emergency start up unit tanpa BCP serta membandingkan dampak tersebut dengan resiko kehilangan kesempatan produksi. Hasil analisis ini perbandingan efisiensi start up saat beban transien (beban 0-50%) menggunakan BCP dengan tanpa BCP, evaluasi perpindahan panas komponen boiler yang dihubungkan dengan lifetime material komponen boiler tersebut dan perhitungan biaya produksi pembangkit dengan tanpa BCP dibandingkan dengan potensi kerugian unit apabila tidak bisa masuk jaringan.

Kata Kunci: BCP, boiler supercritical, start up

Abstract

Electricity has a big role in the national economy. Given the vital role of electricity in the last ten years, the government intensively built various power plants. One of those power plants is the Adipala Steam Power Plant (PLTU) which is using supercritical boilers. Supercritical boiler requires a boiler circulating pump (BCP) that serves to drain water for the necessity of starting up. When BCP can not be operated, emergency start up without BCP is required, which will affect the operating and performance patterns of the boiler itself. This final project evaluates the extent of the impact of an emergency start up units without BCP and compares these impacts with the risk of losing production opportunities. The result of this analysis the comparison of start-up efficiency when the transient load (0-50% load) using BCP and without BCP, evaluation of heat transfer of boiler components related to the lifetime of the boiler component material And the calculation of production costs generated with no BCP compared to the potential loss of the unit if it can not enter the network.

Keywords: BCP, start up, supercritical boiler

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada boiler supercritical, BCP merupakan komponen penting dan harus siap untuk dioperasikan karena BCP merupakan *flow minimum* dari *water supply* untuk *cooling waterwall*. Akan tetapi, saat BCP tidak dapat dioperasikan maka harus dilakukan *emergency start up boiler* tanpa menggunakan BCP. Dengan tidak beroperasinya BCP akan berdampak kepada pola pengoperasian dan kinerja dari boiler itu sendiri.

1.2 Tujuan

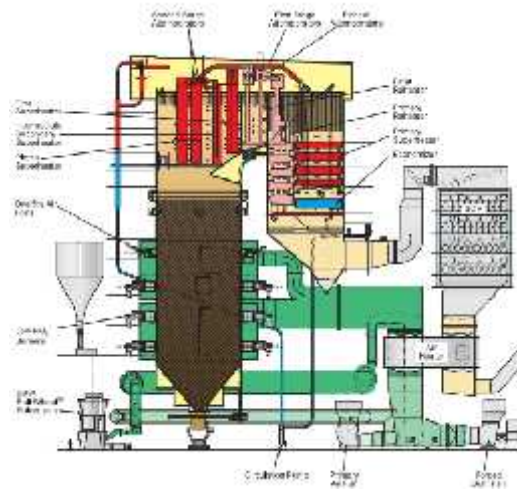
Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah menentukan efisiensi *start up* saat beban transien menggunakan BCP dengan tanpa BCP, *heat transfer* komponen boiler yang berhubungan dengan sifat mekanik material komponen boiler tersebut dan biaya produksi pembangkit dengan tanpa BCP dibandingkan dengan potensi kerugian unit apabila tidak bisa masuk jaringan.

1.3 DASAR TEORI

Supercritical Boiler

Boiler supercritical termasuk ke dalam *high pressure boiler* dengan tekanan diatas 22,1 MPa dan temperatur diatas 400°C. Pada boiler super-critical, tidak ada keadaan dimana terdapat dua fase pada air dan membutuhkan separator, jadi boiler didesain tanpa *steam drum*. Umumnya boiler super-critical

berupa *once through boilers* dimana air dipompakan pada tekanan *boiler feed pump* lalu melewati tahap pemanasan pada *boiler* kemudian disirkulasikan ke turbin pada temperatur akhir. [1]



Gambar.1 Supercritical Boiler

Sumber: Quality Products for The Power Generation Industry, Babcock & Wilcox Power Generation Group 2008

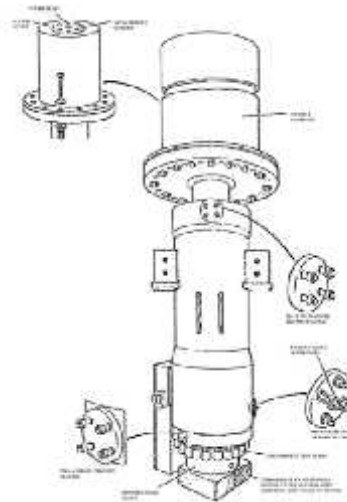
Supercritical Boiler Start-Up System

Komponen sistem *start-up* meliputi *vertical steam separators (VSS)*, *water collecting tank (WCT)*, *boiler circulation pump (BCP)*, *valves*, *piping* dan alat-alat *auxiliary*. Jalur pipa utama pada sistem *start-up* terdiri atas *subcooling pipeline*, *BCP inlet pipeline*, *BCP outlet pipeline*, *separator high level control pipeline*, *BCP recirculation pipeline*, *warming system pipeline* dan sebagainya. Sistem *start-up* dilengkapi dengan *Boiler circulation pump* yang berfungsi untuk memberikan sirkulasi cairan yang efektif dan mempertahankan aliran minimum yang diperlukan untuk proteksi *furnace*.

Air pengisi (*feedwater*) dipanaskan oleh *furnace* lalu mengalir ke *VSS*, lalu air panas yang telah terpisah dengan uap dialirkan kembali ke *economizer* oleh *BCP* melewati *inlet* dan *outlet* pipa. Uap yang telah terpisah dengan air di *VSS* memasuki *roof tubes*, *perpendicular convection panel*, *horizontal convection panel*, lalu *primary superheaters*, *platen superheaters*, *secondary superheater inlet* dan *secondary superheater outlet*, dan mengalir ke pipa *superheater outlet*. Pada saat beban telah mencapai titik benson, sistem *start-up* akan berhenti dan berganti menjadi *standby* dan *boiler* beroperasi pada mode *once-through*. Apabila level *WCT* mencapai *range* tinggi saat *start-up*, air akan mengalir ke *flash blowdown tank* dan *drainage tank*. Saat *discharge* *BCP* berkurang sampai minimum, katup resirkulasi akan terbuka untuk mengatur resirkulasi antara *WCT* dan pompa. [2]

Boiler Circulating Pump

Pada PLTU Adipala, *boiler* menerapkan prinsip aliran dengan bantuan *Boiler Circulation Pump (BCP)*. Air yang telah dipisahkan di *separator* dikumpulkan di *water collecting tank* yang selanjutnya akan dipompakan oleh *BCP* menuju *economizer*. *BCP* digunakan ketika *start up* hingga mencapai beban sinkron (beban 30%).



Gambar.2 Boiler Circulating Pump

Sumber: Adipala Operating & Maintenance Manual, Hayward Tyler 2011

Heat Transfer

1. Perpindahan panas secara konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cair maupun gas) yang dalam gerakannya membawa sejumlah panas. Pada saat molekul fluida tersebut menyentuh dinding atau pipa ketel maka panasnya dibagikan sebagian kepada dinding atau pipa ketel, sedangkan sebagian lagi dibawa molekul pergi.

$$Q = \dot{m} \times \Delta h \quad \text{[Persamaan 1]}$$

Dimana Q adalah nilai perpindahan panas (KJ/h), \dot{m} adalah aliran massa (Kg/h) dan Δh adalah perbedaan enthalpy (KJ/Kg). (Djokosetyardjo, 1993)

2. Perpindahan panas secara radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas antara suatu benda ke benda yang lain dengan jalan melalui gelombang-gelombang elektromagnetik tanpa tergantung kepada ada atau tidak adanya media diantara benda yang menerima pancaran panas tersebut.

$$Q = \epsilon \sigma A T^4 \quad \text{[Persamaan 2]}$$

Dimana Q adalah energi (W) yang terkena radiasi dari permukaan, A adalah luas area permukaan (m^2), T adalah temperatur absolut (K), σ adalah konstanta Stefan-Boltzmann ($56,7 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2\text{K}^4$) dan ϵ adalah emissivitas. [4]

Perhitungan efisiensi boiler

Efisiensi adalah suatu tingkatan kemampuan kerja dari suatu alat. Sedangkan efisiensi pada boiler adalah prestasi kerja atau tingkat unjuk kerja boiler atau ketel uap yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan ke atau diserap oleh fluida kerja didalam ketel dengan masukan energy kimia dari bahan bakar. Untuk tingkat efisiensi pada boiler atau ketel uap tingkat efisiensinya berkisar antara 70% hingga 90%. (Agung.N, 2007) Terdapat dua metode pengkajian efisiensi boiler :

1. Metode Langsung: energi yang didapat dari fluida kerja (air dan steam) dibandingkan dengan energy yang terkandung dalam bahan bakar boiler.

$$\text{Boiler Efficiency}(\eta) = \frac{Q \times (h_g - h_f)}{q \times GCV} \times 100 \quad \text{[Persamaan 3]}$$

Dimana Q adalah kuantitas uap yang dihasilkan per jam [kg/h], q adalah kuantitas bahan bakar per jam [kg/h] dan GCV adalah jenis bahan bakar dan nilai kalor bruto bahan bakar [kcal/kg].

2. Metode Tidak Langsung: efisiensi merupakan perbedaan antara kehilangan dan energi yang masuk. [5]

2. METODE PENELITIAN

-) Studi literatur mengenai rumus yang relevan untuk menentukan efisiensi *boiler*, perpindahan panas dan biaya produksi.
-) Pengumpulan data yang dibutuhkan untuk proses perhitungan yang didapat dari *trending* data di DCS dan laporan operasi.
-) Mengolah data dengan menghitung perpindahan panas pada komponen *boiler* dengan menggunakan persamaan 1 (untuk *economizer, superheater, reheater* dan *air heater*) dan persamaan 2 (untuk *furnace*), menghitung biaya produksi ketika *start up* unit dan menghitung efisiensi *boiler* menggunakan persamaan 3.
-) Menganalisis pengaruh *start up* tanpa BCP terhadap *lifetime tube-tube boiler*, biaya produksi dan perbandingan efisiensi *boiler start up* menggunakan BCP dengan tanpa BCP.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Efisiensi Boiler ketika Beban Transien

Berikut merupakan data yang digunakan untuk menentukan besarnya efisiensi *boiler* ketika *start up* dengan BCP dan tanpa BCP.

Tabel.1 Data ketika *start up* dengan BCP

Variabel	Satuan	Start Up dengan BCP			
		0 MW	50 MW	220 MW	330 MW
<i>Steam Flow</i>	kg/h	185860	234460	715520	1037580
<i>Fuel Flow</i>	kg/h	75533,66	76306	136770	197710
GCV	kalori	9100	9100	4219,45	4366,91
T outlet SH	°C	417,83	425,50	529,96	554,27
P outlet SH	MPa	6,55	6,54	19,16	17,44
T inlet Eco	°C	188,20	185,02	224,37	234,96
T inlet RH	°C	151,40	152,24	256,06	288,51
P inlet RH	MPa	0,43	0,50	1,60	2,18
T outlet RH	°C	444,68	338,96	523,27	546,09
P outlet RH	MPa	0,40	0,41	1,50	2,08

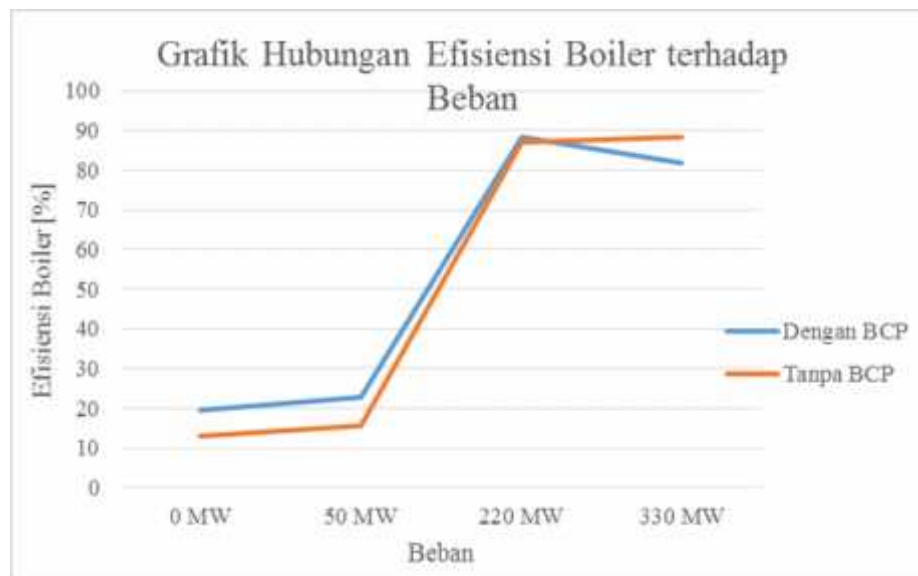
Tabel.2 Data ketika *start up* tanpa BCP

Variabel	Satuan	Start Up Tanpa BCP			
		0 MW	50 MW	220 MW	330 MW
<i>Steam Flow</i>	kg/h	166226,37	215222,57	722873,70	1019765
<i>Fuel Flow</i>	kg/h	120521,51	129251,18	142486,50	198940
GCV	kalori	9100	9100	4108,57	4108,57
<i>T outlet SH</i>	°C	432,92	418,83	506,54	557,73
<i>P outlet SH</i>	MPa	6,76	6,88	16,98	16,64
<i>T inlet Eco</i>	°C	55,57	57,10	225,35	243,27
<i>T inlet RH</i>	°C	152,09	159,39	205,66	291,86
<i>P inlet RH</i>	MPa	0,45	0,60	1,63	2,17
<i>T outlet RH</i>	°C	446,14	434,81	475,31	546,96
<i>P outlet RH</i>	MPa	0,41	0,52	1,57	2,04

Tabel 3 merupakan hasil besarnya efisiensi boiler yang diperoleh dari perhitungan data pada tabel 1 dan 2.

Tabel.3 Perbandingan Efisiensi

Efisiensi Boiler [%]				
Metode <i>Start Up</i>	0 MW	50 MW	220 MW	330 MW
Dengan BCP	19,53	22,94	88,20	81,66
Tanpa BCP	13,14	15,54	86,91	88,44



Gambar.3 Grafik Efisiensi *Boiler* terhadap Beban

Dari data dan grafik pada tabel 3 dan gambar 3, menunjukkan bahwa pada beban 0 MW sampai 220 MW nilai efisiensi *boiler* saat *start up* tanpa menggunakan BCP lebih kecil dari nilai efisiensi *boiler* saat *start up* menggunakan BCP. Dengan selisih nilai efisiensi *boiler* terbesarnya yaitu 7 % saat beban 0 MW. Sedangkan pada beban 330 MW, nilai efisiensi *boiler* saat *start up* tanpa menggunakan BCP lebih besar dari nilai efisiensi *boiler* saat *start up* menggunakan BCP dengan selisih 6 %.

3.2. Perhitungan Biaya Produksi dan Kerugian apabila tidak Masuk Jaringan PLN

Tabel.4 Biaya Produksi *Start Up* dengan BCP

<i>Start-Up dengan Boiler Circulating Pump</i>			
Bahan Baku	Jumlah pemakaian	Harga perliter	Jumlah
HSD di <i>main boiler</i>	90226,07	Rp5.623	Rp507.341.191,61
Air demin	186018,4	Rp18,42	Rp3.427.016,98
Total			Rp510.768.208,59

Tabel.5 Biaya Produksi *Start Up* tanpa BCP

<i>Start-Up tanpa Boiler Circulating Pump</i>			
Bahan Baku	Jumlah pemakaian	Harga perliter	Jumlah
HSD di <i>main boiler</i>	146848,467	Rp5.623	Rp825.728.929,94
Air demin	1231713,1	Rp18,42	Rp22.691.850,44
Total			Rp848.420.780,38

Tabel.6 Kerugian apabila tidak sinkron dengan PLN selama sehari

Kerugian tidak <i>Start Up</i> dalam Sehari		
Beban [KW]	Harga per kWh	Jumlah
660000	Rp450	Rp7.128.000.000
330000		Rp3.564.000.000

Dari tabel 4 dan tabel 5, dapat dilihat bahwa jumlah pemakaian HSD di *main boiler* dan air demin saat *start up* tanpa menggunakan BCP jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah pemakaian HSD di *main boiler* dan air demin saat *start up* apabila menggunakan BCP. Kerugian yang terjadi paling besar terdapat pada pemakaian air demin dimana ketika *start up* tanpa BCP, pemakaian air demin mengalami kenaikan hingga 80%. Dengan harga HSD dan air demin yang sama, total biaya produksi saat *start up* tanpa menggunakan BCP sebesar Rp848.420.780,38 sedangkan apabila *start up* menggunakan BCP sebesar Rp510.768.208,59. Kerugian biaya produksi apabila *start up* tanpa menggunakan BCP mencapai 40%.

Pembahasan Efisiensi Boiler

Pada *boiler supercritical*, saat *start up* yaitu beban belum mencapai 30%, *steam* yang dihasilkan masih berupa uap air. Pemisahan uap dan air terjadi di *separator*. Air yang telah dipisahkan di *separator* ditampung oleh *water collecting tank*. Air tersebut nantinya akan disirkulasikan kembali oleh *boiler circulating pump* (BCP) sebagai *feed water* ke *economizer* untuk pemanasan awal. Jika *start up* tanpa BCP, *feed water* tersebut akan dibuang (tidak dimanfaatkan kembali). Hal inilah yang menyebabkan konsumsi bahan bakar (HSD) dan air demin lebih banyak dalam metode ini. Konsumsi bahan bakar juga berpengaruh terhadap efisiensi *boiler*. Apabila ditinjau dari persamaan 1 yaitu rumus efisiensi *boiler*, semakin banyak bahan bakar yang dikonsumsi semakin kecil efisiensi yang diperoleh. Hal inilah penyebab lebih kecilnya efisiensi *boiler* apabila *start up* tanpa menggunakan BCP pada beban 0-30%. Sedangkan pada beban 50% *steam* yang dihasilkan sudah berupa uap kering, sehingga tidak diperlukan BCP untuk mensirkulasikan air karena sudah tidak ada air yang dipisahkan di *separator*. Oleh sebab itu, perbandingan efisiensi *boiler* pada beban 50% saat *start up* menggunakan

BCP dan *start up* tanpa menggunakan BCP tidak dapat dipastikan. Banyak faktor lain yang dapat menyebabkan efisiensi *boiler* pada beban 50% saat *start up* tanpa menggunakan BCP lebih besar dari *start up* menggunakan BCP.

Pembahasan Perbandingan Biaya Produksi dengan Kerugian apabila tidak Masuk Jaringan

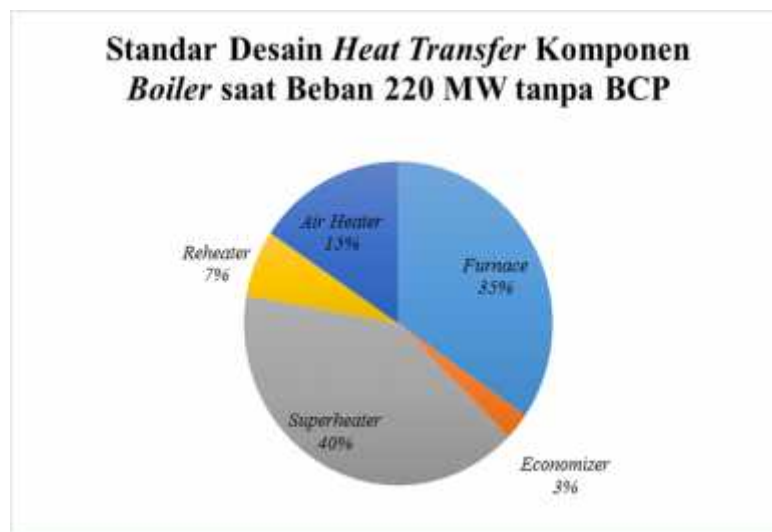
Dari data pada tabel 3 dan tabel 4 menunjukkan bahwa kerugian apabila tidak masuk jaringan dalam sehari jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya produksi saat *start up* tanpa menggunakan BCP. Dengan selisih sebesar 88% apabila *full load* (beban 660 MW) dan 76,2% apabila beban 50% (330 MW).

3.3 Perbandingan Heat Transfer Komponen Boiler

Tabel.7 Standar Desain Heat Transfer Komponen Boiler

Standar Desain Heat Transfer Komponen Boiler					
Beban [MW]	Heat Transfer [KJ/h]				
	Furnace	Economizer	Superheater	Reheater	Air Heater
220	1390993999	107347376	1625000000	268000000	624782800

Sumber: Boiler Maintenance Manual for PLTU 2 Jateng Adipala, China National Technical Import & Export Corporation 2016



Gambar.4 Grafik Lingkaran Standar Desain Heat Transfer Komponen Boiler

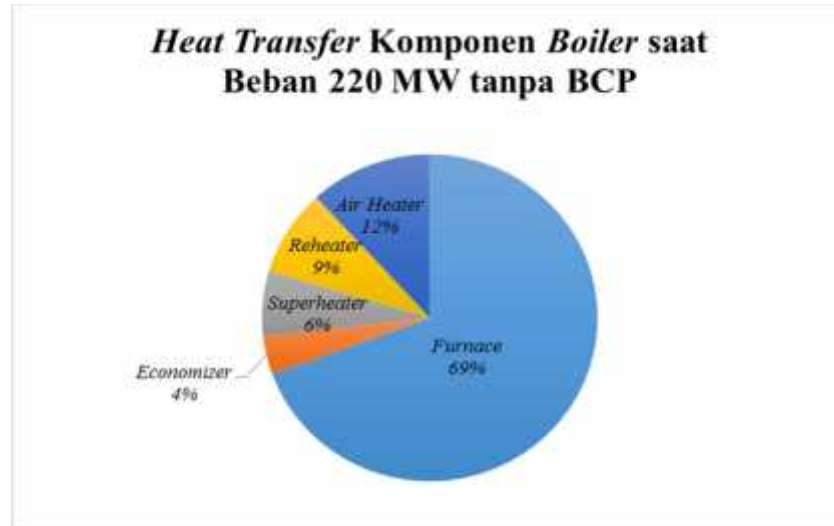
Tabel.8 Data Hasil Trending DCS

Steam Flow	Feedwater Flow	Furnace	Economizer		Superheater			Reheater				Air Heater			
		T	T in	T out	T in	P in	T out	P out	T in	P in	T out	P out	T in	T out	
[Kg/h]		°C					Mpa	°C	Mpa	°C	Mpa	°C	Mpa	°C	
722873,70	721839	977,65	225,35	281,33	391,20	17,24	506,54	16,98	205,66	1,63	475,31	1,57	316,95	110,50	

Berikut adalah hasil perhitungan *heat transfer* dari data pada tabel 8 menggunakan persamaan 1 (untuk *economizer*, *superheater*, *reheater* dan *air heater*) dan persamaan 2 (untuk *furnace*).

Tabel.9 Heat Transfer Komponen Boiler saat Start Up tanpa BCP

Beban [MW]	Heat Transfer [KJ/h]				
	Furnace	Economizer	Superheater	Reheater	Air Heater
220	3616861049	198741762	334639154	444313208,7	616165800



Gambar.5 Grafik Lingkaran Heat Transfer pada Komponen Boiler saat Start Up tanpa BCP

Apabila grafik lingkaran *heat transfer* komponen *boiler* saat *start up* tanpa BCP pada beban 220 MW dibandingkan dengan grafik lingkaran standar *heat transfer* komponen *boiler* pada beban 220 MW, terlihat perbedaan presentase yang cukup besar pada bagian *heat transfer furnace*. *Heat transfer furnace* saat *start up* tanpa BCP memiliki presentase sebesar 69% sedangkan standarnya adalah 35%.

Pembahasan Pengaruh Heat Transfer terhadap Lifetime Material

Lebih besarnya nilai *heat transfer furnace* saat *start up* tanpa BCP pada beban 220 MW dari standar desain *heat transfer furnace* pada beban 220 MW menunjukkan bahwa terjadi penyerapan panas yang berlebih pada *furnace* apabila *start up* tanpa menggunakan BCP. Hal ini disebabkan oleh lebih besarnya nilai temperatur *furnace* saat *start up* tanpa BCP pada beban 220 MW yaitu sebesar 977,65 °C dari temperatur standar *furnace* pada beban 220 MW yaitu sebesar 712 °C. Akibatnya, material *tube-tube furnace* mengalami *overheating* (temperatur pemanasan yang sangat tinggi) ditambah dengan besarnya perbedaan temperatur *feed water* yang mengalir di *tube-tube furnace* dengan temperatur material *tube-tube furnace* itu sendiri yang mengakibatkan terjadinya pendinginan yang cepat dan *thermal stress*. Dampaknya, sifat mekanik material menjadi lebih keras dan getas (meningkatnya besar butir dan bertambahnya komposisi karbon pada struktur mikro baja). Hal ini dapat menimbulkan potensi *crack propagation* (perambatan retak) saat *tube-tube furnace* terkena fluktuasi (ketidak tepatan atau guncangan) aliran air. Perambatan retak tersebut nantinya akan menyebabkan cepat patah nya *tube-tube furnace*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Efisiensi *boiler* di PLTU 2 Jateng Adipala mengalami penurunan efisiensi ketika *start up* tanpa *boiler circulating pump* (BCP) sebesar 6% ketika beban 0 MW, 7% ketika beban 50 MW, 2% ketika beban 220 MW. Pada beban 50% (330 MW), efisiensi *boiler* ketika *start up* tanpa BCP lebih besar 6%. Dimana efisiensi *boiler* ketika *start up* dengan BCP sebesar 81%, naik menjadi 88% ketika *start up* tanpa BCP.
2. Presentase *heat transfer furnace* saat *start up* tanpa BCP pada beban 220 MW lebih besar dari presentase standar desain *heat transfer furnace* dengan selisih 34%. Lebih besarnya presentase *heat*

transfer furnace dari standar desainnya menyebabkan sifat mekanik material dari *tube-tube furnace* menjadi lebih keras dan getas, akibatnya cepat patah.

3. Biaya produksi ketika *start up* tanpa BCP jauh lebih besar dibanding biaya produksi ketika *start up* menggunakan BCP dengan selisih sebesar Rp 337.652.571,8.
4. Kerugian apabila tidak masuk jaringan dalam sehari jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya produksi saat *start up* tanpa menggunakan BCP. Dengan selisih sebesar 88% apabila *full load* (beban 660 MW) dan 76,2% apabila beban 50% (330 MW).

4.2. Saran

1. Perlu adanya peningkatan perawatan komponen untuk menunjangnya kenaikan *performance* pembangkit itu sendiri.
2. Mengupayakan sirkulasi kembali air dari *water collecting tank* (WCT) ke kondensor yang dapat digunakan kembali sebagai air kondensat untuk mengurangi meningkatnya pemakaian air demin ketika *start up* tanpa BCP.
3. Jika dilihat dari besarnya angka kerugian yang akan dialami oleh PLTU 2 Jateng Adipala jika tidak melakukan *start up* pembangkit, *emergency start up* sangat dianjurkan untuk menghindari kerugian tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. J. P. Buhre, R. Gupta, S. Richardson, A. Sharma, C. Sepro, T. Wall, "PF-Fired Supercritical Boilers, Operational Issues and Coal Quality Impacts," *University of Newcastle*, pp. 2, 2002.
- [2] Babcock & Wilcox Beijing Company Ltd, "Boiler Instruction: Chapter 10 Boiler Start-Up System," *Babcock & Wilcox Beijing Company Ltd*, pp. 2-3, 2012.
- [3] Hayward Tyler Ltd, "Adipala Operating & Maintenance Manual," *Hayward Tyler Ltd*, pp. 11, 2011.
- [4] Djokosetyardjo. M. J, "Ketel Uap," *Pradnya Paramita*, 2003.
- [5] Youdhiyan Prasetyo, "Performance Evaluatin of Boilers," *Youdhiyan Prasetyo for Power Plant In-House Training*, pp. 1-2, 2010.

OPTIMALISASI PENYERAPAN ENERGI MATAHARI SISTEM HYBRID PANEL SOLAR CELL DAN SOLAR THERMAL MENGIKUTI POLA PERGERAKAN MATAHARI DENGAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN BERBASIS PLC-SCADA

Wisnu Hendri Mulyadi¹, Nuralam².

¹Politeknik Negeri Jakarta, Jln. Prof.DR.GA. Siwabessy, Kampus Baru UI Depok, No. Telp.(62-21)7863531.
No. Fax.(62-21)7863531, mulyadiwisnu@yahoo.co.id,

²Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Pemanfaatan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi berasal dari efek cahaya radiasi dan panas yang ditimbulkan. Pemanfaatan radiasi cahaya matahari untuk menghasilkan sumber tenaga listrik melalui alat konversi panel surya (solar Cell) sedangkan panas dari sinar matahari dapat menghasilkan pemanasan air dengan energi matahari dengan menggunakan alat konversi kolektor panas matahari atau sering disebut solar thermal sehingga dihasilkan air panas untuk kegiatan utilitas.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tegangan (V_{pv}) dan arus (I_{pv}) yang dihasilkan panel solar cell dengan mengatur sudut penempatan solar cell terhadap sumber cahaya. Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu halogen dengan daya 1000 watt dengan pengaturan posisi panel solar cell 20 WP diatur pada sudut $45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ dan 120° . Pengamatan dengan menggunakan multimeter digital terhadap nilai keluaran arus dan tegangan panel solar cell pada sudut 45° adalah V_{pv} 11,8VDC dan I_{pv} 0,31 A, pada sudut 60° adalah V_{pv} 11,9VDC dan I_{pv} 0,40 A, pada sudut 90° adalah V_{pv} 12,3VDC dan I_{pv} 0,88 A dan pada sudut 120° adalah V_{pv} 12VDC dan I_{pv} 0,58 A

Penempatan panel solar cell akan menghasilkan nilai tegangan dan arus paling optimal apabila sudut penempatan panel solar cell tegak lurus terhadap sumber cahaya yaitu pada sudut 90° . Dengan hasil tersebut dibuatkan sistem hybrid solar cell dan solar thermal berbasis PLC dengan software pemrograman CX-Programmer dan tampilan HMI SCADA dengan Software pemrograman CX-Designer

Kata Kunci: Solar cell, Hybrid, PLC, SCADA.

Abstract

The utilization of solar radiation to generate power source through solar cell conversion device (solar cell) while the heat from sunlight can produce water heating with solar energy by using solar thermal collector conversion tool or often called solar thermal so that hot water generated for utility activities

This study aims to analyze the voltage characteristics (V_{pv}) and current (I_{pv}) generated by solar cell panels by adjusting the angle of solar cell placement to the light source. Light source used is a halogen lamp with a power of 1000 watts with the position of solar cell panel capacity 20 WP set at an angle of $45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ and 120° . Observation by using digital multi meter to the output value of current and voltage of solar cell panel at 45° angle is V_{pv} 11,8VDC and I_{pv} 0,31 A, at angle 60° is V_{pv} 11,9VDC and I_{pv} 0,40 A, at angle 90° is V_{pv} 12.3VDC and I_{pv} 0.88 A and at an angle of 120° is V_{pv} 12VDC and I_{pv} 0.58 A

Placement of solar cell panels will produce the most optimal voltage and current value when the angle of solar cell panel positioning perpendicular to the light source at an angle of 90° . With these results, solar cell and solar thermal hybrid systems based on PLC with CX-Programmer programming software and HMI SCADA display with CX-Designer programming software

Keywords: Solar cell, Hybrid, PLC, SCADA

I Pendahuluan/Latar Belakang

Energi matahari merupakan sumber energi terbarukan dan sekaligus ramah lingkungan karena ketersediaan energi radiasi matahari tetap terjaga dan relatif tidak memiliki gas buang yang berakibat buruk terhadap kelangsungan hidup manusia, energi matahari tersedia melimpah di permukaan bumi, terutama daerah yang dilalui garis khatulistiwa, namun energi matahari sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan masih minim dimanfaatkan untuk ketahanan energi

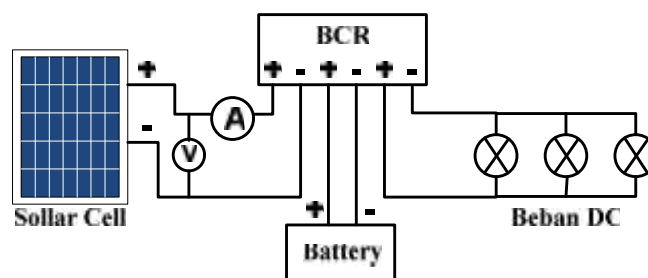
Pemanfaatan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi berasal dari efek cahaya radiasi dan panas yang ditimbulkan. Pemanfaatan radiasi cahaya matahari untuk menghasilkan sumber tenaga listrik melalui alat konversi panel surya (solar Cell) sedangkan panas dari sinar matahari dapat menghasilkan pemanasan air dengan energi matahari dengan menggunakan alat konversi kolektor panas matahari atau sering disebut solar water heater sehingga dihasilkan air panas untuk kegiatan utilitas.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan sudut panel solar cell terhadap sumber cahaya, lalu dibuat rekayasa sistem kontrol panel solar cell dan solar thermal dengan bergerak mengikuti pergerakan sinar matahari mulai saat matahari terbit hingga matahari terbenam, Design sistem pergerakan panel hybrid solar cell dan solar water heater akan ditampilkan dalam sistem HMI SCADA CX-Designer, sedangkan pengontrolan sistem pergerakan motor servo sehingga dapat mengikuti gerak sinar matahari menggunakan kontrol Programmable Logic Controller (PLC) dengan bantuan software pemrograman CX- Programmer.

Diharapkan dengan rekyasa hybrid pergerakan panel solar cell dan solar water heater mengikuti pola pergerakan sinar matahari dapat mengoptimalkan panel solar thermal dan solar cell karena akan terus saling berhadapan dengan pusat sinar matahari dan sistem monitoring dan pengendalian sistem hybrid lebih efektif dan optimal dengan bantuan teknologi berbasis PLC dan SCADA.

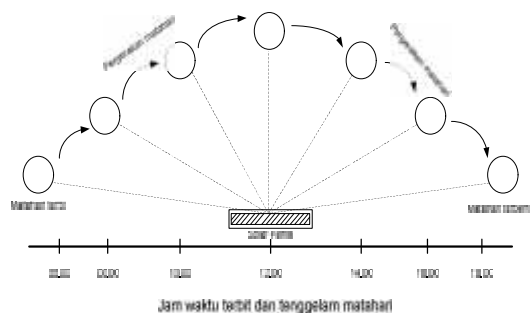
II Metode Penelitian

Pada penelitian ini dirancang bangun Sistem pembangkit listrik solar cell terdiri dari unit Battery controller Regulator (BCR) battery dan unit inverting controller seperti terlihat pada gambar.1 dibawah ini :



Gambar.1 Sistem solar cell

Dari diagram diatas diukur nilai tegangan dan arus dengan menggunakan multimeter digital yang keluar dari solar cell dengan mengatur sudut solar cell terhadap sumber cahaya dengan menggunakan lux meter seperti pada gambar.2 dibawah ini :



Gambar.2 Sudut pergerakan solar panel terhadap sumber cahaya

Sudut pengambilan sampel sumber cahaya adalah pada sudut 45°,60°,90° dan 120°. Cahaya yang digunakan adalah dengan lampu halogen 1000 watt yang dapat di atur intensitas cahaya dengan menggunakan auto transformer, sehingga tegangan keluaran ke lampu dapat berubah ubah, Seperti terlihat pada gambar.3 dibawah ini :

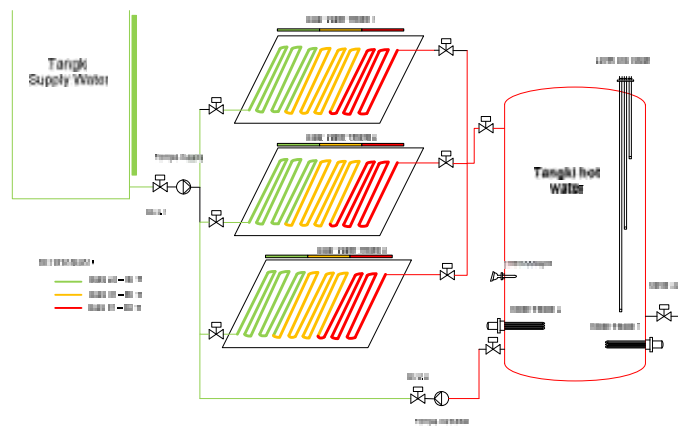


Gambar.3 Pengukuran solar cell terhadap intensitas cahaya

Dari gambar hasil pengamatan diatas dilakukan pengamatan terhadap nilai arus dan tegangan yang keluar dari panel solar cell terhadap variasi sudut pencahayaan, sehingga akan didapatkan hasil yang optimal terhadap nilai arus dan tegangan panel solar cell

Sistem solar water heater

Layout Plant yang akan disimulasikan adalah seperti gambar berikut :



Gambar.4 Lay Out Simulasi Plant

Pada simulasi plant diatas terdapat tangki supply water, tiga unit solar water heater dan sebuah tangki untuk menyimpan air panas hasil pemanasan solar water heater. satu buah pompa sirkulasi untuk mensirkulasi air ke solar water heater sehingga didapatkan panas yang di inginkan. dan pompa supply untuk mensupply air baku.

Lay Out solar cell dan solar water heater yang di buat akan disimulasikan dengan menggunakan software pemrograman CX-Programmer dan CX-Designer.

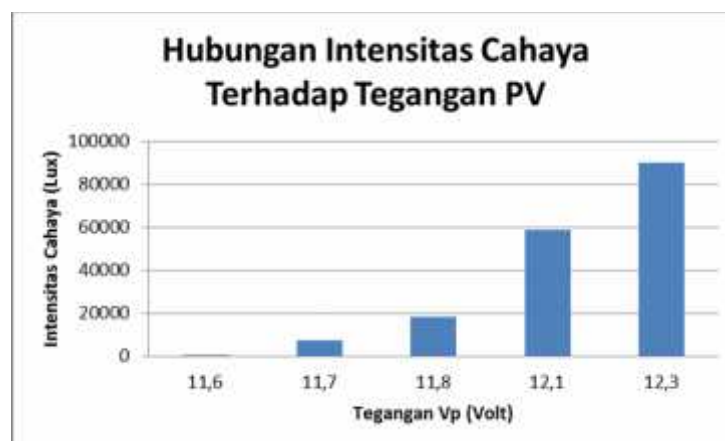
III Hasil dan Pembahasan

Penelitian pertama dilakukan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap keluaran arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh solar cell, serta pengaruh sudut kemiringan solar cell terhadap sumber cahaya, karena apabila menggunakan sumber cahaya matahari berfluktuasi tergantung kondisi lingkungan, seperti kondisi cuaca cerah, berawan dan hujan, maka pengujian dilakukan dengan menggunakan matahari buatan berupa lampu halogen yang dapat di putar sebesar 180°. Hasil pengujian seperti terlihat pada table dibawah :

Tabel.1 Pengaruh sudut penempatan solar cell terhadap Vvp dan Ivp

Tegangan Lampu (V)	Sudut α	Luxmeter (Lux)	Tegangan PV (V)	Arus PV (A)
20	45	10,4	4,2	0
	60		4,5	0
	90		4,4	0
	120		4,2	0
60	45	918	11,5	0,02
	60		12	0,03
	90		11,6	0,03
	120		11,5	0,01
100	45	7.360	11,6	0,07
	60		11,7	0,12
	90		11,7	0,13
	120		11,6	0,07
140	45	18.270	11,7	0,12
	60		11,7	0,22
	90		11,8	0,32
	120		11,7	0,17
180	45	59.000	11,8	0,23
	60		11,9	0,40
	90		12,1	0,60
	120		11,9	0,40
220	45	90.400	11,8	0,31
	60		12	0,50
	90		12,3	0,88
	120		12	0,58

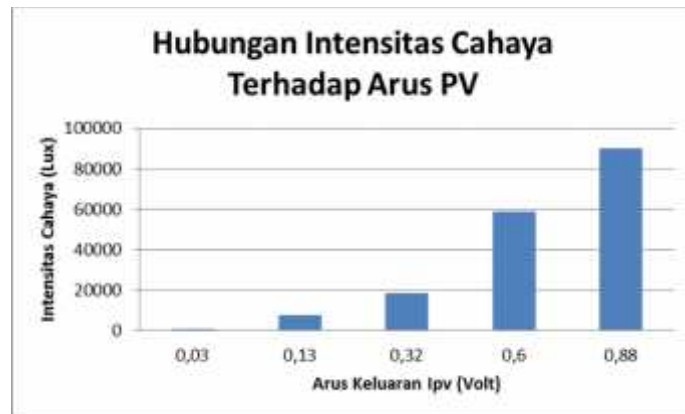
Berdasarkan data table diatas dapat dianalisa hubungan antara intensitas cahaya terhadap nilai arus yang dihasilkan oleh panel solar cell seperti pada gambar.6 dibawah ini :



Gambar.6 Grafik hubungan intensitas cahaya terhadap tegangan PV

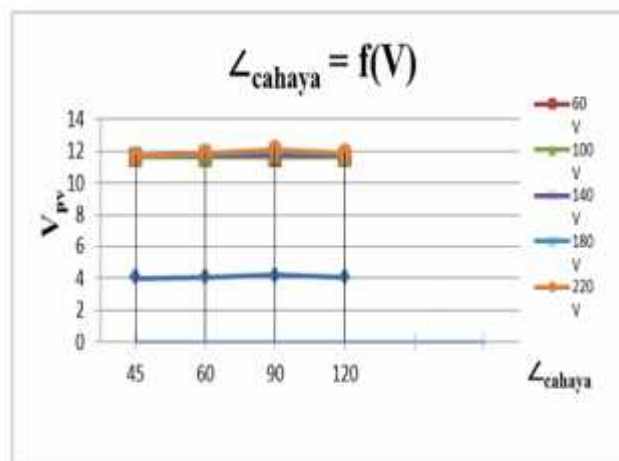
Dari grafik hubungan antara intensitas cahaya (Lux) terhadap tegangan keluaran solar cell panel pada grafik diatas dapat terlihat bahwa semakin besar intensitas cahaya (Lux) yang diberikan pada panel solar cell, maka akan semakin besar pula nilai tegangan keluaran solar cell (Vpv), demikian sebaliknya apabila intensitas cahaya (Lux) yang diberikan semakin kecil, maka nilai tegangan keluaran solar cell akan semakin kecil (Vpv). Pada percobaan diatas nilai tertinggi dari tegangan keluaran PV terbesar

adalah 12,3 Volt DC, sedangkan nilai tegangan keluaran terendah adalah sebesar 11,6 Volt DC. Sedangkan hubungan intensitas cahaya terhadap keluaran arus PV dapat terlihat pada gambar.7 berikut :



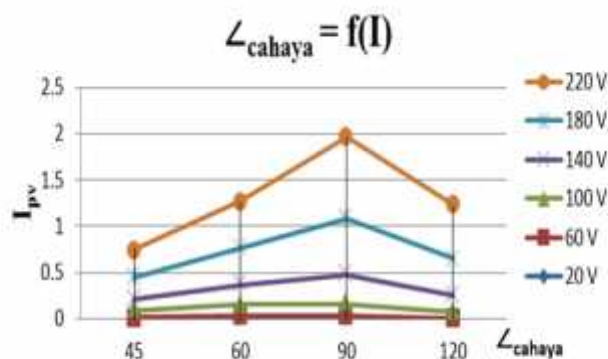
Gambar.7 Grafik hubungan antara intensitas cahaya terhadap arus keluaran PV

Dari grafik hubungan antara intensitas cahaya (I_{uv}) terhadap nilai arus keluaran panel solar cell (I_{pv}), terlihat bahwa semakin besar nilai intensitas cahaya yang diberikan, maka akan semakin besar nilai arus listrik yang dikeluarkan panel solar cell, dalam pengujian arus maksimal yang tercatat adalah 0,88 ampere dan yang terkecil adalah sebesar 0,03 ampere



Gambar.8 Grafik Hubungan V_{pv} Terhadap

Dari grafik hubungan antara sudut cahaya matahari yang mengenai solar cell (\angle) terhadap nilai tegangan keluaran solar solar cell (V_{pv}), dapat terlihat bahwa nilai tegangan sedikit lebih besar walaupun tidak signifikan terhadap (\angle)



Gambar.9 Grafik Hubungan I_{pv} Terhadap

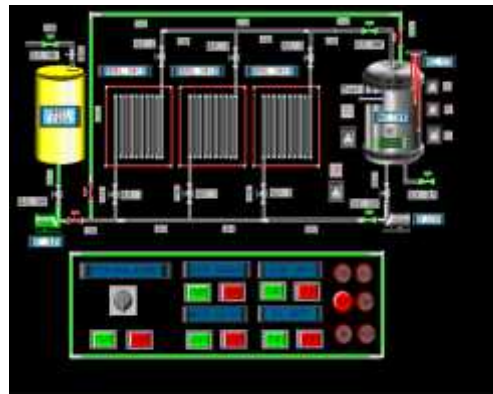
Dari grafik hubungan antara sudut cahaya yang diberikan () terhadap arus keluaran solar cell (I pv) dapat terlihat bahwa nilai arus tertinggi yang dihasilkan pada solar cell apabila sudut cahaya matahari terhadap solar cell sebesar 90°. Atau tegak lurus terhadap solar cell. Dari grafik diatas nilai tertinggi dari arus keluaran solar cell panel adalah (Ipv) adalah 2 Ampere.

Disain HMI Sistem Hybrid Solar cell dan solar thermal

Setelah didapat data hasil pengamatan dan pengukuran karakteristik solar cell maka dibuat system HMI system hybrid untuk solar water heater dan solar thermal seperti pada gambar berikut :

Disain HMI solar water heater :

Analisa kerja sistem solar water heater terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu proses supply air baku, proses sirkulasi dan proses penggunaan air panas. Seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar.10 sistem supply air ke tangki hot water

Gambar.10 merupakan proses pengisian air dari tangki supply menuju tangki hot water. Dengan menekan push button Start maka pompa supply akan bekerja mengisi air dari tangki supply menuju tangki hot water, pengoperasian dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan tombol stop sistem supply dan menggunakan otomatis berdasarkan level air pada tangki hot water.

Proses sirkulasi :

Proses sirkulasi merupakan proses pemanasan air dengan menggunakan solar water heater yang di sirkulasikan, seperti terlihat pada gambar berikut :



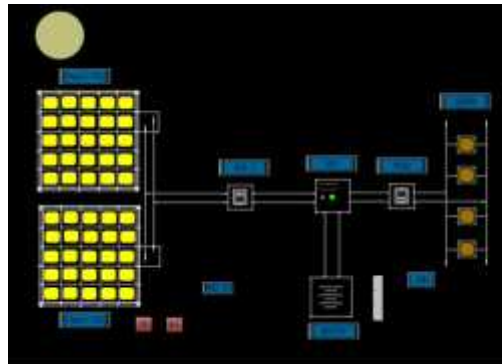
Gambar.11 sistem sirkulasi

Gambar.11 merupakan proses sirkulasi, dengan menekan push button ON sistem sirkulasi maka pompa sirkulasi akan bekerja mensirkulasi air dari tangki hot water menuju solar water heater, terjadi pemanasan pada solar water heater dan kembali lagi ke tangki hot water sampai suhu mencapai settingan sesuai dengan yang di inginkan. operasi sistem dapat dinonaktifkan dengan menekan push button OFF secara manual atau secara otomatis dengan pengontrolan suhu hot water dengan menggunakan termocouple temperatur kontroller, sehingga apabila suhu air telah mencapai st point maka sistem akan OFF sirkulasi. Pada saat tertentu operasi solar water heater akan dibantu pemanasan air dengan

menggunakan elektrik heater apabila penggunaan air panas cukup besar, sehingga solar water heater tidak mampu memanaskan air.

Disain HMI Solar Cell :

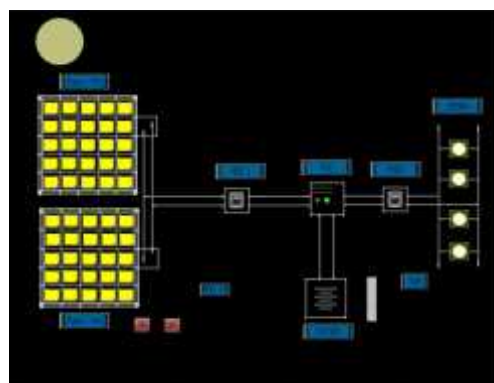
Analisa kerja sistem solar cell terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu proses charging, dan proses pembebanan. Seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar.12 Proses charging

Dari gambar diatas merupakan proses pengisian batry dengan sumber solar cell panel melalui unit BCR (Batery control regulator) sampai batery terisi penuh dan akan mematikan supply charging dari PLTS.

Sedangkan untuk proses pembebanan sistem seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar.13 pembebanan sistem solar cell

Dari gambar diatas terlihat bahwa pembebanan battery yang telah terisi dari solar cell diberi pembebanan berupa empat buah lampu penerangan dan setelah daya battery berkurang akan diisi kembali oleh solar cell.

IV Kesimpulan

Dari hasil pengumpulan data dan hasil perhitungan dan analisis terhadap system hybrid, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. sudut penempatan solar cell terhadap sumber cahaya sangat berpengaruh terhadap keluaran arus (I_{pv}) dan tegangan (V_{pv}) solar cell, dan mencapai nilai tertinggi pada saat panel solar cell tegak lurus terhadap sumber cahaya atau pada sudut 90° .
2. Telah dibuat disais HMI untuk solar water heater yang terdiri dari proses supply dan proses sirkulasi
3. Telah dibuat disain HMI untuk solar cell yang terdiri dari proses charging dan proses load.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih atas segala bantuan, sumbangsih dan saran rekan sejawat dan teman PLP Program studi teknik listrik atas kerjasamanya dan atas pembiayaan penelitian ini Oleh, Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Sesuai dengan kontrak penelitian Nomor : 033/SP2H/LT/DRPM/2017 Tahun 2017

V Daftar Pustaka

- [1] Hankins, Mark. 1991. *Small Solar Electric Systems for Africa*. Motif Creative Arts, Ltd. Kenya.
- [2] Lubis, Abubakar dan Adjat Sudrajat. 2006. *Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*. BPPT Press, Jakarta.
- [3] Strong, Steven J and William G. Scheller. 1993. *The Solar Electric House*. Chelsea Green ISBN 0-9637383-2-1
- [4] Rosyid, Abdul. 2011. Presentasi kuliah Photo voltaic. Program pasca sarjana ISTN.
- [5] Wilman Septiana. 2007. Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-sensitized Solar Cell). Institut Teknologi Bandung.
- [6] Liem Ek Biem. Ishak, Kasim. Wibowo, Wahyu. 2008. Perancangan Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk Rumah Perkotaan. FTI Universitas Trisakti.
- [7] Rahardjo, Irawan. Fitriana, Ira. Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia. Strategi Penyediaan Listrik Nasional dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil PLTN, dan Energi Terbarukan.
- [8] Vitta-Q. 2011. Struktur dan Cara Kerja Lead Acid Battery Accu. www.vitta-q.com
- [9] Sulaiman. 2011. “ Pembangkit Listrik Tenaga Matahari “. Dosen Universitas Bina dharma.
- [10] Ir. SardonoSarwito, Msc. Indra Ranu Kusuma, ST,Msc. Didik Setiawan. 2010. “Analisa Teknis dan Ekonomis Penerapan Sel Surya untuk Kebutuhan Penerangan Jembatan Suramadu, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS
- [11] Imam Sudrajat, Prio Wibowo, Aditia Nur Bakti. 2010. “ Pengujian Radiasi Elektromagnetik Uninterruptable Power Supply (UPS) berdasarkan Standar BS-SN 62040-2 “. Prosiding PPI Standarisasi.
- [12] FVG Energy s.p.A, 2012. “ Manual For Installation Use and Maintenance of FVG EnergyPhotovoltaic Modules “ www.fvgenergy.com
- [13] Arie Septia Yudha, Agung Warsito, Karnoto. “ Perancangan Inverter jenis Push-Pulldan ON-OFF Battry Charge Regulator (BCR) Pada Aplikasi Photovoltaic Sebagai sumber Energi Untuk Pompa air atau Penerangan “. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.

62. PENGARUH KERUSAKAN *BAFFLE PLATE* TERHADAP EFISIENSI HRSG 1.1 PADA PLTGU PT. INDONESIA POWER UP SEMARANG

Belyamin¹, Alifyah Yasmin Puspaningrum², Intan Putri Permata Sari³

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, 085655541355, alifyahpuspaningrum@gmail.com

³Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, 085717396147, intanputri1352@gmail.com

Abstrak

Baffle plate adalah panel yang digunakan untuk mengarahkan aliran gas panas supaya melewati stage – stage HRSG. *Baffle plate* berfungsi untuk mengarahkan aliran gas panas agar menjadi cross-flow, sehingga luas kontak fluida semakin besar dan perpindahan panasnya menjadi meningkat. *Baffle plate* juga berfungsi sebagai penyangga dan mengurangi kemungkinan adanya vibrasi akibat aliran fluida pada tube – tube HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kerusakan *baffle plate* terhadap nilai efisiensi HRSG 1.1. Penelitian dilakukan dengan membandingkan efisiensi HRSG 1.1 yang rusak *baffle*nya dengan HRSG 1.3 yang telah dilakukan perbaikan *baffle plate*. Metode pengambilan data yang digunakan adalah pengambilan data secara langsung, yaitu : mapping kerusakan *baffle plate* pada HRSG 1.1 dan 1.3 serta pengambilan data operasi pembangkit yang terekam pada komputer kontrol di Central Control Room (CCR) PLTGU PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang. Untuk metode secara tidak langsung dilakukan dengan perhitungan sesuai rumus yang dibutuhkan.

Hasil perhitungan efisiensi HRSG 1.1 dan 1.3 dengan beban gas turbin 75 MW adalah sebesar 42,283% dan 46,896%. Penurunan efisiensi yang terjadi sebesar 4,613%. Sehingga, penelitian ini dapat dipertimbangkan dalam melaksanakan program inspeksi dan pemeliharaan HRSG 1.1 PLTGU PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang.

Kata Kunci: *Combined Cycle Power Plant, Efisiensi HRSG, Baffle Plate*

Abstract

The baffle plate is panels utilized to direct the flow of hot exhaust gas to get through stages of HRSG. The function of baffle plate to direct hot gases flow to be cross-flow, then contact area of fluid more wider and the heat transfer increases. Baffle plate also acts as a buffer and reduce the possibility of vibration that induced by fluid flow in HRSG tubes (Heat Recovery Steam Generator).

The study was done by comparing the efficiency between HRSG 1.1. which damaged on the baffle and HRSG 1.3 which has repaired baffle. Retrieval data method that was used is a direct retrieval data, IE: mapping of damaged baffle plate in HRSG 1.1. and 1.3 also retrieval operation data generators that recorded by computer control in the Central Control Room (CCR) PLTGU PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang. The indirect method that was done is calculating by appropriate formula needed.

From the results of efficiency calculation in HRSG 1.1 and 1.3 with 75 MW gas turbine load is 42,283% and 46,896%. The decrease in efficiency occurred at 4,613%. Thus, this research can be considered in HRSG 1.1 PLTGU inspection and maintenance program PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang.

Keyword: *Combined Cycle Power Plant, HRSG Efficiency , Baffle Plate*

I. PENDAHULUAN

Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) merupakan gabungan dari dua pusat tenaga listrik yaitu Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTGU memiliki dua jenis sistem pengoperasian, yaitu: sistem operasi *open cycle* dan sistem operasi *combined cycle*. Sistem operasi *open cycle* merupakan sistem operasi dimana hanya generator pada turbin gas yang menghasilkan listrik dan gas buang dari turbin gas dibuang ke atmosfer melalui *bypass stack*. Sedangkan sistem operasi *combined cycle* merupakan sistem pengoperasian yang memanfaatkan gas buang dari turbin gas untuk memanaskan air sebagai fluida kerja turbin uap yang terjadi di dalam HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*).^[1]

Salah satu permasalahan yang terdapat di dalam HRSG adalah dampak *thermal stress* terhadap komponen – komponen yang terdapat di dalam HRSG, sehingga dapat mengakibatkan penurunan efisiensi dan performa pada HRSG. Sebagai contoh adalah kerusakan *baffle plate* pada HRSG. Kerusakan yang sering terjadi pada *baffle plate* adalah kerusakan pada bagian *baffle coil-to-coil* dan *baffle plate* yang

terletak di sekitar *tube – tube header* HRSG. Kerusakan – kerusakan yang terjadi pada *baffle plate* sering diabaikan dalam program pemeliharaan dan inspeksi pada HRSG.

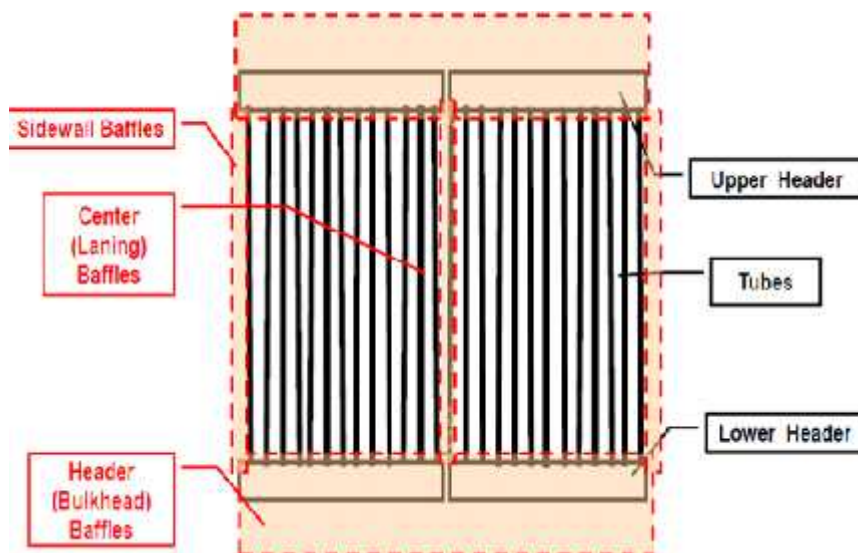
Celah kecil pada *baffle plate* dapat menurunkan efisiensi dan performa pada HRSG. Karena celah kecil pada *baffle plate* dapat menyebabkan keluarnya gas panas, sehingga tidak melewati *tube – tube* HRSG yang dapat mengakibatkan penurunan kinerja perpindahan panas pada HRSG. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan bagaimana pengaruh kerusakan *baffle plate* terhadap efisiensi HRSG, khususnya pada HRSG 1.1 PLTGU Blok 1 PT. Indonesia Power Unit Pembangunan Semarang.

II. METODE PENELITIAN

Tinjauan Pustaka

Baffle plate adalah panel yang digunakan untuk mengarahkan aliran gas panas supaya melewati *stage – stage* HRSG.^[2] Fungsi utama dari *baffle plate* adalah untuk mengarahkan aliran fluida ke pipa secara merata untuk mendapatkan efisiensi perpindahan panas yang lebih besar. Selain itu, *baffle plate* juga berfungsi sebagai penyangga untuk mencegah pipa mengalami perubahan bentuk akibat adanya vibrasi yang ditimbulkan dari aliran fluida.^[3]

Kegagalan yang sering terjadi pada *baffle plate* adalah kerusakan pada bagian *baffle coil – to – coil* (*sidewall baffles, center baffles*) dan *baffle plate* yang terletak di sekitar *tube – tube header* HRSG.^[4] Gambar 1 menunjukkan skema *baffle plate* pada HRSG :

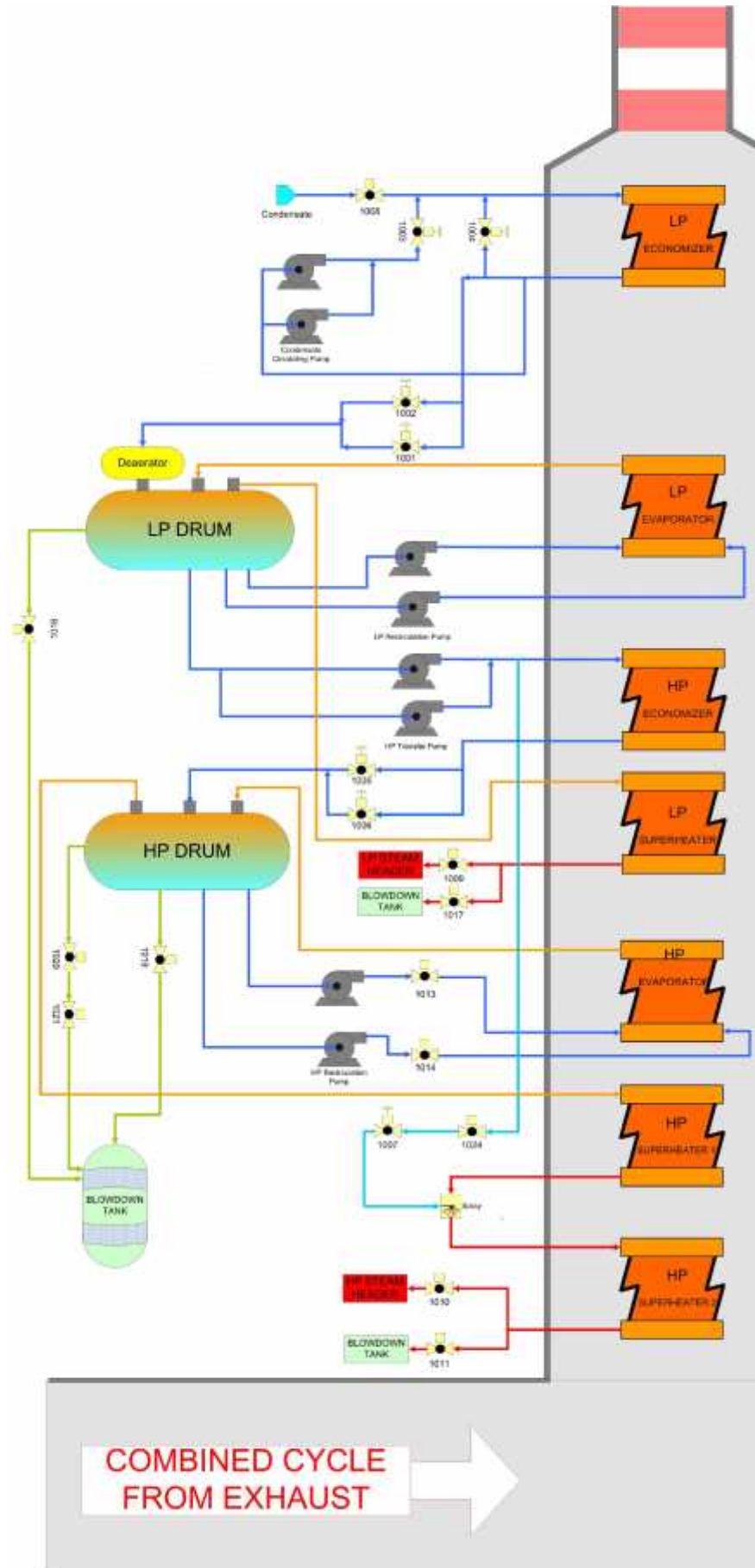


Gambar 1. Skema *baffle plate* pada HRSG

HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) adalah salah satu komponen dari sistem PLTGU yang berfungsi untuk memanfaatkan gas panas dari turbin gas untuk menghasilkan uap yang memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi, kemudian uap tersebut digunakan sebagai fluida kerja dari turbin uap. HRSG yang digunakan di PT. Indonesia Power UP Semarang adalah HRSG jenis *unfired heat recovery boiler*, yang memiliki sistem sirkulasi paksa, dan memiliki dual *pressure*. Komponen – komponen dari HRSG PLTGU UP Semarang adalah :^[5]

1. LP section : LP ekonomizer dengan *condensate recirculating pumps*, LP drum dengan dearator, LP evaporator dengan LP *circulating pumps*, dan LP Superheater.
2. HP section : HP ekonomizer dengan HP *transfer pumps*, HP drum, HP evaporator dengan HP *circulating pumps*, HP superheater 1 dan 2, dan desuperheater.
3. Blow down *equipment*.

Gambar 2 adalah skema dari komponen – komponen yang terdapat di dalam HRSG PLTGU PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Semarang :



Gambar 2. Skema HRSG PT. Indonesia Power UP Semarang

J) Rumusan yang digunakan

➤ **Gross Heating Value (GHV)**

Gross Heating Value (GHV) adalah energi total yang dilepaskan selama proses pembakaran berdasarkan pada bobot bahan bakar.^[6] Untuk menentukan nilai GHV dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$GHV = \left[\frac{HV_{SPP} \times DBV_{SPP}}{(DBV_{SPP} + DBV_{KJG})} \div BD_{SPP} \right] + \left[\frac{HV_{KJG} \times DBV_{KJG}}{(DBV_{SPP} - DBV_{KJG})} \div BD_{KJG} \right] \dots 1$$

Dengan :

GHV	= Nilai <i>gross heating value</i> [Btu/lb]
HV_{SPP}	= Nilai <i>heating value</i> gas dari PT. Sumber Petrindo Perkasa [Btu/scf]
DBV_{SPP}	= Nilai <i>daily base volume</i> gas dari PT. Sumber Petrindo Perkasa [MSCF]
BD_{SPP}	= Nilai <i>base density</i> gas dari PT. Sumber Petrindo Perkasa [Lb/Ft ³]
HV_{KJG}	= Nilai <i>heating value</i> gas dari PT. Kalimantan Jawa Gas [Btu/scf]
DBV_{KJG}	= Nilai <i>daily base volume</i> gas dari PT. Kalimantan Jawa Gas [MSCF]
BD_{KJG}	= Nilai <i>base density</i> gas dari PT. Kalimantan Jawa Gas [Lb/Ft ³]

➤ **Efisiensi HRSG Dengan Metode *Input – Output***

Efisiensi HRSG dengan metode *input – output* didefinisikan sebagai perbandingan antara panas keluaran terhadap panas yang masuk ke dalam HRSG. Panas keluaran adalah panas yang diserap oleh fluida kerja HRSG (Uap dan air). Panas masukan adalah jumlah panas yang masuk ke dalam HRSG (panas masuk yang disuplai dari aliran gas buang turbin gas, panas dari pembakaran bahan bakar tambahan, dan total kredit panas).^[7] Persamaan yang digunakan dalam metode *input – output* adalah sebagai berikut :

$$\eta_{HRSG} = \frac{\dot{Q}_h}{\dot{Q}_{in}} \times 100\% \dots 2$$

$$\eta_{HRSG} = \frac{[(\dot{m}_1 \times h_1) + (\dot{m}_2 \times h_2)] - [\dot{m}_3 \times h_3]}{\left[\frac{(\dot{m}_{bb} \times GHV) - MW_{GTG}}{\eta_G} \right]} \times 100\% \dots 3$$

Dengan :

η_{HRSG}	= Nilai efisiensi HRSG
\dot{m}_1	= Laju aliran massa uap HP Superheater [kg/s]
h_1	= Nilai enthalphi HP Superheater [kJ/kg]
\dot{m}_2	= Laju aliran massa uap LP Superheater [kg/s]
h_2	= Nilai enthalphi LP Superheater [kJ/kg]
\dot{m}_3	= Laju aliran massa LP Ekonomiser [kg/s]
h_3	= Nilai enthalphi LP Ekonomiser [kJ/kg]
\dot{m}_{bb}	= Laju aliran massa bahan bakar turbin gas [kg/s]
GHV	= <i>Gross Heating Value</i> bahan bakar [kJ/kg]
MW_{GTG}	= Daya listrik yang dihasilkan oleh turbin gas [KW]
η_G	= Efisiensi generator

Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini meliputi identifikasi masalah, penentuan tujuan, pengambilan dan pengumpulan data, pengolahan data, perbandingan data, serta kesimpulan dari masalah penulisan penelitian.

2. Mapping Kerusakan *Baffle Plate*

Mapping kerusakan *baffle plate* dilakukan pada HRSG 1.1 dan 1.3 Blok 1 PLTGU PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Semarang dengan bantuan pihak kedua (karyawan).

3. Pengambilan dan pengumpulan data

Data perhitungan yang digunakan adalah data operasional pada bulan Desember 2016, Januari 2017, dan Maret 2017 (dengan beban turbin gas yang sama), antara lain :

- ✓ Laju aliran massa bahan bakar, nilai *heating value* bahan bakar, nilai *daily based volume* bahan bakar, nilai *base density* bahan bakar
- ✓ Laju aliran massa, tekanan dan temperatur pada LP Ekonomiser, LP Superheater dan HP Superheater HRSG 1.1 dan 1.3
- ✓ Nilai efisiensi generator turbin gas

4. Pengolahan data

Setelah dilakukan pengambilan dan pengumpulan data, selanjutnya dilakukan proses perhitungan. Nilai enthalphi yang digunakan untuk perhitungan ditentukan dengan *software* pendukung yaitu *steam table*. Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi HRSG 1.1 dan 1.3 untuk proses perbandingan data.

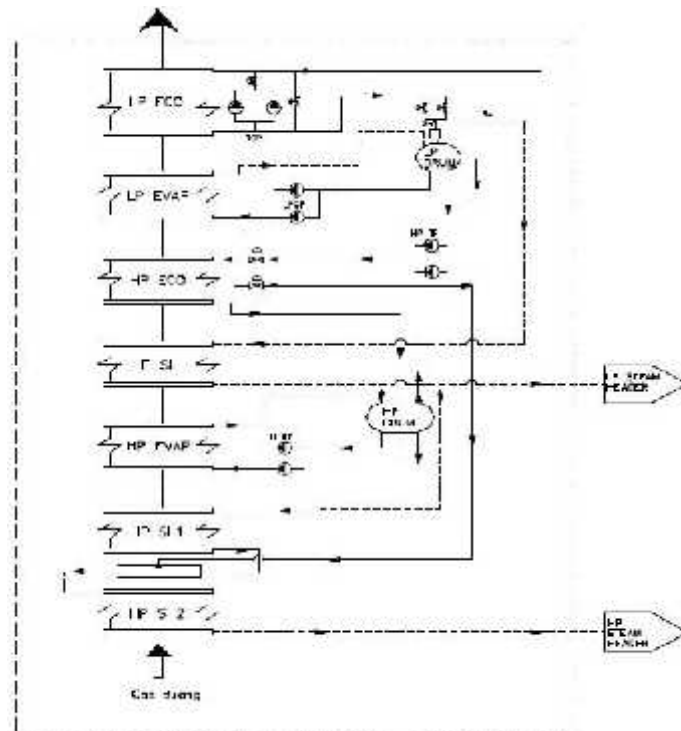
5. Perbandingan data

Hasil perhitungan efisiensi HRSG yang didapat kemudian dibandingkan untuk mengetahui pengaruh kondisi *baffle plate* terhadap efisiensi HRSG dengan metode perbandingan *apple to apple*.

6. Kesimpulan

Kesimpulan pada penulisan tugas akhir ini adalah untuk menentukan bagaimana pengaruh kerusakan *baffle plate* terhadap nilai efisiensi HRSG.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3 merupakan Diagram alir sistem PLTGU PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Semarang.

Gambar 4 adalah gambar kerusakan pada *baffle plate* HRSG 1.1 PLTGU UP Semarang :



Gambar 4. Kerusakan *baffle plate* HRSG 1.1

Tabel 1. Luas kerusakan *baffle plate* HRSG

No.	Stage	Luas Kerusakan Baffle Plate HRSG 1.1		Luas Kerusakan Baffle Plate HRSG 1.3	
		Sisi Barat [m ²]	Sisi Timur [m ²]	Sisi Barat [m ²]	Sisi Timur [m ²]
1.	HP Superheater 2	0	0	0	0
2.	HP Superheater 1	1,38	0,192	0	0
3.	HP Evaporator	0,108	0	0	0
4.	LP Superheater	6,9	1,38	0	0
5.	HP Ekonomizer	2,76	0	0	0
6.	LP Evaporator	0	0	0	0
7.	LP Ekonomizer	0	0	0	0
Total		11,148	1,572	0	0

Berdasarkan data operasi pembangkit diperoleh tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Data operasi HRSG 1.1

Tanggal	Daya output GTG [kW]	ḡ [kg/s]	GHV bahan bakar [kJ/kg]	HP Superheater		
				¹ [kg/s]	P ₁ [MPa]	T ₁ [°C]
28/03/2017	75.000	5,3	54227,909	28,502	5,301	518
26/12/2016	85.000	5,8	54242,060	30,499	5,901	516
01/01/2017	99.000	6,6	54240,939	34,167	5,401	515

LP Superheater			LP Ekonomiser		
² [kg/s]	P ₂ [MPa]	T ₂ [°C]	³ [kg/s]	P ₃ [MPa]	T ₃ [°C]
9,801	0,581	307	47,627	1,771	146
10,010	0,631	312	47,816	1,801	130
12,608	0,641	307	54,634	1,801	144

G = 0,90

Tabel 3. Data operasi HRSG 1.3

Tanggal	Daya output GTG [kW]	ḡ [kg/s]	GHV bahan bakar [kJ/kg]	HP Superheater		
				¹ [kg/s]	P ₁ [MPa]	T ₁ [°C]
28/03/2017	75.000	5	54227,909	31,459	5,301	512
26/12/2016	85.000	5,8	54242,060	34,636	5,901	514
01/01/2017	99.000	6,6	54240,939	39,156	5,501	515

LP Superheater			LP Ekonomiser		
² [kg/s]	P ₂ [MPa]	T ₂ [°C]	³ [kg/s]	P ₃ [MPa]	T ₃ [°C]
8,033	0,571	319	49,440	1,741	151
8,706	0,621	322	51,763	1,701	151
9,858	0,611	322	57,951	1,761	150

G = 0,90

Dibawah ini adalah tabel hasil perhitungan GHV bahan bakar yang digunakan dalam perhitungan efisiensi HRSG :

Tabel 4. Data perhitungan GHV bahan bakar

Tanggal	HV _{SPP} [Btu/scf]	DBV _{SPP} [MSCF]	BD _{SPP} [Lb/ft ³]	HV _{KJG} [Btu/scf]	DBV _{KJG} [MSCF]	BD _{KJG} [Lb/ft ³]	GHV [kJ/kg]
28/03/2017	1087,985	35549,3	0,046521	1003,4532	75324,441	0,043105	54227,909
26/12/2016	1087,898	40211,4	0,04651	1003,7063	77083,570	0,043109	54242,060
01/01/2017	1087,376	40241,2	0,046482	1003,6902	79850,951	0,04311	54240,939

Data hasil perhitungan efisiensi HRSG diperoleh tabel sebagai berikut :

Tabel 5. Data perhitungan efisiensi HRSG 1.1

Tanggal	Daya output GTG [kW]	\dot{m}_{bb} [kg/s]	GHV bahan bakar [kJ/kg]	HP Superheater		LP Superheater	
				₁ [kg/s]	h_1 [kJ/kg]	₂ [kg/s]	h_2 [kJ/kg]
28/03/2017	75.000	5,3	54227,909	28,502	3472	9,801	3077,3
26/12/2016	85.000	5,8	54242,060	30,499	3460,8	10,010	3086,5
01/01/2017	99.000	6,6	54240,939	34,167	3463,9	12,608	3075,9

LP Ekonomiser		Q_{in} [kJ/kg]	Q_h [kJ/kg]	HRSG [%]
₃ [kg/s]	h_3 [MPa]			
47,627	615,750	236008,80	99793,48	42,283
47,816	547,340	255115,50	110276,41	43,226
54,634	607,180	287766,88	123957,40	43,076

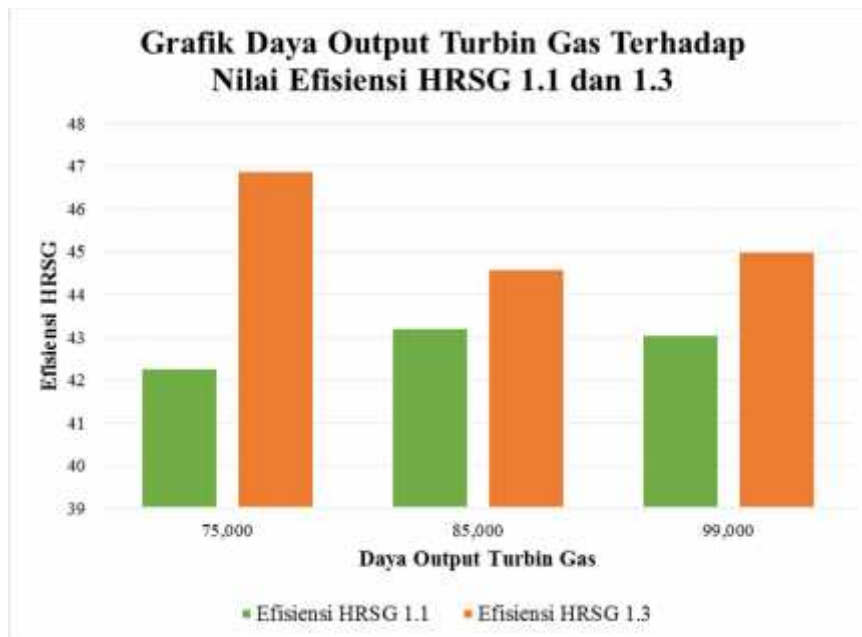
Tabel 6. Data perhitungan efisiensi HRSG 1.3

Tanggal	Daya output GTG [kW]	\dot{m}_{bb} [kg/s]	GHV bahan bakar [kJ/kg]	HP Superheater		LP Superheater	
				₁ [kg/s]	h_1 [kJ/kg]	₂ [kg/s]	h_2 [kJ/kg]
28/03/2017	75.000	5	54227,909	31,459	3458,1	8,033	3102,4
26/12/2016	85.000	5,8	54242,060	34,636	3456,2	8,706	3107,6
01/01/2017	99.000	6,6	54240,939	39,156	3462,9	9,858	3107,8

LP Ekonomiser		Q_{in} [kJ/kg]	Q_h [kJ/kg]	HRSG [%]
₃	h_3			

[kg/s]	[MPa]			
49,440	637,24	217932,83	102203,65	46,896
51,763	637,22	255115,50	113778,61	44,598
57,951	632,95	287766,88	129550,40	45,020

Dari data perhitungan efisiensi HRSG, maka diperoleh grafik daya *output* turbin gas nilai efisiensi HRSG 1.1 dan 1.3 sebagai berikut :



Grafik 1. Grafik daya output turbin gas terhadap nilai efisiensi HRSG 1.1 dan 1.3

Pembahasan

Berdasarkan data *mapping* kerusakan *baffle plate*, total luas kerusakan *baffle plate* pada HRSG 1.1 sebesar 12,72 m². Luas kerusakan *baffle plate* terbesar terdapat pada *stage* LP Superheater dengan luas kerusakan 8,28 m². Sedangkan kondisi *baffle plate* pada HRSG 1.3 dalam kondisi baik. Kerusakan pada *baffle plate* dapat menyebabkan keluarnya gas panas, sehingga tidak melewati *tube – tube* HRSG yang dapat mengakibatkan penurunan kinerja pada HRSG.

Celah pada *baffle plate* mengakibatkan gas panas tidak melewati *tube – tube* HRSG, sehingga dapat mengakibatkan menurunnya kinerja perpindahan panas pada HRSG. Menurunnya kinerja perpindahan panas pada HRSG dapat dilihat dari besarnya temperatur yang diserap oleh fluida kerja (air dan uap) pada HRSG. Hal ini bisa terlihat pada data operasi pembangkit diatas. Salah satu contohnya adalah pada daya *output* turbin gas 75 MW. Temperatur LP superheater pada HRSG 1.1 sebesar 307 °C dan temperatur pada HRSG 1.3 sebesar 319 °C. Perbedaan temperatur yang diserap pada *stage* LP superheater sebesar 12°C.

Nilai temperatur pada fluida kerja dapat mempengaruhi nilai dari enthalphinya. Semakin besar temperatur pada fluida kerja maka semakin besar pula nilai enthalphinya. Semakin besar nilai enthalphi suatu fluida kerja, maka laju kalornya semakin besar sehingga efisiensi dari sistem tersebut juga semakin besar.

Hal ini terlihat pada grafik daya *output* turbin gas terhadap efisiensi HRSG, pada beban turbin gas yang sama efisiensi HRSG 1.3 lebih besar dari efisiensi HRSG 1.1. Sehingga, terlihat bahwa kerusakan pada *baffle plate* dapat menyebabkan penurunan kinerja pada HRSG.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil perhitungan efisiensi HRSG, nilai efisiensi HRSG pada daya *output* turbin gas 75 MW efisiensi HRGS 1.1 sebesar 42,283% dan HRSG 1.3 sebesar 46,896%. Pada daya *output* turbin gas 85 MW efisiensi HRGS 1.1 sebesar 43,226% dan HRSG 1.3 sebesar 44,598%. Pada daya *output* turbin gas 99 MW efisiensi HRGS 1.1 sebesar 43,076% dan HRSG 1.3 sebesar 45,020%.
2. Berdasarkan data operasi, kerusakan pada baffle plate dapat menyebabkan penurunan temperatur pada uap yang dihasilkan di dalam HRSG. Pada beban 75 MW penurunan temperatur LP superheater sebesar 12⁰C dengan penurunan efisiensi sebesar 4,613%. Pada beban 85 MW penurunan temperatur LP superheater sebesar 10⁰C dengan penurunan efisiensi sebesar 1,372%. Pada beban 99 MW penurunan temperatur LP superheater sebesar 15⁰C dengan penurunan efisiensi sebesar 1,944%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyono, Handi. 2008. *Karya Tulis Optimalisasi Penurunan Temperature Drum Untuk Pemeliharaan HRSG*. Semarang: PT. Indonesia Power UP Semarang
- [2] AARDING THERMAL ACOUSTICS. *Gas Turbine Exhaust System & Acoustical Components*. Nunspeet The Netherlands
- [3] Arnaw, Rezky Fadil., dan Bambang Arip Dwiyantoro. 2014. *Studi Numerik Pengaruh Baffle Inclination Pada Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Terhadap Aliran Fluida dan Perpindahan Panas*. Surabaya: JURNAL TEKNIK POMITS
- [4] Team CCJ. 2013. *How to boost HRSG performance and increase your plant's bottom line*. PSI Media, Inc
- [5] Anonim. 1996. *Operating Manual Heat Recovery Steam Generator Tambak Lorok Combine Cycle Power Plant Block I & II*. Austrian Energy & Environment.
- [6] Wijaya, Purwita. 2012. *Skripsi Analisis Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Biobriket*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- [7] Peyton, R.J, dkk. 1981. *Personnel Of Performance Test Code Committee No. 4.4 On Gas Turbine Heat Recovery Steam Generators*. New York: The American Society Of Mechanical Engineers

Analisis Pengaruh *HP Heater* terhadap *Turbine Heat Rate* dan Pemakaian Batubara di PLTU 1x600MW

Imtiyaz Hanifah¹, Dianta Mustofa Kamal²
(^{1,2})Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
hanifah.imtiyaz@yahoo.co.id

Abstrak

Kinerja dari sebuah unit pembangkit listrik merupakan hal yang terpenting dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Untuk meningkatkan efisiensi unit diperlukan peralatan tambahan, salah satunya dengan memakai High Pressure Heater. Umumnya pada unit Pembangkit mempunyai tiga buah High Pressure Heater. Pada saat salah satu High Pressure Heater tidak berfungsi maka akan terjadi penurunan efisiensi yang menyebabkan tingginya nilai Turbine Heat Rate dan besarnya pemakaian bahan bakar batubara yang menyebabkan kerugian secara materi. Penelitian ini membahas tentang besarnya kenaikan turbine heat rate dan pemakaian batubara pada saat salah satu High Pressure Heater outservice di PLTU berkapasitas 1x600MW serta kerugian yang dihasilkan pada setiap kenaikan 1 [°C].

Analisis dilakukan menggunakan metode perhitungan indirect. Variabel penelitian adalah data tekanan, temperatur dan laju aliran dari sistem uap dari boiler ke High Pressure Turbine dan High Pressure Heater, dan sistem air pengisi tertutup.

Hasil penelitian adalah pada saat HP Heater tidak berfungsi turbine heat rate sebesar 7779,1866 [kJkW/h] dan coal flow sebesar 349,4746 [t/h] sedangkan pada saat High Pressure Heater Outservice didapatkan hasil perhitungan turbine heat rate lebih besar, sebesar 8111,3648 [kJkW/h] dan coal flow sebesar 364,3561 [t/h] serta kerugian sebesar Rp. 1,990,154,787.08,- per tahun setiap penurunan suhu 1 [°C].

Kata kunci: High Pressure Heater, Turbine Heat Rate, outservice, batubara, kerugian

Abstract

The Performance of the Power Plant is the most important matter in the operation of Steam Power Plant. Auxiliary Equipment is requiring to improve the unit efficiency, such as High Pressure Heater. Generally, in Steam Power Plant, it has three High Pressure Heater. When one of the High Pressure Heater is outservice, there will be an increase in Turbine Heat Rate caused the decrease in efficiency and the amount of coal use will caused loss of fund. This study will discuss about the increase of Turbine Heat Rate and the increase of coal use when one of the high pressure heater is outservice in Steam Power Plant capacity 1x600 MW also the losses generated on each 1 [°C] increment.

The Analisis is done by using indirect calculation metode. The necessary data is Pressure, Temperature and Flow from, steam system from boiler to High Pressure Turbine and High Pressure Heater, and closed feedwater system.

the result of this research is turbine heat rate calculation is 7779,1866 [kJkW/h] and coal flow is 349,4746 [t/h], when the normal Condition. while at the outservice condition, the turbine heat rate calculation is bigger, is 8111,3648 [kJkW/h] and coal flow is 364,3561 [t/h] also the losses is Rp.1,990,154,787.08,- each year each decrease temperature in 1 [°C].

Keywords: Heat Rate, High Pressure Heater, Losses, Outservice, Steam Power Plant

I. PENDAHULUAN LATAR BELAKANG

Pembangkit tekanan *super-critical* merupakan teknologi untuk menaikkan efisiensi thermal dengan cara menaikkan tekanan dan suhu pada uap dan menurunkan tekanan kondensor[4]. Panas ditambahkan ke dalam siklus uap untuk menaikkan suhu rata-rata dan efisiensi thermal yang menyebabkan tekanan menjadi lebih tinggi[2]. Pada saat air dalam kondisi *critical* nya yaitu pada saat tekanan 213,8 [kg/cm²] (3206 [psia]) dan suhu 372,4 [°C] (706 [°F]),

tidak ada perubahan tekanan dari uap ke air[2]. Untuk membangkitkan uap di kondisi supercritical, air bertekanan masuk melewati boiler dimana air *feedwater* akan menyerap energi panas dan volume air akan bertambah secara bertahap tanpa terjadi *internal bubbling* atau perubahan fasa yang terlihat, dan dikonversikan kedalam gas padat[2].

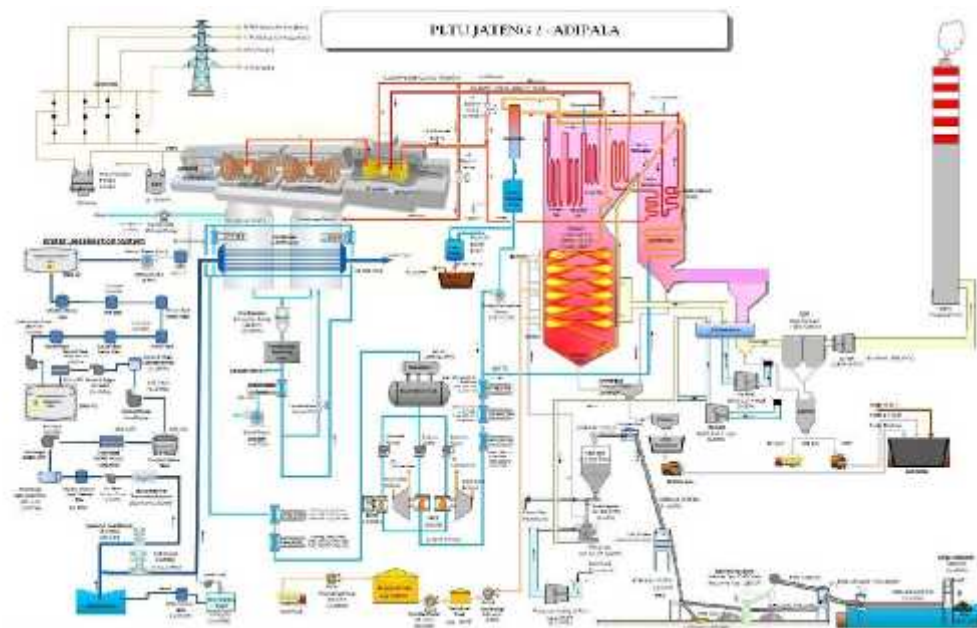
Kinerja dari sebuah unit merupakan hal yang terpenting dalam pengoperasian PLTU. Semakin besar efisiensi unit maka semakin baik pengoperasian dan kinerjanya. Untuk meningkatkan efisiensi diperlukan peralatan bantu, salah satunya dengan memakai *High Pressure Heater*. Pada PLTU X di Jawa Tengah terdapat tiga unit *High Pressure Heater*. Apabila salah satu *heater* tidak bekerja maka efisiensi akan turun, ditandai oleh naiknya *Turbine Heat Rate* yang berbanding lurus dengan *heat rate* Unit. Naiknya *Turbine Heat Rate* mengakibatkan kebutuhan bahan bakar untuk pembakaran di *Boiler* semakin banyak. Pada PLTU X di Jawa Tengah, *High Pressure Heater* mengalami gangguan sehingga komponen tidak dapat berfungsi, hal tersebut mempengaruhi besarnya *Heat Rate* pada unit dan pemakaian bahan bakar untuk pembakaran di *Boiler*. Dengan bertambahnya pemakaian batubara maka mengakibatkan kerugian. Dalam penelitian ini akan membandingkan *Turbine Heat rate* sebagai salah satu penentu besarnya efisiensi unit dan pemakaian Bahan bakar untuk pembakaran di *Boiler* pada saat *High Pressure Heater* kondisi normal dengan kondisi tidak beroperasi dan menghitung besar kerugian pemakaian bahan bakar per [°C] pada saat tidak berfungsi.

II. EKSPERIMEN

Pada penelitian ini, untuk menganalisis pengaruh tidak berfungsinya *High Pressure Heater* terhadap *Turbine Heat Rate*, peneliti mengambil sampel pada saat *High Pressure Heater 7* tidak berfungsi. Analisa dilakukan menggunakan analisa termodinamika dengan metode perhitungan *indirect*.

Studi ini dilakukan secara analisa termodinamika dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempelajari skema PLTU, siklus sistem *Closed Feedwater* dan uap ekstraksi pada turbin.



Gambar 1. Contoh skema dari PLTU 2 Jateng-Adipala

2. Melakukan pencarian data yang terukur dan dibutuhkan dalam perhitungan dalam sistem *closed feedwater* dan sistem *High Pressure Turbine*.

3. Melakukan *Trending* untuk mendapatkan data:
 - Suhu, tekanan dan laju aliran pada *Main Steam* saat *HP Heater 7* normal dan tidak berfungsi.
 - Suhu, tekanan dan laju aliran pada *Final Feedwater* saat *HP Heater 7* kondisi normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Suhu dan tekanan pada *Hot Reheat* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Suhu dan tekanan pada *Cold Reheat* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Suhu, tekanan dan laju aliran pada *Reheat Spray* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Suhu dan Tekanan keluaran dan masukan air *Feedwater* serta Uap pemanas pada *High Pressure 7* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Suhu *Drain* pada *High Pressure 7* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Suhu dan Tekanan keluaran dan masukan air *Feedwater* serta Uap pemanas pada *High Pressure 8* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Suhu *Drain* pada *High Pressure 8* saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Daya generator pada saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
 - Laju aliran batubara pada saat *HP Heater 7* normal dan kondisi tidak berfungsi.
4. Melakukan pencarian *Entalphy* untuk setiap data dengan menggunakan pendekatan interpolasi dan tabel uap.
5. Mencari data pendukung seperti data harga dan kalor batubara serta *Turbin Heat Balance*.
6. Melakukan perhitungan dengan metode *indirect* untuk mencari *Turbine Heat Rate* dan batubara yang dibutuhkan.
7. Menghitung kerugian materi pada saat *High Pressure Heater* tidak berfungsi.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengambilan Data *Central Control Room*

- Data Pada saat Kondisi *High Pressure Heater 7* tidak berfungsi

Data yang diambil pada tanggal 4 Agustus 2016 selama interval waktu Empat jam dengan beban Daya penuh sebesar 666 [MW].

Tabel 1. Hasil pengambilan data pada saat High Pressure Heater tidak berfungsi

No	Subjek	Uap			Generator	Batubara
		P [MPa]	Flow [t/h]	T [°C]	Daya [MW]	Flow [t/h]
1	Main Steam	24.0452	1,935.8073	558.6056	666.4067	393.8781
2	Final Feedwater	27.0914	1,924.9900	273.7540		
3	Hot Reheat	4.2557	-	558.2574		
4	Cold Reheat	4.4290	-	293.5814		
5	Reheat Spray	10.7970	36.7247	187.3984		
6	HPH 7 In	28.0754	-	214.8091		
7	HPH 7 Out	27.2995	-	214.8764		
8	HPH 7 Drain	-	-	211.7060		
9	HPH 7 Steam	1.9420	-	211.3025		
10	HPH 8 In	27.7995	-	214.8764		
11	HPH 8 Out	27.6405	-	272.2802		
12	HPH 8 Drain	-	-	230.5199		
13	HPH 8 Steam	5.7083	-	348.5067		

- Data Pada saat Kondisi *High Pressure Heater 7 Normal*
 Data yang diambil pada tanggal 8 September 2016 selama interval waktu Empat jam dengan beban daya penuh sebesar 666 [MW].

Tabel 2. Hasil pengambilan data pada saat HPH Normal

No	Subjek	Uap			Generator	Batubara
		P [MPa]	Flow [t/h]	T [°C]	Daya [MW]	Flow [t/h]
1	Main Steam	24.3005	1915.0132	568.3624	666.5364	346.0407
2	Final Feedwater	27.6053	1902.3450	280.5295		
3	Hot Reheat	4.0643	-	568.3699		
4	Cold Reheat	4.4311	-	305.7324		
5	Reheat Spray	11.1212	0	30.0420		
6	HPH 7 In	28.5117	-	214.1778		
7	HPH 7 Out	28.2630	-	253.0766		
8	HPH 7 Drain	-	-	220.5490		
9	HPH 7 Steam	4.2258	-	306.0668		
10	HPH 8 In	28.2630	-	253.0766		
11	HPH 8 Out	28.1480	-	278.9871		
12	HPH 8 Drain	-	-	258.2300		
13	HPH 8 Steam	6.1882	-	357.4371		

1. Hasil Perhitungan *Enthalphy*

Hasil perhitungan *Enthalphy* uap dan air dengan menggunakan metode Pendekatan Interpolasi.

Tabel 3. Hasil perhitungan *Enthalphy* Kondisi *High Pressure Heater* tidak berfungsi

No	Subjek	Enthalphy [kJ/kg]
1	Main Steam	3376.26357
2	Final Feedwater	1200.3767
3	Hot Reheat	3576.964
4	Cold Reheat	2926.3937
5	Reheat Spray	800.8989
6	HPH 7 In	929.3388
7	HPH 7 Out	929.5243
8	HPH 7 Drain	910.677
9	HPH 7 Steam	2799.019
10	HPH 8 In	929.5243
11	HPH 8 Out	1193.2748
12	HPH 8 Drain	992.5897
13	HPH 8 Steam	3136.5795

Tabel 4. Hasil perhitungan *Enthalphy* Kondisi *High Pressure Heater* Normal

No	Subjek	Enthalphy [kJ/kg]
1	Main Steam	3403.2497
2	Final Feedwater	1232.8549
3	Hot Reheat	3601.9192
4	Cold Reheat	2969.0012
5	Reheat Spray	136.0141
6	HPH 7 In	926.7371
7	HPH 7 Out	1102.6225
8	HPH 7 Drain	946.0984
9	HPH 7 Steam	2970.0771
10	HPH 8 In	1102.6225
11	HPH 8 Out	1225.1986
12	HPH 8 Drain	1126.0562
13	HPH 8 Steam	3059.0306

2. Perhitungan Laju aliran di *High Pressure Heater 7, High Pressure Heater 8, Cold Reheater dan Hot Reheater*

Perhitungan dilakukan karena tidak tersedianya alat pengukuran di empat tempat tersebut.

Tabel 5. Hasil perhitungan Laju Aliran di *HP Heater 7, HP Heater 8, Cold Reheater dan Hot Reheater*

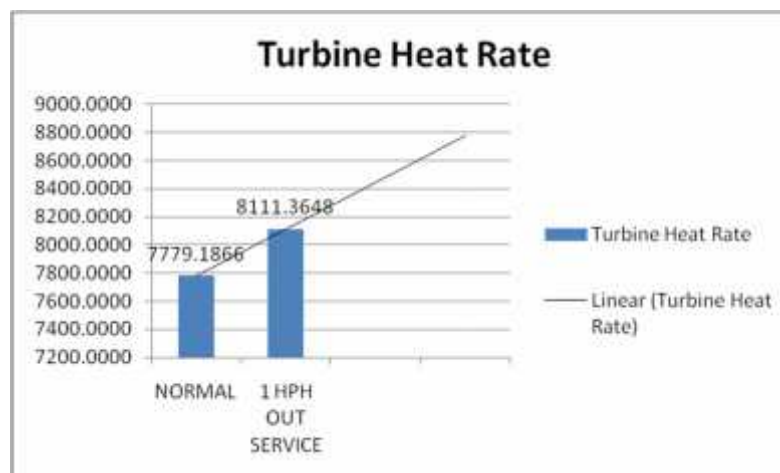
Kondisi	G H8 [t/h]	G H7 [t/h]	G CRH [t/h]	G HRH [t/h]
NORMAL	120.6338	154.5894	1600.773	1600.773
1 HPH OUT SERVICE	236.8095	0	1658.35	1695.075

3. Perhitungan *Turbine Heat Rate*

Tabel 5. Hasil perhitungan *Turbine Heat Rate*

Kondisi	THR [kJ/kWh]
NORMAL	7779.1866
1 HPH OUT SERVICE	8111.3648

Hasil perhitungan, bahwa *High Pressure Heater* yang beroperasi secara normal memiliki nilai *Turbine Heat Rate* yang lebih rendah dibandingkan pada saat kondisi sebuah *High Pressure Heater* tidak beroperasi. Pada saat *High Pressure Heater* dalam kondisi normal nilai *Turbine Heat Rate*nya adalah 7779,1866 [kJ/kWh] dan pada saat kondisi salah satu *High Pressure Heater* tidak beroperasi sebesar 8111,3648 [kJ/kWh] dalam keadaan beban Penuh atau maksimal. Kenaikan *Turbine Heat Rate* dapat dilihat dari gambar 1. bahwa saat *High Pressure Heater* tidak beroperasi maka akan semakin tinggi nilai *Turbine Heat Rate*nya.



Gambar 2. Grafik hubungan *Turbine Heat Rate* terhadap Kondisi HP Heater

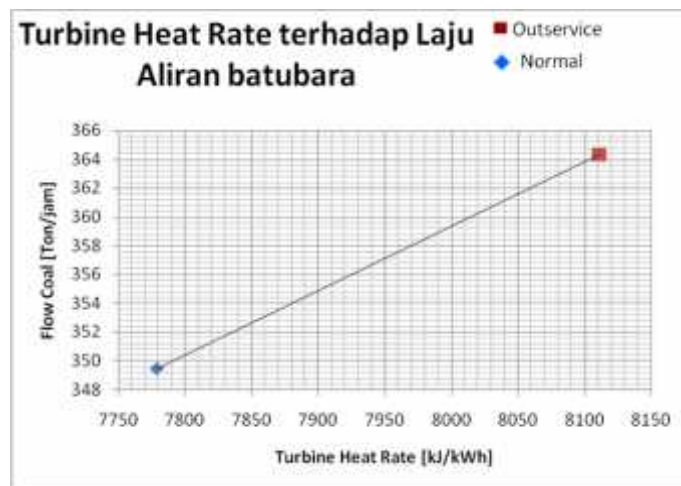
4. Perhitungan kerugian pada saat HPH Tidak beroperasi

Kerugian dapat dilihat dari banyaknya pemakaian batubara oleh *Boiler* pada saat *High Pressure Heater* tidak berfungsi dan dikonversikan dalam bentuk rupiah.

Tabel 5. Hasil perhitungan Pemakaian Batubara

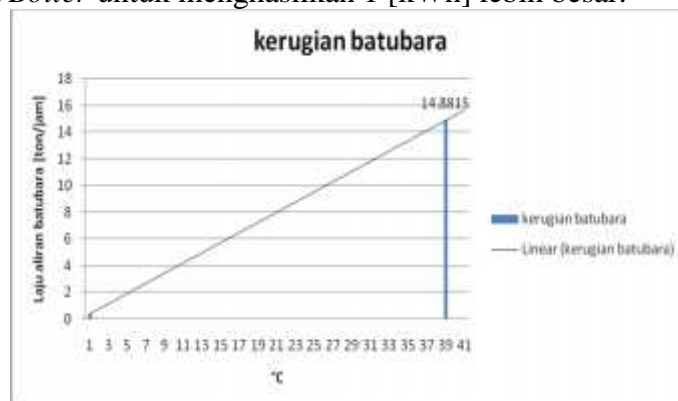
Kondisi	Flow Coal [t/h]
Normal	349,4746105
1 HP Heater tidak berfungsi	364,3561256

Tabel 5. merupakan hasil pemakaian batubara dalam kondisi normal dan kondisi Sebuah *High Pressure Turbine* tidak beroperasi secara teori. Batubara yang dipakai merupakan batubara ber kalori 4200 [kCal/kg]. Pada kondisi normal, batubara yang dibutuhkan untuk pembakan di *Boiler* sebesar 349,4746105 [ton/jam] sedangkan pada saat kondisi salah satu *High Pressure Heater* tidak beroperasi sebesar 364,3561256 [ton/jam]. Dapat dari tabel dilihat bahwa terdapat selisih atau kerugian sebesar 14,8815 ton/jam pada saat kondisi salah satu *High Pressure Heater* tidak berfungsi.



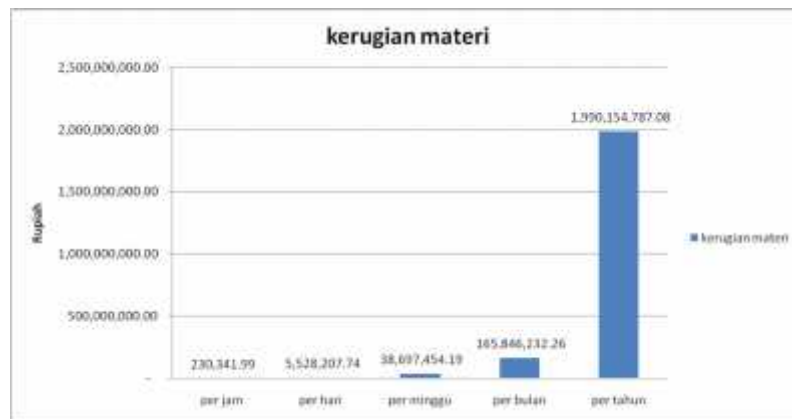
Gambar 3. Grafik Pengaruh kenaikan Turbine Heat Rate terhadap pemakaian batubara

Gambar 2. menjelaskan bahwa semakin besar *Turbine Heat Rate* maka akan semakin besar pula pemakaian batubara. Hal tersebut disebabkan panas yang dibutuhkan dalam pemanasan air pada *Boiler* untuk menghasilkan 1 [kWh] lebih besar.



Gambar 4. Grafik hubungan Kerugian batubara VS temperature

Dapat diperhitungkan kerugian yang dihasilkan dalam setiap penurunan suhu 1[°C] di dalam *Final Feedwater* yaitu sebesar 0,3826 ton/jam. Gambar 3. merupakan Grafik yang menunjukkan kenaikan kerugian bahan bakar setiap penurunan suhu 1[°C].



Gambar 5. Grafik Besar kerugian materi berbanding lama waktu

Gambar 4. Menjelaskan tentang besarnya kerugian yang akan dialami PLTU dalam konversi Rupiah jika salah satu *High Pressure Heater* tidak beroperasi. Kerugiannya sebesar Rp.230.341,99 per jam setiap penurunan 1 [°C] atau jika ditotalkan dalam setahun, akan mengalami kerugian sebesar Rp.1.990.154.787,08 setiap penurunan 1[°C].

IV. KESIMPULAN

- Tidak berfungsinya salah satu *High Pressure Heater* pada tanggal 4 agustus 2016 menyebabkan besarnya nilai *Turbine Heat Rate* yaitu sebesar 8111,3648 [kJ/kWh] dibandingkan dengan kondisi normal pada tanggal 8 september 2016 yaitu 7779,1866 [kJ/kWh] dengan kondisi beban yang sama yaitu 666[MW]. Tingginya *Turbine Heat Rate* menyebabkan panas yang dibutuhkan untuk memanaskan air di dalam *Boiler* lebih besar.
- Konsumsi batubara dalam *boiler* pada saat salah satu *High Pressure Heater* tidak beroperasi lebih banyak yaitu sebesar 364,3561256 [ton/jam] sedangkan pada saat kondisi normal sebesar 349,4746105 [ton/jam].
- Pada saat salah satu *High Pressure Heater* tidak beroperasi menyebabkan menurunnya suhu dalam *final feedwater* yang berdampak pada kenaikan pemakaian batubara dalam pembakaran di dalam *Boiler* yang mengakibatkan kerugian bahan bakar sebesar 14,8815 ton/jam. Pada setiap penurunan suhu 1[°C] pada *final feedwater* dihasilkan kerugian sebesar 0,3826 ton/jam dan jika dikonversikan dalam rupiah, PLTU akan mengalami kerugian sebesar Rp.230.341,99 per jam setiap penurunan 1[°C].

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hicks, Tyler G.2012.*Handbook of Energy Engineering Calculations*.United State Of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [2] Keswani, H.B.1979.*Power Plant Engineering*.Third Edition.Delhi: Rajinder Kumar Jain For Standard Book House.
- [3] Sahid, Budhi Prasetiyo.2016.*HEAT RATE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP PAITON BARU (UNIT 9) BERDASARKAN PERFORMANCE TEST TIAP BULAN DENGAN BEBAN 100%*.Semarang: Politeknik Negeri Semarang.
- [4] Skrotzki, Benhadrt G.A and Wiliam A. Vopat. 1972.*Power Station Engineering and Economy*.TMH Edition.New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.
- [5] Sunarwo, Supriyo.2015. *ANALISA HEAT RATE PADA TURBIN UAP BERDASARKAN PERFORMANCE TEST PLTU TANJUNG JATI B UNIT 3*.Semarang: Politeknik Negeri Semarang.

ANALISIS PENGARUH NILAI BEBAN TERHADAP NPHR (NET PLANT HEAT RATE) PADA UNIT 2 PLTU 2 LABUAN BANTEN

Muhammad Ilham¹, Arifia Ekayuliana²

Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Program Studi Teknik Konversi Energi

¹Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Kota Depok, Jawa Barat 16424, Indonesia, Tlp., +625777347144, Fax. (021) 7270034, muhilham1663@gmail.com,

²Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Banyaknya konsumsi batu bara pada unit PLTU batu bara untuk menghasilkan 1 kWh dapat ditentukan melalui nilai NPHR (Net Plant Heat Rate). Karena NPHR merupakan kebalikan dari efisiensi maka jika nilai NPHR yang dimiliki suatu unit pembangkitan itu rendah maka semakin efisien suatu unit pembangkitan.. Besarnya nilai beban pada suatu unit PLTU tidak selalu konstan. Nilai beban dapat naik ataupun turun sesuai dengan permintaan ataupun akibat dari adanya gangguan pada peralatan unit. Naik atau turunnya beban ini dapat mempengaruhi besarnya nilai NPHR. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari nilai beban yang diminta oleh konsumen terhadap NPHR yang akan mempengaruhi konsumsi dari bahan bakar unit PLTU. Untuk mendapatkan nilai NPHR digunakan metode heat-loss yaitu metode yang lebih akurat daripada perhitungan dengan metode input-output. Untuk mengetahui nilai NPHR perlu diketahui turbine heat rate dan efisiensi boilernya terlebih dahulu. Dengan mengetahui NPHR untuk beban yang berbeda, dapat diketahui kondisi beban seperti apa yang baik untuk unit PLTU. Berdasarkan hasil penelitian, semakin besar nilai beban unit PLTU maka semakin baik NPHRnya, yang dapat dikatakan bahwa konsumsi bahan bakar dari unit tersebut menjadi rendah.

Kata kunci: Efisiensi boiler, Metode heat-loss, Net Plant Heat Rate, PLTU, Turbine heat-rate

Abstract

The amount of coal consumption in Steam Power Plant unit to generate 1 kWh can be determined through the value of NPHR (Net Plant Heat Rate). The lower NPHR value the more efficient Power Plant unit, since NPHR is the inverse of efficiency. The value of the load at a power plant units are not always constant. The value of load may increase or decrease according to demand or as a result of the unit component fault. The goal of this research is to determine the effect of the value of the load demanded by by the consumers towards NPHR that will affect the constumption of fuel in Steam Power Plant units. Determine the value of NPHR using heat-loss method is more accurate than determine NPHR with input-output method. Before determine the value of NPHR we need to determine Turbine Heat Rate and Boiler Efficiency first. By knowing the NPHR value for different loads, it can be seen what load conditions are good for PLTU units. From the results of the research, the greater the load value of the PLTU unit the better the NPHR, which can be said that the fuel consumption of the unit becomes low.

Keywords: Boiler Efficiency, Heat-loss method, Net Plant Heat Rate, Steam Power Plant, Turbine heat-rate

I. PENDAHULUAN

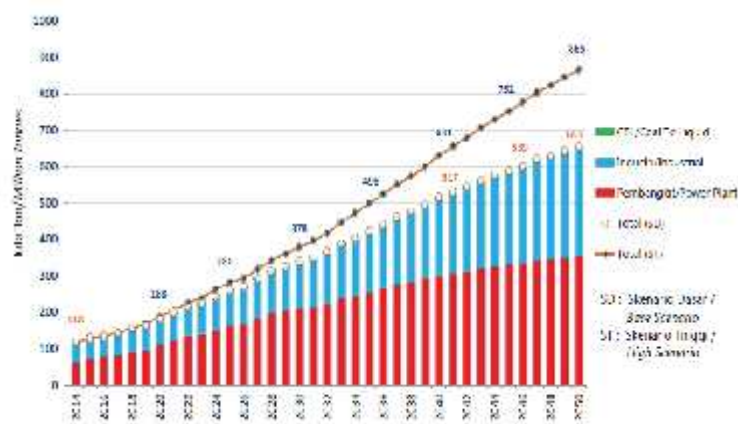
Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit yang ada di Indonesia. Mayoritas Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Indonesia menggunakan bahan bakar batu bara daripada bahan bakar lainnya. PLTU 2 Labuan Banten merupakan salah satunya.

Indonesia memiliki beberapa potensi sumber daya energi fosil diantaranya minyak bumi, gas bumi dan batubara. Pada tahun 2014, cadangan terbukti minyak bumi sebesar 3,6 miliar barel, gas bumi sebesar 100,3 TCF dan cadangan batubara sebesar 32,27 miliar ton. Bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru, berdasarkan rasio R/P (Reverse/Production) tahun 2014, maka minyak bumi akan habis dalam 12 tahun, gas bumi 37 tahun dan batubara 70 tahun. Cadangan ini bahkan akan lebih cepat habis dari tahun yang disebut diatas karena kecenderungan produksi energi fosil yang terus meningkat [1].

Tabel. 1 Ketersediaan Energi Fosil

No	Jenis Energi	Satuan	Sumber Daya	Cadangan	
1	Minyak Bumi	Miliar Barel		Proven	3,6
				+Potential	7,4
2	Gas Bum	TSCF		Proven	100,3
				+Potential	149,3
3	Batu Bara	Miliar Ton	124,8	32,27	

Pembangkit listrik merupakan pengguna batubara yang paling dominan selama periode 2014 sampai 2050. Konsumsi batubara pada pembangkit listrik tersebut, diproyeksikan akan meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 4,78% per tahun, sehingga konsumsi batubara lebih dari lima kali lipat dari hanpir 66 juta ton pada 2014, menjadi hampir 354 juta ton pada 2050.



Gambar. 1 Proyeksi Pemanfaatan Batu Bara

Banyaknya konsumsi batu bara dalam satu waktu dapat ditentukan melalui nilai *NPHR* (*Net Plant Heat Rate*). Karena *NPHR* merupakan kebalikan dari efisiensi maka jika nilai *NPHR* yang dimiliki suatu unit pembangkitan itu rendah maka semakin efisien suatu unit pembangkitan. Penurunan *NPHR* akan menyebabkan penurunan konsumsi bahan bakar untuk menghasilkan daya untuk melayani beban yang diminta [2].

Besarnya nilai beban pada suatu unit PLTU tidak selalu konstan. Nilai beban dapat naik ataupun turun sesuai dengan permintaan ataupun akibat dari adanya gangguan pada peralatan unit. Naik atau turunnya beban ini dapat mempengaruhi besarnya nilai *NPHR*.

Tujuan penelitian ini diantaranya:

- Mengetahui nilai *NPHR*
- Mengetahui perbedaan nilai *NPHR* dengan beban yang berbeda-beda
- Mengetahui perbedaan nilai *NPHR* dengan beban yang berbeda-beda

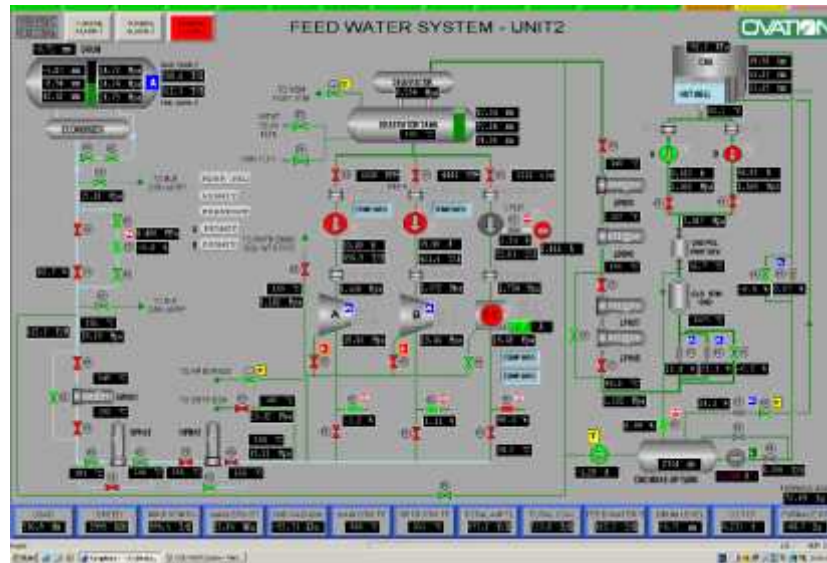
II. METODE PENELITIAN

Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan menganalisa kasus yang terjadi pada unit 2 PLTU 2 Labuan Banten yaitu terjadinya penurunan beban akibat performa komponen PLTU yang menurun. Setelah menganalisa kasus tersebut penulis melakukan studi literatur dan konsultasi dengan pihak ke-tiga yang memiliki keahlian dalam bidang pembangkitan untuk mendapatkan referensi yang akurat.

Setelah itu dilakukan pengumpulan data efisiensi boiler dan turbine heat rate melalui *performance test* unit pembangkit. *Performance test* dilakukan selama 2 hari dengan menaikkan beban secara perlahan

yaitu 160 MW dan 209 MW pada hari pertama dan 255 MW dan 300 MW pada hari kedua. *Performance test* dilakukan dengan melakukan uji laboratorium pada sampel batu bara dan pengumpulan data-data yang ada pada DCS (*Distribute Control System*) melalui CCR (*Central Control Room*).



Gambar. 2 DCS Feed Water System Unit 2 PLTU 2 Labuan Banten

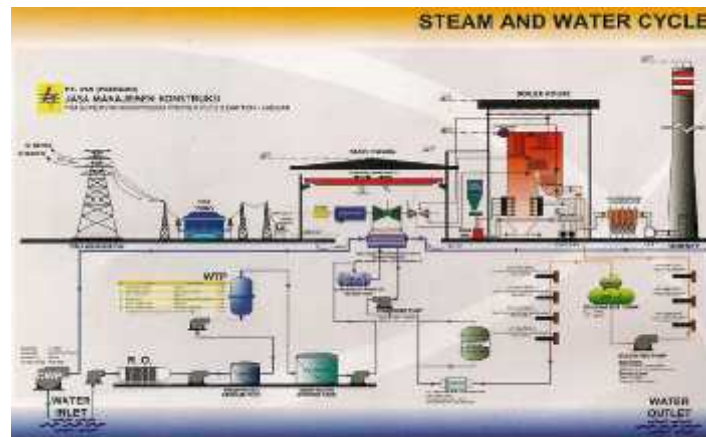
	B	C	D	F	G
1	Debit				
2	Heating Water		Inlet		Combining
3	HR	HR	HR	HR	HR
4	HR	HR	HR	HR	HR
5	Physical Analysis				
6	HR	HR	HR	HR	HR
7	HR	HR	HR	HR	HR
8	HR	HR	HR	HR	HR
9	HR	HR	HR	HR	HR
10	HR	HR	HR	HR	HR
11	HR	HR	HR	HR	HR
12	HR	HR	HR	HR	HR
13	HR	HR	HR	HR	HR
14	HR	HR	HR	HR	HR
15	HR	HR	HR	HR	HR
16	HR	HR	HR	HR	HR
17	HR	HR	HR	HR	HR
18	HR	HR	HR	HR	HR
19	HR	HR	HR	HR	HR
20	HR	HR	HR	HR	HR
21	HR	HR	HR	HR	HR
22	HR	HR	HR	HR	HR
23	HR	HR	HR	HR	HR
24	HR	HR	HR	HR	HR
25	HR	HR	HR	HR	HR
26	HR	HR	HR	HR	HR
27	HR	HR	HR	HR	HR
28	HR	HR	HR	HR	HR
29	HR	HR	HR	HR	HR
30	HR	HR	HR	HR	HR
31	HR	HR	HR	HR	HR
32	HR	HR	HR	HR	HR
33	HR	HR	HR	HR	HR
34	HR	HR	HR	HR	HR
35	HR	HR	HR	HR	HR
36	HR	HR	HR	HR	HR
37	HR	HR	HR	HR	HR
38	HR	HR	HR	HR	HR
39	HR	HR	HR	HR	HR
40	HR	HR	HR	HR	HR
41	HR	HR	HR	HR	HR
42	HR	HR	HR	HR	HR
43	HR	HR	HR	HR	HR
44	HR	HR	HR	HR	HR
45	HR	HR	HR	HR	HR
46	HR	HR	HR	HR	HR
47	HR	HR	HR	HR	HR
48	HR	HR	HR	HR	HR
49	HR	HR	HR	HR	HR
50	HR	HR	HR	HR	HR
51	HR	HR	HR	HR	HR
52	HR	HR	HR	HR	HR
53	HR	HR	HR	HR	HR
54	HR	HR	HR	HR	HR
55	HR	HR	HR	HR	HR
56	HR	HR	HR	HR	HR
57	HR	HR	HR	HR	HR
58	HR	HR	HR	HR	HR
59	HR	HR	HR	HR	HR
60	HR	HR	HR	HR	HR
61	HR	HR	HR	HR	HR
62	HR	HR	HR	HR	HR
63	HR	HR	HR	HR	HR
64	HR	HR	HR	HR	HR
65	HR	HR	HR	HR	HR
66	HR	HR	HR	HR	HR
67	HR	HR	HR	HR	HR
68	HR	HR	HR	HR	HR
69	HR	HR	HR	HR	HR
70	HR	HR	HR	HR	HR
71	HR	HR	HR	HR	HR
72	HR	HR	HR	HR	HR
73	HR	HR	HR	HR	HR
74	HR	HR	HR	HR	HR
75	HR	HR	HR	HR	HR
76	HR	HR	HR	HR	HR
77	HR	HR	HR	HR	HR
78	HR	HR	HR	HR	HR
79	HR	HR	HR	HR	HR
80	HR	HR	HR	HR	HR
81	HR	HR	HR	HR	HR
82	HR	HR	HR	HR	HR
83	HR	HR	HR	HR	HR
84	HR	HR	HR	HR	HR
85	HR	HR	HR	HR	HR
86	HR	HR	HR	HR	HR
87	HR	HR	HR	HR	HR
88	HR	HR	HR	HR	HR
89	HR	HR	HR	HR	HR
90	HR	HR	HR	HR	HR
91	HR	HR	HR	HR	HR
92	HR	HR	HR	HR	HR
93	HR	HR	HR	HR	HR
94	HR	HR	HR	HR	HR
95	HR	HR	HR	HR	HR
96	HR	HR	HR	HR	HR
97	HR	HR	HR	HR	HR
98	HR	HR	HR	HR	HR
99	HR	HR	HR	HR	HR
100	HR	HR	HR	HR	HR

Gambar. 3 Generated Input Lab Data Unit 2 PLTU 2 Labuan Banten

Perhitungan nilai NPHR mulai dilakukan setelah data-data *turbine heat rate* dan efisiensi *boiler* telah lengkap. Data NPHR yang telah diolah kemudian dianalisis melalui grafik yang dibuat, kemudian dapat ditarik kesimpulan dari analisis tersebut yang selanjutnya dapat dijadikan sebagai saran maupun referensi.

Sistem Pembangkit listrik Tenaga Uap Labuan Unit 2

PLTU 2 Labuan Banten menggunakan siklus tertutup dengan 3 turbin uap dan 8 pemanas bantu untuk mengurangi pemakaian bahan bakar.



Gambar. 4 Siklus PLTU 2 Labuan Banten

Untuk menghitung NPHR pada suatu unit PLTU dibutuhkan data-data *Turbine Heat Rate* dan Efisiensi *Boiler* dari unit tersebut. Efisiensi *Boiler* adalah energi panas masuk yang digunakan secara efektif untuk menghasilkan uap. Metode yang digunakan untuk menghitung Efisiensi *Boiler* adalah metode *heat-loss*, dimana metode ini memiliki informasi yang lebih akurat daripada metode lainnya yaitu metode *input-output*[3]. *Turbine Heat Rate* adalah banyaknya energi yang dikonsumsi turbin uap untuk menghasilkan 1 kWh. Pada PLTU 2 Labuan Banten terdapat 2 buah *High Pressure Heater* untuk menaikkan temperatur *feedwater*, hal ini akan mempengaruhi laju *cold reheat* karena adanya ekstraksi uap dari turbin ke *High Pressure Heater* maka perlu menghitung laju ekstraksi uapnya [4].

Menghitung Efisiensi Boiler

Untuk menghitung efisiensi *boiler* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung udara pembakaran yang dibutuhkan

Untuk menghitung udara pembakaran yang dibutuhkan digunakan rumus berikut:

$$AR = \frac{(11,6 \times \%C) + \left[84,4E \times \left(\%H_2 - \frac{\%O_2}{8} \right) \right] + (4,35 \times \%S)}{100} \quad [\text{Persamaan. 1}]$$

2. Menghitung kelebihan udara pembakaran

Untuk menghitung kelebihan udara pembakaran digunakan rumus berikut:

$$EA = \frac{\%O_2 \text{ Flue Gas}}{21 - \%O_2 \text{ Flue Gas}} \times 100 \quad [\text{Persamaan. 2}]$$

3. Menghitung massa udara pembakaran

Untuk menghitung massa udara pembakaran digunakan rumus berikut:

$$MAS = \left[1 + \frac{EA}{100} \right] \times AR \quad [\text{Persamaan. 3}]$$

4. Menghitung massa *flue gas* kering

Untuk menghitung massa *flue gas* kering digunakan rumus berikut:

$$MDFG = \frac{\left(\%C \times \frac{44}{12} \right) + \%N + (MAS \times 77) + [(MAS - AR) \times 23]}{100} \quad [\text{Persamaan. 4}]$$

5. Menghitung L_1

Untuk menghitung persentase kehilangan panas yang diakibatkan oleh gas buang yang kering digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_1 = \frac{m \times C_{p\text{gas}} \times (T_f - T_a)}{HHV \text{ Batu Bara}} \times 100 \quad [\text{Persamaan. 5}]$$

6. Menghitung L_2

Untuk menghitung persentase kehilangan panas karena penguapan air yang terbentuk dari adanya H_2 dalam bahan bakar digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_2 = \frac{9 \times H_2 \times \{5E4 + C_p \times (T_j - T_a)\}}{HHV \text{ Batu Bara}} \times 100 \text{ [Persamaan. 6]}$$

7. Menghitung L_3

Untuk menghitung persentase kehilangan panas karena penguapan kadar air (*moisture*) dalam bahan bakar digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_3 = \frac{\%M \times \{5E4 + C_p \times (T_j - T_a)\}}{HHV \text{ Batu Bara}} \times 100 \text{ [Persamaan. 7]}$$

8. Menghitung L_4

Untuk menghitung persentase kehilangan panas karena kadar air dalam udara digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_4 = \frac{MAS \times Humidity \times C_p \times (T_j - T_a)}{HHV \text{ Batu Bara}} \times 100 \text{ [Persamaan. 8]}$$

9. Menghitung L_5

Untuk menghitung persentase kehilangan panas karena bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu terbang/*fly ash* digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_5 = \frac{Ratio \text{ Fly Ash to Bottom Ash} \times \% \text{ Ash} \times HHV \text{ Fly Ash}}{HHV \text{ Batu Bara}} \times 100 \text{ [Persamaan. 9]}$$

Dimana :

$$HHV \text{ Fly Ash} = \frac{\% \text{ Carbon in Fly Ash}}{100} \times HHV \text{ Batu Bara} \text{ [Persamaan. 10]}$$

10. Menghitung L_6

Untuk menghitung persentase kehilangan panas karena bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu bawah/*bottom ash* digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_6 = \frac{Ratio \text{ Bottom Ash to Fly Ash} \times \% \text{ Ash} \times HHV \text{ Fly Ash}}{HHV \text{ Batu Bara}} \times 100 \text{ [Persamaan. 11]}$$

Dimana :

$$HHV \text{ Bottom Ash} = \frac{\% \text{ Carbon in Bottom Ash}}{100} \times HHV \text{ Batu Bara} \text{ [Persamaan. 12]}$$

11. Mengetahui L_7

L_7 Merupakan kehilangan panas yang diakibatkan karena adanya radiasi, konveksi dan kehilangan panas lainnya yang tidak dihitung, maka dari itu nilai dari L_7 biasanya ditentukan oleh *vendor*. Pada unit 2 PLTU 2 Labuan nilai L_7 yang diberikan sebesar 0.44%.

12. Menghitung efisiensi boiler dengan metode *heat-loss*

Untuk menghitung efisiensi boiler dengan metode *heat-loss* digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Boiler} = 100 - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7) \text{ [Persamaan. 13]}$$

Menghitung Turbin Heat Rate

Pada PLTU 2 Labuan Banten terdapat 2 buah *High Pressure Heater* untuk menaikkan temperatur *feedwater*, hal ini akan mempengaruhi laju *cold reheat* karena adanya ekstraksi uap dari turbin ke *High Pressure Heater* maka untuk menghitung laju ekstraksi uap ini digunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung *Extraction Flow* dari HP turbin ke HPH 1 [5]

Untuk menghitung *Extraction Flow* dari HP Turbin ke HPH 1 Digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Extraction Steam Flow HPH1 } (F_{E1}) = \frac{(H2 - H1) \times F1}{H3 - H5} \text{ [Persamaan. 14]}$$

2. Menghitung *Extraction Flow* dari HP turbin ke HPH 2

Untuk menghitung *Extraction Flow* dari HP Turbin ke HPH 2 Digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Extraction Steam Flow HPH2 } (F_{E2}) = \frac{(H2 - H1) \times F1 - (H4 - H5) \times F4}{H3 - H5} \text{ [Persamaan. 15]}$$

Untuk menghitung *Turbine Heat Rate* digunakan rumus berikut :

$$THR = \frac{(M_1 \times H_1) - (M_f \times H_f) + (M_2 \times H_2) - (M_2 \times H_2) - ((M_{ir} \times H_{ir}) \times H_{cw}}{P_{gs}} \text{ [Persamaan. 16]}$$

Net Plant Heat Rate

Untuk menghitung nilai NPHR digunakan rumus sebagai berikut :

$$NPHR = \frac{\text{Turbine Heat Rate}}{\text{Efisiensi Boiler}} \times \frac{EG}{EN} \text{ [Persamaan. 17]}$$

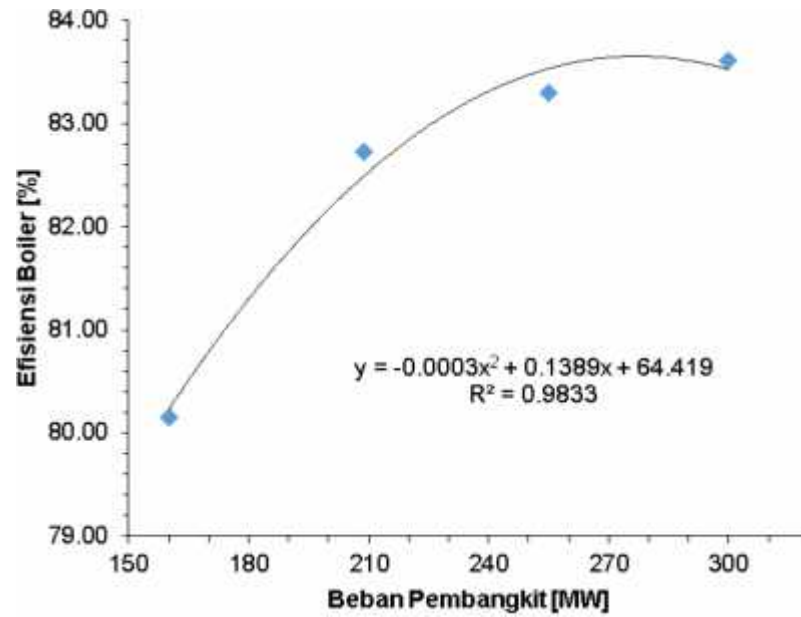
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data

Berikut hasil pengolahan data efisiensi boiler :

Tabel. 2 Hasil Pengolahan Data Efisiensi Boiler

Beban Unit		160 MW	209 MW	255 MW	300 MW
No	Losses	Nilai (%)			
1	<i>Loss due to dry flue gas</i>	7,7535	6,7176	5,7599	5,2051
2	<i>Loss due to hydrogen in fuel</i>	6,7896	6,3793	6,3269	6,3793
3	<i>Loss due to moisture in fuel</i>	4,5456	3,4575	3,9280	4,1491
4	<i>Loss due to moisture in air</i>	0,2814	0,2434	0,2183	0,1826
6	<i>Loss due to surface radiation, convection and other unaccounted</i>	0,4400	0,4400	0,4400	0,4400
7	<i>Unburnt losses in fly ash</i>	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
8	<i>Unburnt losses in bottom ash</i>	0,0388	0,0357	0,0345	0,0401
9	<i>Boiler Efficiency HHV Based (Heat-loss Method)</i>	80,15	82,73	83,29	83,60
Keterangan warna		Data vendor			

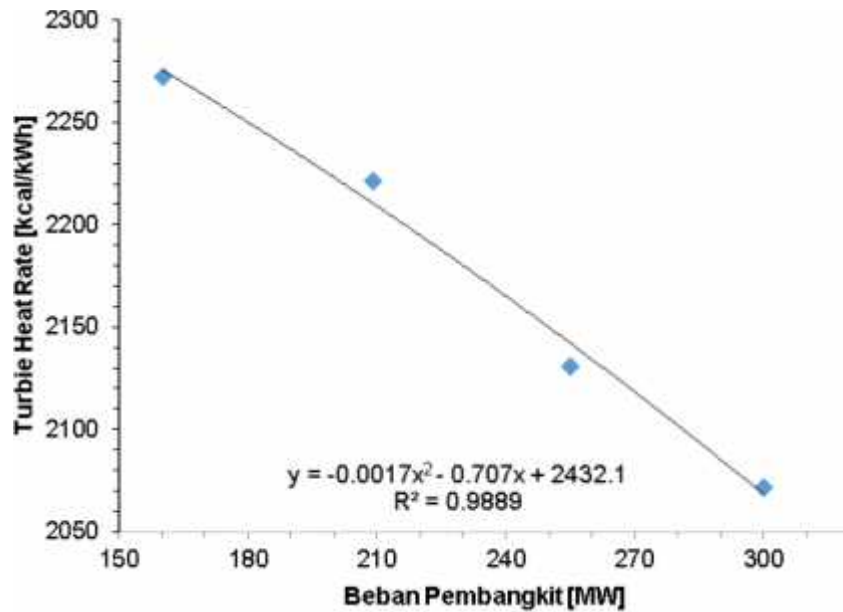


Gambar. 5 Grafik Efisiensi Boiler Terhadap Beban

Berikut hasil pengolahan data *Turbine Heat Rate* :

Tabel. 3 Hasil Pengolahan Data *Turbine Heat Rate*

Beban Unit	Satuan	160 MW	209 MW	255 MW	300 MW
<i>Desuperheater spraywater flow (Mis)</i>	kg/jam	62904,52	69580,03	35015,76	44842,53
<i>Feedwater flow (Mf)</i>	kg/jam	458014,09	606448,41	774950,87	892733,05
<i>Main steam flow (M1)</i>	kg/jam	520918,60	676028,44	809966,63	937575,58
<i>Main steam entalphy (H1)</i>	kJ/kg	3429,64	3426,54	3416,96	3414,10
<i>Final feed water entalphy(Hf)</i>	kJ/kg	1034,98	1090,94	1122,49	1164,67
<i>Cold reheat entalphy(H2)</i>	kJ/kg	3119,89	3115,78	3112,13	3110,78
<i>Cold reheat steam flow (M2)</i>	kg/jam	453582,78	579486,08	677495,94	778480,50
<i>Entalphy hot reheat (H3)</i>	kJ/kg	3530,87	3521,85	3525,41	3529,28
<i>Hot reheat steam flow (M3)</i>	kg/jam	476987,04	616746,95	722334,24	833668,26
<i>Entalphy superheater spray water (Hcw)</i>	kJ/kg	675,24	715,02	746,14	779,00
<i>Reheat spray water flow(Mir)</i>	kg/jam	24816,27	38672,87	46250,31	56599,75
<i>Generator gross power (Pgg)</i>	MW	160,00	209,00	255,00	300,00
<i>Turbine Heat Rate</i>	kJ/kWh	9514,68	9301,32	8922,27	8675,96

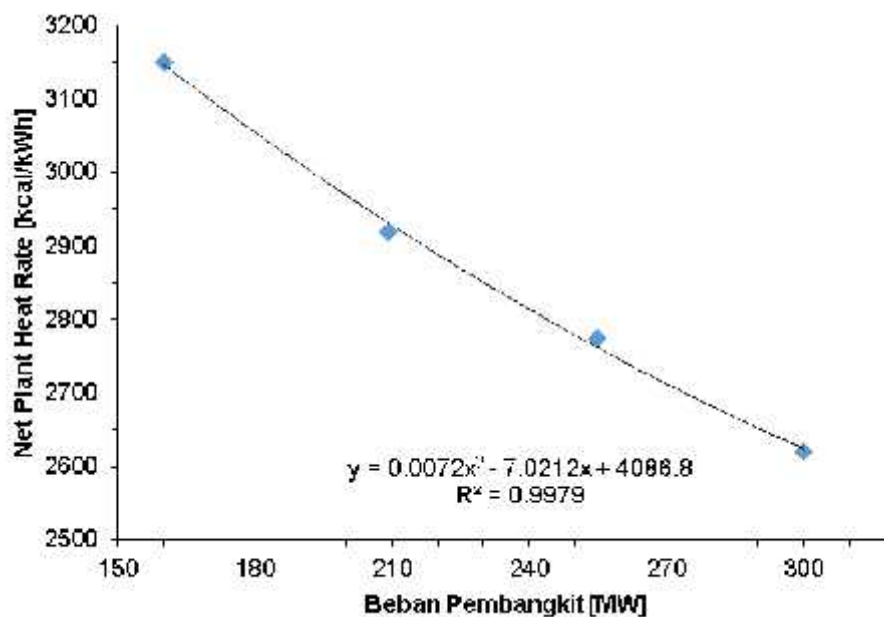


Gambar. 6 Grafik Turbine Heat Rate Terhadap Beban

Berikut hasil pengolahan data *Net Plant Heat Rate* :

Tabel. 4 Hasil Pengolahan Data *Net Plant Heat Rate*

Load	160 MW	209 MW	255 MW	300 MW
Boiler Efficiency [%]	80,15	82,73	83,29	83,60
Turbine Heat Rate [kcal/kWh]	2272,43	2221,475	2130,946	2072,118
Gross Power [MW]	160	209	255	300
Net Power [MW]	144	192,2	235,2	283,8
Net Plant Heat Rate	3150,23	2920,055	2773,78	2619,993



Gambar. 7 Grafik NPHR Terhadap Beban

Analisis Data

Grafik *Turbine Heat Rate* terhadap beban menunjukkan bahwa semakin besar nilai beban unit, maka semakin kecil *Turbine Heat Rate*-nya. Hal ini menunjukkan bahwa pada beban yang tinggi (*full load*) performa turbin akan semakin baik daripada kondisi unit pada beban rendah.

Grafik Efisiensi *Boiler* terhadap beban menunjukkan bahwa semakin besar nilai beban unit, maka semakin besar juga efisiensi *boiler*-nya. Tetapi grafik tersebut juga menunjukkan bahwa efisiensi *boiler* memiliki titik optimumnya, maka pada beban penuh (300 MW) efisiensi boiler tidak pada nilai optimumnya. Nilai optimum efisiensi boiler ini berada pada nilai beban antara 250 – 300 MW (mendekati beban penuh).

Dari grafik NPHR terhadap beban yang diperoleh berdasarkan data yang telah diolah, maka dapat diketahui bahwa semakin besar beban unit maka semakin baik NPHR dari unit tersebut. Hal ini dikarenakan NPHR dipengaruhi oleh *Turbine Heat Rate* dan Efisiensi *Boiler*, dimana kedua indikator ini menunjukkan bahwa semakin besar bebannya maka semakin baik nilai dari keduanya. Maka dapat diketahui bahwa kondisi beban penuh (300 MW) pada unit 2 PLTU 2 Labuan Banten adalah kondisi terbaik untuk unit beroperasi. Hal ini dikarenakan NPHR terendah adalah saat kondisi beban penuh (300 MW), dimana NPHR yang rendah adalah indikator konsumsi bahan bakar yang rendah juga.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. *Net Plant Heat Rate* (NPHR) adalah jumlah konsumsi energi bahan bakar yang digunakan keseluruhan unit pembangkit listrik tenaga uap untuk membangkitkan 1 kWh. NPHR pada unit 2 PLTU 2 Labuan Banten memiliki nilai dibawah 3200 kcal/kWh.
2. Nilai beban yang dibebankan ke suatu unit pembangkit listrik tenaga uap mempengaruhi nilai dari NPHR-nya. Semakin besar beban yang dimiliki oleh unit tersebut maka semakin kecil nilai NPHR-nya. Pada unit 2 PLTU 2 Labuan Banten beban maksimum (300 MW) memiliki NPHR terkecil dibandingkan dengan saat beban dibawah beban maksimumnya.
3. NPHR menunjukkan konsumsi energi bahan bakar untuk membangkitkan 1 kWh yang berarti semakin kecil nilai NPHR dari suatu unit pembangkit listrik tenaga uap maka semakin sedikit konsumsi dari bahan bakarnya. Diketahui bahwa pada unit 2 PLTU 2 Labuan Banten NPHR terkecil berada pada beban maksimumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPPT. (2016). *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta : Badan Pengembangan dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- [2] EPRI. (1986). *EPRI CS-4554 Project 1403-3 Final Report Heat-Rate Improvement Guidelines for Existing Fossil Plants*. Pennsylvania : DELIAN Corp.
- [3] EPRI. (1998). *Heat Rate Improvement Reference Manual TR-109546 Final Report*. Palo Alto : EPRI
- [4] Moni Kuntal Bora dan Nakkeeran. (2014). *Performance Analysis From The Efficiency Estimation of Coal Fired Boiler*. Chennai : International Journal of Advanced Research (2014), Volume 2, Issue 5, 561-574
- [5] CHENGDA Eng. (2009). *2221 Report for Steam Turbine Performance Test Report of Unit 2. Labuan* : CHENGDA

ANALISIS PERBANDINGAN KOROSIFITAS ANTARA BAHAN PERUNGGU, TEMBAGA, DAN KUNINGAN PADA POMPA AIR PENDINGIN DI PLTA

Muhammad Ikhsan Ramadhan¹, Vika Rizkia²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 786330

ikhshanramadhan1219@gmail.com

Abstrak

Salah satu komponen utama di PLTA ini adalah pompa sistem pendingin (CWP). Penggunaan sistem pendingin untuk menjaga peralatan utama agar kelangsungan proses produksi bisa terjaga. Impeller, salah satu komponen dari pompa CWP yang memanfaatkan tekanan dari fluida yang bisa mempercepat kerusakan yang didominasi fenomena korosif.

Penelitian ini dimulai dengan menentukan bahan yang sesuai dengan impeller yaitu antara perunggu, kuningan, dan tembaga (murni). Lalu specimen di uji kekerasan dan korosifitasnya. Bahan tersebut diuji kekerasannya menggunakan metode Mikro Vickers menggunakan indentor berupa berlian dengan dasar persegi membentuk sudut 136° dan beban yang berkisar antara 1-1000 g. Selanjutnya specimen diuji dengan metode Salt Spray, specimen dimasukkan kedalam chamber selama 72 jam dan konsentrasi pH 6,5-7,5.

Penelitian bertujuan untuk membandingkan kekuatan specimen perunggu, tembaga, dan kuningan. Fenomena korosif, yaitu proses (perubahan / reaksi kimia) yang melibatkan adanya aliran listrik. Bagian tertentu dari besi berlaku sebagai kutub negatif (elektroda negatif, anoda), sementara bagian yang lain sebagai kutub positif (elektroda positif, katoda). Elektron mengalir dari anoda ke katoda, sehingga terjadilah peristiwa korosi. Dengan demikian, dilakukan perbandingan material dari pengujian ketahanan korosif agar life time maupun efisiensi pompa CWP tetap andal.

Kata kunci : Impeller, korosif, kekerasan, pompa sistem pendingin

Abstract

One of the main components in this PLTA is the cooling system pump (CWP). The use of cooling systems to maintain the main equipment for the continuity of the production process can be maintained. The impeller, one of the components of a CWP pump that utilizes pressure from a fluid that can accelerate the damage dominated by corrosive phenomena.

This research begins by determining the material that is suited to the impeller that is between bronze, brass, and copper (pure). Then the specimen is tested for hardness and corrosivity. The material was tested for hardness using Micro Vickers method using a diamond-shaped identical with a square base forming an angle of 136° and a load ranging from 1-1000 g. Subsequently the specimens were tested by the Salt Spray method, the specimen was inserted into the chamber for 72 hours and the pH concentration of 6.5-7.5.

The study aimed to compare the strength of bronze, copper, and brass specimens. Corrosive phenomena. Namely the process (change / chemical reaction) that involves the flow of electricity. Certain sections of iron act as negative poles (negative electrodes, anodes), while the other part is the positive pole (positive electrode, cathode). Electrons flow from the anode to the cathode, so corrosion events occur. Thus, a material comparison of the corrosive resistance test is made to ensure the life time and efficiency of the CWP pump remains reliable.

Keywords : Impeller, corrosive, hardness, cooling system pump

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

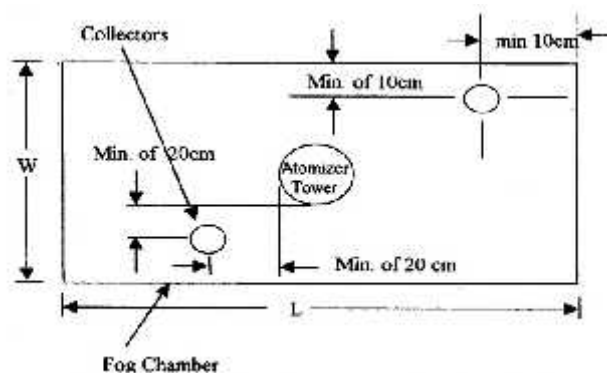
Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari tekanan yang lebih rendah ke tekanan yang lebih tinggi dan atau posisi yang lebih rendah ke posisi yang lebih tinggi[1]. Salah satu komponen utama di PLTA ini adalah *cooling water pump* (CWP) yaitu pompa sistem pendingin yang berfungsi menyuplai fluida air ke penukar kalor untuk dialirkan ke 4 sistem pendingin. Impeler merupakan bagian utama pada pompa sentrifugal yang berotasi berupa roda dengan sudu di sekelilingnya[2]. Namun sayangnya, impeler pada pompa sistem pendingin rentan mengalami Korosi pada pompa impeller merupakan proses kerusakan material karena pengaruh lingkungan yang korosif. Korosi tidak dapat di cegah keberadaannya, akan tetapi korosi dapat dikendalikan keberadaannya sehingga kita dapat menunda terjadinya korosi yang membuat material pompa impeller jadi tahan lebih lama terhadap korosi[3]. Penelitian ini bertujuan mem-bandingkan ketahanan korosifitas material kuningan, tembaga, dan perunggu terkait efisiensi discharge pompa.[4]

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan maka dapat diidentifikasi beberapa hal sebagai berikut perbandingan komposisi dari material perunggu, kuningan, dan tembaga. Untuk mengetahui perbandingan ketiga material dari pengujian *salt spray*, dan uji kekerasan mikro vickers[3][5]

II. METODE PENELITIAN

Spesimen tembaga, perunggu, dan kuningan disiapkan dengan ukuran 3cm x 5cm dan ketebalan 0,8mm. Spesimen mengalami pra-perawatan sebagai berikut : dimulai dengan mengamplas dari ukuran CC200 - CC800 kertas abrasive kemudian spesimen dibilas dengan air bersih sehingga bebas dari minyak dan kotoran.

Spesimen yang telah melalui proses pengamplasan dan pembersihan diuji dengan metode *Salt Spray*. Metode pengujian *Salt Spray* merupakan salah satu pengujian laju korosi yang dilakukan di laboratorium dengan larutan NaCl yang korosif dengan konsentrasi tertentu hingga membuat kabut yang mempunyai tekanan yang ditetapkan dalam ruangan tertutup sehingga spesimen uji akan mengalami secara cepat dan merata.. *Chamber* yang didalamnya terdapat *sprayer* untuk menyemprotkan larutan NaCl dengan konsentrasi 3,5 hingga 20%. Sebelum dimasukkan ke dalam *chamber* sampel disusun didalam chamber dengan sudut kemiringan 15-30°. Setelah itu dilakukan penyemprotan, sampel-sampel tersebut ditempatkan pada kondisi yang sama dengan suhu dan pH tetap. Suhu ditahan pada $38 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (98°F), pH diatur sampai berkisar antara 6,5 hingga 7,2 dengan waktu ekspos berkisar 72 jam.



gambar 4. Skema alat uji *salt spray*

spesimen selanjutnya diuji kekerasannya dengan metode mikro vickers dengan standar ASTM E384. Pengujian menggunakan mesin uji *Buehler Micro Hardness TesterMMT-1*. Alat pengujian kekerasan memakai idendor yang berbentuk pyramid ini dapat membuat jejak pada material dengan sejumlah pembebanan tertentu. Masa penjejukan berlangsung 30 detik dan dapat menghasilkan ketelitian antara 2-3mm. panjang diagonal jejak yang diukur pada arah horizontal ditandai sebagai d-1 dan panjang diagonal jejak pada arah vertical ditandai sebagai d-2, lalu dihitung d-rata-rata sebagaipanjang diagonal jejak. Nilai kekerasan material uji dicari pada tabel yang tersedia dengan memproyeksikan d-rata-rata serta bobot beban yang digunakan, adapun satuan kekerasan Vickers dinyatakan sebagai HVN (*hardness Vickers number*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji *Salt Spray*

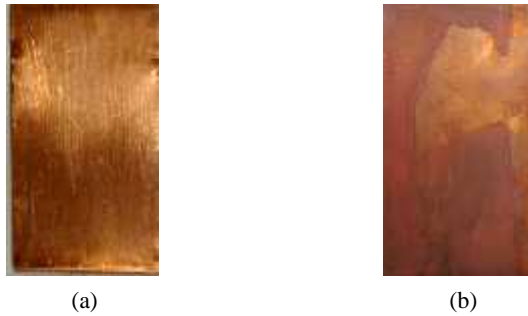
Pada pengujian ketahanan korosif dengan metode *salt spray* ini dilakukan terhadap spesimen plat kuningan, tembaga, dan perunggu (murni) dan sudah melalui proses pengamplasan dan bersih dari kotoran. Pengujian *salt spray* ini dilakukan di laboratorium Metalurgi Universitas Indonesia. Acuan untuk pengujian ini memakan ASTM D610-01

) tabel skala dan deskripsi dari rating ASTM D610-01

Rust grade	Percent of surface rusted	Visual examples		
		Spot(S)	General (G)	Pinpoint (P)
10	Less than or equal to 0,01 percent		none	
9	Greater than 0,01 percent and up to 0,1 percent	9-S	9-G	9-P
8	Greater than 0,03 percent and up to 0,1 percent	8-S	8-G	8-P
7	Greater than 0,1 percent and up to 0,3 percent	7-S	7-G	7-P
6	Greater than 0,3 percent and up to 1,0 percent	6-S	6-G	6-P
5	Greater than 1,0 percent and up to 3,0 percent	5-S	5-G	5-P
4	Greater than 3,0 percent and up to 10,0 percent	4-S	4-G	4-P
3	Greater than 10,0 percent and up to 16,0 percent	3-S	3-G	3-P
2	Greater than 16,0 percent and up to 33,0 percent	2-S	2-G	2-P
1	Greater than 33,0 percent and up to 50,0 percent	1-S	1-G	1-P
0	Greater than 50 percent			

Hasil visual laboratorium

Foto sampel plat perunggu, kuningan, dan tembaga. hasil salt spray ditunjukkan pada gambar 7,8, dan 9. Sedangkan tabel 3 menunjukkan laju korosi (mdd) pada sampel perunggu, kuningan, dan tembaga dengan pengujian *salt spray*



Gambar 7. Sampel plat *bronze* (a) hasil *salt spray* (b)



Gambar 8. Sampel plat kuningan (a) hasil *salt spray* (b)



Gambar 9. Sampel plat tembaga (a) hasil *salt spray* (b)

Tabel 3. Hasil *salt spray* pada sampel plat *bronze*, kuningan, dan tembaga

sampel	waktu	observasi	grade
Tembaga (<i>copper</i>)	72 jam	<i>Greater than 16,0 percent and up to 33,0 percent</i>	<i>Rust grade 2-G, 33% rusted</i>
Perunggu (<i>bronze</i>)	72 jam	<i>Greater than 33,0 percent and up to 50,0 percent</i>	<i>Rust grade 1-G, 50% rusted</i>
Kuningan (<i>brass</i>)	72 jam	<i>Greater than 10,0 percent and up to 16,0 percent</i>	<i>Rust grade 3-S, 16% rusted</i>

Tipe disitribusi karat :

- J) S: tempat berkarat ----- Tempat berkarat terjadi ketika sebagian besar karat terkonsentrasi di beberapa daerah terlokalisasi dari permukaan yang dicat. Contoh visual yang menggambarkan jenis karat ini diberi label 9-S Melewati 1-S
- J) G: berkarat umum----- Karat umum terjadi ketika berbagai ukuran bintik karat disebarkan secara acak di permukaan. Contoh visual yang menggambarkan jenis karat ini diberi label 9-G melewati 1-G

3.2 Uji Mikro Vickers

Pada pengujian metode mikro Vickers ini dilakukan terhadap spesimen plat tembaga, kuningan, dan perunggu murni. dan sudah melalui proses pengamplasan dan bersih dari kotoran. Pengujian kekerasan ini dilakukan di laboratorium Metalurgi Universitas Indonesia. Acuan untuk pengujian ini memakai ASTM E384. Berikut adalah laporan pengujian kekerasan :

Bahan	Identitas Bahan	Standar	Mesin uji	Tanggal uji
Fe-Based	Kuningan (<i>brass</i>)	ASTM E384	Buehler Micro Hardness Tester MMT-1	8 juni 2017
Fe-Based	Perunggu (<i>bronze</i>)	ASTM E384	Buehler Micro Hardness Tester MMT-1	8 juni 2017
Fe-Based	Tembaga (<i>copper</i>)	ASTM E384	Buehler Micro Hardness Tester MMT-1	8 juni 2017

Sketsa Sampel:



Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata - Rata	Keterangan
Kuningan	1	124	123 HV	Vickers Load : 25 gf
	2	115		
	3	124		
	4	124		
	5	128		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata - Rata	Keterangan
	1	147		

Perunggu	2	129	137 HV	Vickers Load : 25 gf
	3	118		
	4	142		
	5	151		

Kode Sampel	Penjejakan	HV	Rata - Rata	Keterangan
Tembaga	1	83	86 HV	Vickers Load : 25 gf
	2	86		
	3	91		
	4	83		
	5	86		

Pengujian kekerasan bertujuan untuk menentukan ketahanan suatu bahan apabila bahan tersebut diberi beban dari luar. Dari data hasil pengujian kekerasan permukaan spesimen dapat ditunjukkan dalam bentuk tabel untuk membandingkan kekerasan permukaan spesimen. Tabel diatas memperlihatkan nilai kekerasan rata-rata 123HV (kuningan), 137HV (perunggu), 86HV (tembaga) dengan beban yang sama yaitu 25 gf

IV. KESIMPULAN

Dari proses yang dilakukan 3 spesimen tembaga, kuningan, dan perunggu untuk uji tampak fisik, salt spray dan uji kekerasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari data hasil pengujian *salt spray* yang memakai ASTM D610-01 diatas maka dapat disimpulkan yaitu dengan waktu pengujian yang sama 72 jam namun hasil konsentrasi korosifnya berbeda. spesimen tembaga mendapat grade 2-G,33% yaitu lebih baik daripada 16% dan dapat ditingkatkan menjadi 33%. Specimen perunggu mendapat grade 1-G,50% yaitu lebih baik daripada 33% dan dapat ditingkatkan menjadi 50%. Yang terakhir spesimen kuningan mendapat grade 3-S,16% yaitu lebih baik daripada 10% dan dapat ditingkatkan menjadi 16%. Dengan demikian material spesimen kuningan mendapat grade paling baik yaitu 3-S
2. Perbandingan 3 spesimen yang berbeda dengan beban indentor yang sama mendapatkan hasil kekerasan yg berbeda. komposisi. Perunggu mempunyai nilai kekerasan paling tinggi. Perunggu memiliki sifat tahan terhadap korosi yang ditimbulkan oleh oksidasi logam dengan zat asam atau oksigen (O₂).

Daftar pustaka

- [1] C. Wang *et al.*, "Optimal design of multistage centrifugal pump based on the combined energy loss model and computational fluid dynamics," *Appl. Energy*, vol. 187, pp. 10–26, 2017.
- [2] A. Riyanto, "Analisa pengaruh jumlah sudu impeler terhadap getaran pada pompa sentrifugal."
- [3] P. Ogi and N. U. R. Rachman, "Analisa laju korosi pada," vol. 5, no. 1, pp. 7–13, 2016.
- [4] D. Cahyadi and F. Puspita, "KETAHANAN KOROSI METER AIR BERLOGO SNI Corrosion Resistance for SNI-marked Water Meter," pp. 207–212, 2015.
- [5] A. P. Bayuseno, "Analisa Laju Korosi Pada Baja Untuk Material Kapal Dengan Dan Tanpa Perlindungan Cat," vol. 11, no. ii, pp. 32–37, 2009.
- [6] ASTM E384 *Standard Test Method For Knoop and Vickers Hardness of Materials 1*
- [7] ASTM D601-01 *Standard Test Method For Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surface*

ANALISA PENURUNAN COOLING TOWER DI PLTP STAR ENERGY WAYANG WINDU UNIT 2

Ivan Satria Pratama, Maria Cynthia Fernanda, Adi Syuriadi

Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Program Studi Teknik Konversi Energi

Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Kota Depok, Jawa Barat 16424, Indonesia, Tlp., +625777347144, Fax. (021) 7270034, isatriapratama@gmail.com,

Abstrak

Cooling Tower merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan temperatur aliran air dengan cara menguapkan panas dari air ke atmosfer. Dalam sistem pendinginan air sebagian volume air terevaporasi, sehingga menurunkan suhu air yang disirkulasikan menuju Cooling Tower. Berdasarkan data lapangan, saat ini performa Cooling Tower pada PLTP Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Unit 2 mengalami penurunan performa sebesar ± 1 MW (Megawatt). Metode perhitungan yang digunakan adalah Merkel Equation untuk menghitung nilai number of transfer unit (NTU), perhitungan heat load, efisiensi ketebalan Fill, dan juga membuat simulasi peningkatan efisiensi terhadap kenaikan dan penurunan temperatur Range dan Approach sebesar 1°F , 3°F , 5°F dengan membandingkan nilai aktual dan nilai desain. Tujuan dari studi ini adalah menganalisa penurunan yang terjadi pada Cooling Tower di Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Unit 2 sehingga diharapkan dari analisa ini dapat meminimalisir penurunan performa pada Cooling Tower tersebut dan mengetahui metode yang tepat untuk meningkatkan performa pada Cooling Tower. Penyebab penurunan performa dari Cooling Tower yaitu menurunnya ketebalan dari Fill yang mengakibatkan nilai number of transfer unit (NTU) menjadi lebih rendah daripada nilai desain, temperatur pada inlet dan outlet Cooling Tower menjadi naik, dan efisiensi dari Cooling Tower menurun.

Kata Kunci: *Cooling Tower, penurunan performa, temperatur air, ketebalan Fill, laju aliran air.*

Abstract

Cooling Tower is a component used to decrease water temperature which evaporate heat from water to atmosphere. On cooling water system half of water volume evaporated, so the result is decrease water temperature which circulate to Cooling Tower. Based on field data, Cooling Tower performance on PLTP Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Unit 2 was decreased up to ± 1 MW (Megawatt). Calculation method which used are Merkel Equation to determine number of transfer unit (NTU), heat load formula, efficiency, Fill Height, and make efficiency increase simulation to increase and decrease of Range and Approach temperature as big as 1°F , 3°F , 5°F which compared actual value and design value. The objective of this study is to analysis the decreased which occur to Cooling Tower at Star Energy Geothermal Energy Wayang Windu Ltd. Unit 2 so be expected from this analysis can minimalized the performance decreased on it and have a good method to increase the Cooling Tower's performance. The causes of the performance decrease is the decrease of Fill Height which the result are number of transfer unit (NTU) lower than design value, inlet and outlet temperature increased and Cooling Tower efficiency decreased.

Keywords: *Cooling Tower, performance decreased, water temperature, Fill Height, water flow rate.*

1. PENDAHULUAN

Cooling Tower merupakan alat penukar panas dimana udara dan air saling di pertemuan secara kontak langsung dengan maksud untuk menurunkan suhu air. Pada peristiwa ini sebagian kecil volume air terevaporasi, sehingga menurunkan suhu air yang disirkulasikan menuju Cooling Tower. Penurunan performa Cooling Tower dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Tiga faktor yang dominan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi air dan udara pendingin (temperatur, kelembaban).
2. Luas bidang perpindahan panas antara air dan udara pendingin.
3. Perbandingan laju aliran air terhadap laju aliran udara (biasa disimbolkan L/G).

Cooling Tower yang menjadi objek permasalahan ini adalah *Cooling Tower* yang terdapat pada PLTP Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Unit 2. Berdasarkan data lapangan, saat ini performa *Cooling Tower* pada PLTP Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Unit 2 mengalami penurunan performa sebesar ± 1 MW (Megawatt) [1].

Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menganalisa penurunan yang terjadi pada *Cooling Tower* di Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Unit 2. Sehingga diharapkan dari analisa penurunan pada *Cooling Tower* di Star Energy Geothermal Wayang Windu Ltd. Unit 2 dapat meminimalisir penurunan performa pada *Cooling Tower* tersebut dan mengetahui metode yang tepat untuk meningkatkan performa pada *Cooling Tower*.

2 METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan studi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Metode observasi
Penulis mencari data dengan melihat langsung ke lapangan selama PKL, sehingga data yang dibutuhkan dapat diperoleh secara langsung melalui bimbingan dari pembimbing industri.
2. Metode wawancara
Penulis melakukan wawancara secara langsung dengan mentor maupun dengan operator sehingga sesuatu yang kurang jelas dapat ditanyakan.
3. Melakukan pengukuran
Penulis melakukan pengambilan data secara langsung maupun pada data sebelumnya.
4. Mengolah data
Penulis mengolah semua data yang telah terkumpul dari hasil pengukuran secara langsung maupun pada data sebelumnya.

2.1 Rumus Perhitungan Number of Transfer Unit (NTU) [3]

$$NTU = \int_{CWT}^{HWT} \frac{dT}{hw-ha} = \frac{T1-T2}{hw-ha} \left(\frac{1}{\Delta h1} + \frac{1}{\Delta h2} + \frac{1}{\Delta h3} + \frac{1}{\Delta h4} \right) \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Keterangan

- NTU = Number of Transfer Unit
HWT = T1 = Temperatur air masuk *Cooling Tower* [°F]
CWT = T2 = Temperatur air keluar *Cooling Tower* [°F]
hw = entalpi air pada temperatur *dry bulb* [btu/lb]
ha = entalpi udara pada temperatur *wet bulb* [btu/lb]

2.2 Rumus Perhitungan Heat Load [3]

$$Q = 500 \times \text{Laju Aliran Air} \times (T1-T2) \quad \text{[Persamaan.2]}$$

Keterangan

- Q = Heat Load [btu/hr]
= Laju aliran air [GPM]
T1 = Temperatur air masuk *Cooling Tower* [°F]
T2 = Temperatur air keluar *Cooling Tower* [°F]

2.3 Rumus Perhitungan Efisiensi *Cooling Tower* [5]

$$= \frac{T1-T2}{(T1-T2)+(T2-Twb)} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

Keterangan

- = Efisiensi *Cooling Tower* (%)
- T1 = Temperatur air masuk *Cooling Tower* [°F]
- T2 = Temperatur air keluar *Cooling Tower* [°F]
- Twb = Temperatur *wet bulb* [°F]

2.4 Rumus Perhitungan *Fill Height* [5]

$$KaV/L = C (L/G)^{-m} \quad [5] \quad \text{[Persamaan.4]}$$

Keterangan,

$KaV/L = NTU$ = Number of Transfer Unit

C = konstanta terkait pada desain *Cooling Tower*

L/G = perbandingan laju air dengan laju udara

m = *slope*

$$m = \text{Log}(NTU/NTU') / \text{Log}(L/G' / L/G) \quad [5] \quad \text{[Persamaan.5]}$$

Keterangan,

m = *slope*

NTU = *Number of Transfer Unit* pada 100% *flow rate* air

NTU' = *Number of Transfer Unit* pada 110% *flow rate* air

L/G = Perbandingan laju air dengan udara pada 100% *flow rate* air

L/G' = Perbandingan laju air dengan udara pada 110% *flow rate* air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel.1 Data Operasional *Cooling Tower*

Keterangan	Tanggal	<i>Cooling tower Inlet Temp</i>	<i>Cooling tower Inlet Temp</i>	<i>Cooling tower Inlet Flow</i>	<i>Atmospheric Temp (Dry)</i>	<i>Atmospheric Temp (Wet)</i>	<i>Humidity</i>
		°C	°C	kg/s	°C	°C	%
Aktual	1-Mar-17	46,01	25,80	5128,57	17,92	16,17	88,64
	8-Mar-17	45,83	25,83	5207,37	18,80	16,36	76,69
	15-Mar-17	46,06	26,01	5102,44	18,00	16,12	86,80
	22-Mar-17	46,00	26,03	5137,41	19,44	16,97	76,78
	29-Mar-17	45,78	25,99	5081,31	18,55	16,54	83,29
	5-Apr-17	45,34	25,58	5202,00	17,16	15,40	95,89
	12-Apr-17	46,24	26,42	4938,19	19,28	17,26	86,62
	19-Apr-17	46,34	26,47	5055,16	19,44	17,22	82,35
Desain		44,20	22,50	5491,67		17,00	

3.1 Performa *Cooling Tower*

Untuk perhitungan performa *Cooling Tower* penulis menggunakan metode bilangan Merkel KaV/L sehingga berdasarkan data dari table.1 didapatkan nilai KaV/L seperti berikut.



Gambar.1 NTU aktual *Cooling Tower*



Gambar.2 Pengaruh *Range* terhadap besar NTU

Pada gambar.2 merupakan pengaruh temperatur inlet terhadap besar NTU, dimana perubahan pada *Range* memengaruhi besar dari NTU. Sesuai dengan perhitungan NTU pada sisi air dan udara dimana *Range* merupakan faktor pengali yang artinya memengaruhi besar dari perbedaan entalpi. Berdasarkan gambar.2 besar NTU berbanding lurus dengan perubahan *Range*, hal ini dibuktikan dengan melihat NTU terbesar pada gambar.2 berada pada tanggal 22 Maret 2017 dengan NTU dan *Range* masing-masing sebesar 1,879 dan 35,952 °F sedangkan titik terendah berada pada tanggal 05 April 2017 dengan besar NTU dan *Range* masing-masing adalah 1,771 dan 35,565 °F.



Gambar.3 Pengaruh *Approach* terhadap besar NTU

Gambar.3 menunjukkan pengaruh *Approach* terhadap NTU, dimana berdasarkan gambar di atas besar NTU berbanding terbalik terhadap perubahan *Approach*. Nilai NTU terbesar berada pada tanggal 22 Maret 2017 sedangkan nilai NTU terendah berada pada tanggal 5 April 2017. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya bahwa nilai NTU berbanding terbalik dengan perubahan *Approach* hal ini dibuktikan dengan nilai NTU terbesar yaitu 1.879 dengan *Approach* sebesar 16.309 °F pada tanggal 22 Maret 2017 dan nilai NTU terendah berada pada tanggal 5 April 2017 dengan nilai NTU 1.771 dengan *Approach* sebesar 18,326 °F. Berdasarkan data di atas dapat dikatakan bahwa semakin rendah nilai *Approach* maka akan semakin besar nilai NTU-nya dan sebaliknya.



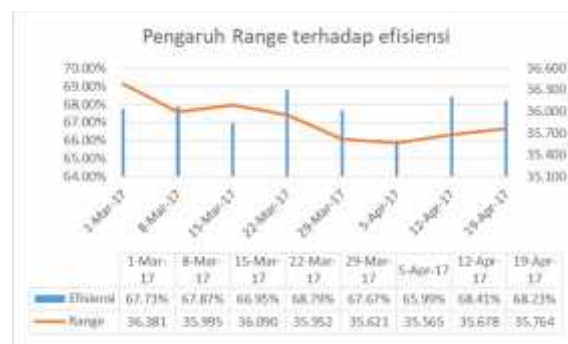
Gambar.4 Pengaruh L/G terhadap besar NTU

Pada dasarnya besar L/G akan berbanding lurus dengan NTU, namun pada kenyataannya tidak demikian karena berdasarkan gambar.4 besar L/G relatif fluktuatif terhadap NTU dan titik yang paling optimal berada pada tanggal 22 Maret 2017 karena sesuai dengan pernyataan seperti yang disebutkan di atas dengan besar NTU dan L/G masing-masing adalah 1,879 dan 0,93.



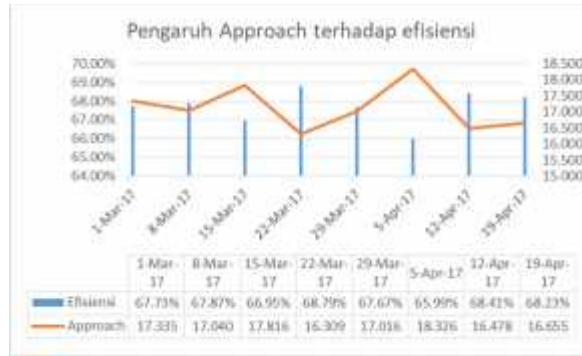
Gambar.5 Heat Load Cooling Tower

Pada gambar.5 dapat dilihat bahwa besar heat load (Q) relatif menurun, hal yang memengaruhi penurunan heat load berdasarkan persamaan.2 adalah flow rate air dan perubahan Range akan tetapi dibandingkan perubahan Range, flow rate air lebih memengaruhi besar heat load (Q) seperti yang dapat dilihat pada gambar.5 dimana semakin besar flow rate-nya maka heat load-nya (Q) juga semakin besar.



Gambar.6 Pengaruh Range terhadap Efisiensi Cooling Tower

Seperti yang terlihat pada gambar.6 bahwa kenaikan pada temperature *Range* akan memengaruhi efesiensi dari *Cooling Tower*. Apabila dilihat dari *Range* terbesar yaitu pada tanggal 1 Maret 2017 dan *Range* terendah pada 05 April 2017 maka perbedaan efisiensinya adalah sebesar 1,73 % dengan penurunan *Range* sebesar 0,816 °F.



Gambar.7 Pengaruh *Approach* terhadap efisiensi

Berdasarkan gambar.7 besar *Approach* berbanding terbalik dengan efisiensi, dimana besar efisiensi akan menjadi lebih tinggi apabila besar *Approach* lebih kecil. Sama hal-nya pada pengaruh *Range*, pengaruh *Approach* juga dapat disimulasikan dengan kondisi *Range* konstan dan penurunan *Approach* masing-masing sebesar 1°F, 3°F, dan 5°F.

Berdasarkan pernyataan di atas, maka dapat disimulasikan pengaruh perubahan *Range* dan *Approach* terhadap efisiensi seperti berikut.

Tabel.2 Data *Range* dan *Approach*

Tanggal	<i>Range</i> °F	<i>Approach</i> °F
1-Mar-17	36.381	17.335
8-Mar-17	35.995	17.040
15-Mar-17	36.090	17.816
22-Mar-17	35.952	16.309
29-Mar-17	35.621	17.016
5-Apr-17	35.565	18.326
12-Apr-17	35.678	16.478
19-Apr-17	35.764	16.655



Gambar.8 Simulasi pada kenaikan *Range* sebesar 1 °F, 3°F, dan 5 °F

Pada gambar.8 merupakan hasil simulasi kenaikan *Range* pada 1 °F, 3°F, dan 5 °F dengan kondisi *Approach* konstan didapatkan kenaikan efisiensi yaitu masing-masing sebesar $\pm 0,6\%$, $\pm 1,7\%$, dan $\pm 2,8\%$.



Gambar.9 Simulasi pada penurunan *Approach* sebesar 1 °F, 3°F, dan 5 °F

Pada gambar.9 merupakan hasil simulasi penurunan *Approach* pada 1°F, 3°F, dan 5°F dengan kondisi *Range* konstan didapatkan kenaikan efisiensi yaitu masing-masing sebesar $\pm 1,3\%$, $\pm 4\%$, dan $\pm 7\%$.



Gambar.10 Simulasi pada kenaikan dan penurunan *Range* dan *Approach* sebesar 1 °F, 3°F, dan 5 °F

Pada gambar.10 merupakan hasil simulasi penurunan dan kenaikan *Approach* dan *Range* pada 1°F, 3°F, dan 5°F didapatkan kenaikan efisiensi yaitu masing-masing sebesar ±1,9%, ±5%, dan ±9%.

Tabel.3 Simulasi kenaikan *Fill Height* aktual

Tanggal	<i>Fill height</i> Aktual mm	NTU Aktual	<i>Fill height</i> Simulasi mm	NTU Simulasi	<i>Fill height</i> mm	<i>Fill height</i> Simulasi mm	NTU Simulasi	NTU Simulasi
1-Mar-17	304,80	1,839	401,67	2,423	96,870	1,000	6,032	4,193
8-Mar-17	305,10	1,862	397	2,423	91,900	1,000	6,101	4,239
15-Mar-17	304,80	1,779	415,14	2,423	110,340	1,000	5,835	4,056
22-Mar-17	304,80	1,879	393,04	2,423	88,240	1,000	6,163	4,284
29-Mar-17	304,80	1,801	410,11	2,423	105,310	1,000	5,907	4,106
5-Apr-17	304,80	1,771	416,97	2,423	112,170	1,000	5,809	4,038
12-Apr-17	304,80	1,779	415,14	2,423	110,340	1,000	5,835	4,056
19-Apr-17	304,80	1,802	409,80	2,423	105,000	1,000	5,910	4,108
Rata-Rata	304,838	1,814	400,558	2,423	95,720	1,000	5,949	4,135

Berdasarkan hasil perhitungan *Fill Height*, pada tabel.3 terlihat bahwa tinggi *Fill* sudah sangat turun drastis dibandingkan dengan kondisi desain. Hal ini menyebabkan bidang luas permukaan perpindahan panas menjadi rendah karena luas permukaan pada *Fill* juga semakin kecil. Pada tabel.5 dapat dilihat bahwa dengan kenaikan *Fill Height* sebesar ±110 mm dapat meningkatkan NTU dengan besar yang sama dengan NTU desain, sedangkan untuk kenaikan sebesar 1,000 mm dapat meningkatkan NTU hingga ±4.

4. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:
 - a. Performa *Cooling Tower* dilihat dari besar NTU, semakin besar NTU maka panas yang dapat diserap semakin banyak juga. Berdasarkan gambar.1 titik tertinggi NTU berada pada tanggal 22 Maret 2017, sedangkan titik terendah berada pada 05 April 2017. Besar NTU dipengaruhi oleh *Range*, *Approach*, dan nilai L/G. Berdasarkan gambar.2 besar *Range* berbanding lurus dengan NTU, sedangkan pada gambar.3 *Approach* nilainya berbanding terbalik dengan NTU dan pada grafik.4 disebutkan bahwa nilai L/G berbanding lurus dengan NTU.
 - b. Heat Load adalah banyak panas yang dapat diserap pada proses pendinginan. Hal yang memengaruhi besar heat load adalah:
 - Laju aliran air
 - Temperatur *Range*

- c. Efisiensi *Cooling Tower* dari rentang waktu 1 Maret 2017 s/d 19 April 2017 relatif mengalami penurunan dan kenaikan. Efisiensi tertinggi berada pada 22 Maret 2017 sedangkan efisiensi terendah berada pada 05 April 2017. Hal yang memengaruhi efisiensi *Cooling Tower* antara lain:
- Temperatur *Range*
 - Temperatur *Approach*
- Dimana temperatur *Range* berbanding lurus dengan efisiensi *Cooling Tower* sedangkan temperatur *Approach* berbanding terbalik dengan efisiensi *Cooling Tower*. Dari 3x simulai yang dilakukan yaitu pada kondisi temperatur *Approach* konstan, temperatur *Range* konstan dan kondisi penurunan *Approach* dan kenaikan *Range* didapatkan hasil sebagai berikut:
- Pada kondisi *Approach* konstan, berdasarkan hasil simulasi pada gambar.8 didapatkan hasil kenaikan efisiensi masing-masing sebesar $\pm 0.6\%$, $\pm 1.7\%$, dan $\pm 2.8\%$ pada kenaikan temperatur *Range* sebesar 1°F , 3°F , dan 5°F .
 - Pada kondisi *Range* konstan, berdasarkan hasil simulasi pada gambar.9 didapatkan hasil kenaikan efisiensi masing-masing sebesar $\pm 1.3\%$, $\pm 4\%$, dan $\pm 7\%$ pada penurunan temperatur *Approach* sebesar 1°F , 3°F , dan 5°F .
 - Pada kondisi kenaikan *Range* dan penurunan *Approach*, berdasarkan hasil simulasi pada gambar.10 didapatkan hasil kenaikan efisiensi masing-masing sebesar 1.9% , $\pm 5\%$, dan $\pm 9\%$ pada masing-masing penurunan dan kenaikan sebesar 1°F , 3°F , dan 5°F .
- d. *Fill* merupakan salah satu komponen yang cukup penting karena berfungsi untuk memperluas bidang pendinginan. Setelah di dapatkan hasilnya pada tabel.3 dapat diketahui bahwa *Fill Height* pada kondisi saat ini sudah mengalami penurunan yang cukup drastis bila dibandingkan dengan *Fill Height* pada desain. Untuk membuktikan pengaruh *Fill* terhadap NTU dilakukan simulasi pada tabel.5 dan didapatkan hasil:
- Kenaikan *Fill Height* sebesar ± 110 mm dapat meningkatkan NTU menjadi seperti nilai desain yaitu 2.423.
 - Kenaikan *Fill Height* sebesar 1,000 mm dapat meningkatkan NTU hingga ± 4 angka atau sekitar $\pm 3x$ lebih besar dari kondisi NTU aktual.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Star Energy, Plant Performance Test Periode Maret, 2017*
- [2] *SPX Cooling Technologies, Cooling Tower Performance Approach, 2016: USA*
- [3] *Jalal Engineering, Cooling Tower Basics and Common Misconceptions*
- [4] *SPX Cooling Technologies, Cooling Tower Fundamentals 2nd Edition, 2009: USA*
- [5] *Daeil Aqua Co., Ltd, Cooling Tower Thermal Design Manual, 2003*

ANALISIS PENURUNAN EFEKTIVITAS DAN LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA MENARA PENDINGIN DI PT. DIP

Fahrizal Cahya Rumiksa¹, Ike Sri Rohmawati², Fachruddin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Tel: 085715387006, Email: cahya139@gmail.com; ikesrirohawati@gmail.com

Abstrak

Menara pendingin (*cooling tower*) adalah komponen utama pada PLTP yang digunakan untuk mendinginkan air dari kondensor, sehingga dibutuhkan suhu air yang rendah agar proses pendinginan dan perubahan fasa di kondensor dapat maksimal, tetapi pada kenyataannya suhu pada menara pendingin baik suhu air keluar ataupun suhu air masuk mengalami peningkatan. Peningkatan suhu yang terjadi disebabkan oleh menurunnya nilai efektivitas dan laju perpindahan panas pada menara pendingin. Dengan mengetahui nilai efektivitas dan laju perpindahan panas, maka dapat menentukan baik atau buruknya kondisi menara pendingin. Analisis bertujuan untuk mengkaji faktor-faktor penyebab turunnya efektivitas, untuk itu dilakukan pengamatan selama dua hari terhadap suhu air masuk menara pendingin, suhu air keluar menara pendingin dan *wet bulb temperature* menara pendingin. Kemudian dilakukan pengumpulan dan pengolahan data untuk dianalisis dan dikaji dengan literatur hingga bisa dihasilkan rekomendasi. Penelitian ini dimulai dari studi literatur dan wawancara kepada orang-orang yang ahli pada bidang pembangkitan terutama pada *cooling tower*. Setelah studi literatur dan wawancara dilanjutkan dengan mengumpulkan data operasi menara pendingin yang direkam oleh operator yang berupa suhu air masuk, suhu air keluar, dan suhu udara bola basah pada kondisi saat ini dan kondisi saat komisioning. Setelah data yang dibutuhkan lengkap lalu melakukan pengolahan data, pengolahan data yang dimaksud adalah mencari nilai rentang (*range*), efektivitas dan laju perpindahan panas dan analisisnya. Dari hasil analisis, didapatkan nilai efektivitas dan laju perpindahan panas turun dari kondisi komisioning.

Kata Kunci: *Cooling Tower, Efektivitas, Laju Perpindahan Panas*

Abstract

Cooling tower is the main component of PLTP used to cool water from condenser. So it needed a low water temperature for the cooling and phase changes process in the condenser can be maximized. But, in fact the temperature on the cooling tower either outlet water temperatures or inlet water temperatures have increased. The increase in temperature occurs due to the decrease in the effectiveness and rate of heat transfer in the cooling tower. By knowing the value of effectiveness and rate of heat transfer, it can determine good or bad condition of cooling tower. Analysis aims to examine the factors causing the decrease in effectiveness, for that to be observed for two days against the temperature of the water entering the cooling tower, the water temperature out the cooling tower, and wet bulb temperature of cooling tower. Then collected and processed data to be analyzed and studied with literature to produce recommendations. This research starts from literature study and interview to people who are experts in the field of power plant, especially on cooling tower. After literature study and interview, followed by collecting data of cooling tower recorded by operator, that is inlet water temperature, outlet water temperature, and inlet wet bulb temperature to current conditions and commissioning condition. After the required data has completed, then do the data processing, data processing in question is looking for range value, effectiveness and rate of heat transfer and analyzed. From the analysis result, the value of effectiveness and heat transfer rate decreased from the commissioning condition

Keywords: *Cooling Tower, effectiveness, rate of heat transfer*

1. PENDAHULUAN

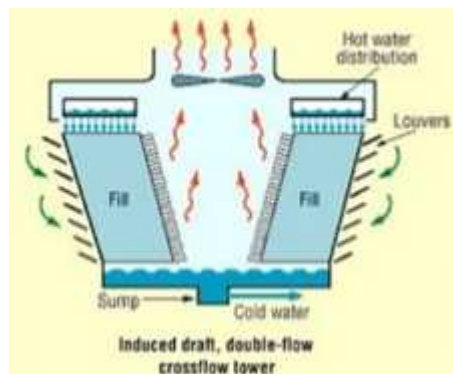
1.1 Latar Belakang

Pada PLTP banyak komponen utama untuk memproduksi listrik salah satunya adalah alat penukar panas. Alat penukar panas adalah suatu alat untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. Pada PLTP alat penukar panas memiliki peranan yang sangat penting. Satu diantara alat penukar panas adalah menara pendingin atau *cooling tower*. Menara pendingin adalah komponen utama pada PLTP yang digunakan untuk mendinginkan air dari kondensor. Dari hasil pengamatan, suhu air masuk ke menara pendingin mengalami kenaikan dan suhu air keluar dari menara pendingin pun juga mengalami kenaikan, sehingga menyebabkan efektivitas dan laju perpindahan panas rata-rata menara pendingin mengalami penurunan dari kondisi komisioning. Dari permasalahan yang terjadi, maka dilakukan analisa yang bertujuan

untuk mengkaji faktor-faktor yang menyebabkan turunnya efektivitas dan laju perpindahan panas dari kondisi komisioning di PT. DIP.

1.2 Menara pendingin

Menara pendingin merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. Menara pendingin memiliki beberapa jenis, salah satunya adalah *induced draft crossflow* atau menara pendingin aliran paksa dengan arah aliran udara menyilang.^[1] Jenis tersebut merupakan yang digunakan di PT. DIP. Menara pendingin tersebut bekerja dengan bantuan *fan* untuk menghasilkan udara bergerak sebagai media pendinginnya. Air yang bertemperatur panas ditampung di *hot water basin* yang terletak di bagian atas kanan-kiri dari cooling tower. Pada bagian bawah basin terpasang *nozzle-nozzle* yang berfungsi untuk menyembrotkan air, sehingga menjadi butiran-butiran kecil ke bagian *fill*. Pada bagian *fill*, air jatuh ke bawah dengan gaya gravitasi dan kembali dipecah oleh *fill bar* menjadi butiran yang lebih kecil. Pada bagian tersebut pula terjadi proses perpindahan panas dari air ke udara yang bergerak. Udara bergerak pada *fill* merupakan hasil hisap dari *fan* yang digerakan secara mekanik. *Fan* tersebut terletak pada bagian atas menara pendingin. Setelah terjadi proses perpindahan panas di bagian *fill*, air yang telah melepas panas (air bertemperatur dingin) ditampung di *cool water basin* yang terletak di bawah menara pendingin, yang selanjutnya digunakan untuk proses pendinginan di kondensor. Untuk udara yang menerima panas dari air, udara tersebut terhisap dan di buang ke atmosfer oleh *fan*.



Gambar 1 Cooling tower induced draft cross flow

Data komisioning menara pendingin di PT. DIP:

Laju massa air	: 9500	(kg/s)
Temperatur air masuk	: 44,84	(°C)
Temperatur air keluar	: 26,67	(°C)
Wet bulb temperature	: 16,4	(°C)
Efektivitas	: 63,8	(%)
Laju perpindahan panas	: $722,2 \times 10^3$	(kJ/jam)

1.3 Mencari rentang

Rentang (*range*) didefinisikan sebagai perbedaan suhu antara suhu air masuk dengan air keluar menara pendingin.^[2]

$$\text{Rentang CT (}^\circ\text{C)} = T_{A1} \text{ (}^\circ\text{C)} - T_{A2} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (\text{Persamaan 1})$$

dengan:

Rentang CT: perbedaan antara suhu air masuk dan keluar menara pendingin (°C),

T_{A1} : suhu air masuk menara pendingin (°C), dan

T_{A2} : suhu air keluar menara pendingin (°C).

1.4 Mencari Efektivitas

Efektivitas merupakan perbandingan antara rentang dan rentang ideal^[2].

$$\text{Efektivitas CT (\%)} = \frac{\text{Rangge}}{T_{a1} - T_{wb}} \times 100 \quad (\text{Persamaan.2})$$

dengan:

- Efektivitas : Perbandingan antara rentang dan rentang ideal (%),
Range CT : Perbedaan antara suhu air masuk dan keluar menara pendingin ($^{\circ}\text{C}$),
 T_{a1} : Suhu air masuk menara pendingin ($^{\circ}\text{C}$), dan
 T_{wb} : Suhu *wet bulb* ($^{\circ}\text{C}$).

1.5 Mencari Laju Perpindahan Panas

Laju perpindahan panas merupakan kemampuan menara pendingin dalam memindahkan kalor dari fluida panas ke fluida pendingin per satuan jam^[3].

$$Q = \dot{V} \cdot C_p \cdot t \quad (\text{Persamaan.3})$$

dengan:

- Q : Kalor (kJ/Jam),
 \dot{V} : Flow Air (kg/Jam),
 C_p : Panas Spesifik Air (kJ/kg.K), dan
 t : perbedaan suhu air masuk dan suhu air keluar *cooling tower* ($^{\circ}\text{C}$).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menganalisis penyebab menurunnya nilai efektivitas dan laju perpindahan panas pada kondisi saat ini dengan desainnya, dan melakukan pengumpulan data dengan metode:

a. Metode Observasi

Pada metode observasi, diteliti langsung pada menara pendingin di PT. DIP dan memperoleh data operasi pada saat itu yang telah direkam oleh operator.

b. Metode Studi Literatur

Pada metode studi literatur diteliti data mengenai menara pendingin dengan menggunakan sumber dari buku atau data perusahaan yang telah diarsipkan. Data yang dimaksud, seperti data operasi saat komisioning, jenis menara pendingin yang digunakan, dan tipe peralatan yang digunakan pada menara pendingin.

c. Metode Wawancara

Pada metode wawancara diteliti kepada pegawai PT.DIP mengenai data menara pendingin.

2.2 Diagram Alir

Diagram Alir penelitian sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data berupa efektivitas dan laju perpindahan panas menara pendingin selama dua hari disajikan dalam bentuk tabel. Hasil pengolahan data tersebut dibandingkan dengan waktu dalam bentuk grafik untuk analisis kerja menara pendingin. Disajikan pula perbandingan daya generator dengan waktu yang sama dengan waktu kerja menara pendingin untuk analisis pengaruh kerja menara pendingin terhadap daya yang dihasilkan generator.

Tabel.1 Kinerja Menara Pendingin Tanggal 20-3-2017

Tanggal 20 Maret 2017								
Jam	Daya Generator (MW)	Temperatur Menara Pendingin (°C)			(kg/jam)	t (°C)	Efektivitas (%)	Laju Perpindahan Panas (kJ/Jam)
		T _{a1}	T _{a2}	T _{wb}				
00:00	55.3	47.2	28.8	17.8	8965	18.4	62.585	690176
01:00	55	47.3	28.9	17.7	9262	18.4	62.162	713041
02:00	55.3	46.3	28.7	17.6	9500	17.6	61.324	699565
03:00	55	46.2	28.6	17.6	9321	17.6	61.538	686384
04:00	55.8	46.1	28.5	17.6	9262	17.6	61.754	682039
05:00	55.5	46.9	28.8	17.6	9500	18.1	61.775	719439
06:00	54.8	46.3	28.7	17.5	9500	17.6	61.111	699565
07:00	54.8	46.8	28.9	17.9	9084	17.9	61.938	680333
08:00	54.9	46.7	29	18.1	9500	17.7	61.888	703540
09:00	55.1	47.6	29	18.5	9203	18.6	63.918	716200
10:00	55.2	47.8	29.4	18.7	9143	18.4	63.230	703879
11:00	55.3	48.8	29.8	19.5	9084	19	64.846	722142
12:00	55	48.9	30	20	9025	18.9	65.398	713675
13:00	55	47.6	29.5	19.8	9381	18.1	65.108	710427
14:00	54.7	48	29.5	19.6	9381	18.5	65.141	726127
15:00	55.1	48.1	29.7	19.5	9203	18.4	64.336	708498
16:00	55.5	48.9	30	18.5	9321	18.9	62.171	737082
17:00	55.3	48.4	29.5	17.1	9203	18.9	60.383	727751
18:00	55.3	47.2	29.2	17	9500	18	59.603	715464
19:00	55.6	47.7	29	17.7	9321	18.7	62.333	729282
20:00	55.5	46.8	28.8	17.6	9500	18	61.644	715464
21:00	55.5	47	28.7	18	9262	18.3	63.103	709165
22:00	55.6	46	28.4	18.4	9321	17.6	63.768	686384
23:00	55.4	46.5	28.6	17.8	9084	17.9	62.369	680333
00:00	55.1	46.5	28.6	17.8	9084	17.9	62.369	680333
Rerata	55.224	47.264	29.064	18.196	9276.4	18.2	62.612	706387

Tabel.2 Kinerja Menara Pendingin Tanggal 21-3-2017

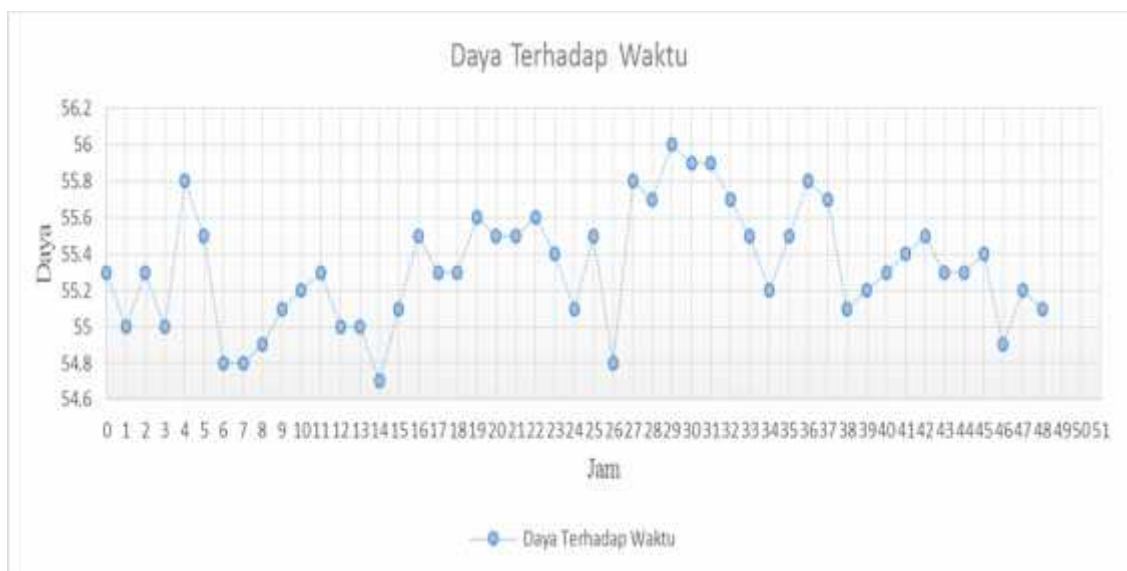
Tanggal 21 Maret 2017								
Jam	Daya Generator (MW)	Temperatur Menara Pendingin (°C)			(kg/jam)	t (°C)	Efektivitas (%)	Laju Perpindahan Panas (kJ/Jam)
		T _{a1}	T _{a2}	T _{wb}				
00:00	55.1	46.5	28.6	17.8	9084	17.9	62.369	680333
01:00	55.5	46.7	28.7	17.7	9084	18	62.069	684134
02:00	54.8	46.4	28.6	17.5	9262	17.8	61.592	689789
03:00	55.8	46.7	28.7	17.4	9500	18	61.433	715464
04:00	55.7	46.8	28.6	17.2	9321	18.2	61.486	709783
05:00	56	46.7	28.5	17.1	9500	18.2	61.486	723414
06:00	55.9	46.3	28.4	16.9	9321	17.9	60.884	698083
07:00	55.9	46.7	28.6	16.7	9203	18.1	60.333	696947
08:00	55.7	46.7	28.7	17.4	9500	18	61.433	715464
09:00	55.5	46.7	29	18.1	9500	17.7	61.888	703540
10:00	55.2	48.3	29.2	18.4	9262	19.1	63.880	740167
11:00	55.5	47.2	29.4	18.6	8965	17.8	62.238	667670
12:00	55.8	47.9	29.7	18.9	9500	18.2	62.759	723414
13:00	55.7	48.6	29.8	19.3	9500	18.8	64.164	747262
14:00	55.1	48.7	29.8	19.6	9262	18.9	64.948	732417
15:00	55.2	48.3	29.7	19.7	8846	18.6	65.035	688417
16:00	55.3	48.6	29.9	19	9203	18.7	63.176	720050
17:00	55.4	48.8	29.9	18.6	9084	18.9	62.583	718341
18:00	55.5	48.6	29.8	18.3	9262	18.8	62.046	728542
19:00	55.3	48.8	29.7	18	9084	19.1	62.013	725942
20:00	55.3	48.1	29.5	17.8	9381	18.6	61.386	730052
21:00	55.4	47.6	29.5	17.5	9262	18.1	60.133	701415
22:00	54.9	47.5	29.3	17.4	8787	18.2	60.465	669120
23:00	55.2	47.5	29.4	17.4	9262	18.1	60.133	701415
00:00	55.1	47.5	29.4	17.4	9262	18.1	60.133	701415
Rerata	55.432	47.528	29.216	17.988	9247.88	18.312	61.991	708549



Gambar 3 Grafik Efektivitas Menara Pendingin



Gambar 4 Grafik Laju Perpindahan Panas Menara Pendingin



Gambar 5 Grafik Daya Generator

Efektivitas dipengaruhi t_{air} (beda suhu air masuk terhadap suhu air keluar menara pendingin). Pada Gambar 3, grafik efektivitas selama dua hari mengalami perubahan yang tidak jauh berbeda setiap jamnya. Angka efektivitas di bawah kondisi komisioning bisa dikatakan mendominasi. Perbedaan dengan kondisi komisioning mencapai 1%-3%. Efektivitas selama dua hari yang berada di atas kondisi komisioning rata-rata terjadi pada siang hari berkisar pukul 10.00 sampai pukul 15.00, dan efektivitas tertinggi terjadi pada tanggal 20-3-2017 sedangkan terendah terjadi di tanggal 21-3-2017. Penurunan efektivitas terjadi pada selain waktu di atas, sehingga bisa dikatakan rendahnya efektivitas disebabkan rendahnya t_{air} .

Pada Gambar 4 sama halnya dengan efektivitas, perubahan laju perpindahan panas selama dua hari mengalami perubahan yang tidak jauh berbeda setiap jamnya, dan kondisi di bawah komisioning tetap mendominasi, tetapi tidak sama seperti efektivitas yang memiliki kondisi di atas komisioning pada siang hari, untuk laju perpindahan panas tidak bergantung pada kondisi siang atau malam. Hal tersebut disebabkan oleh jumlah aliran air yang masuk menara pendingin dan besarnya nilai t_{air} . Laju perpindahan panas selama dua hari paling tinggi terjadi pada tanggal 21-3-2017 dan terendah pada tanggal 20-3-2017, sehingga bisa dikatakan rendahnya laju perpindahan panas disebabkan rendahnya aliran air yang masuk dan t_{air} menara pendingin.

Pada Gambar 5 ditampilkan daya generator selama dua hari. Generator yang terpasang berkapasitas 55 MW. Dari data yang tersaji dapat dilihat bahwa kinerja dari menara pendingin tidak

terlalu mempengaruhi dari daya yang dihasilkan. Ketika kondisi kinerja menara pendingin sedang rendah generator masih dapat menghasilkan daya maksimal.

4. SIMPULAN

Simpulan dari hasil analisis berupa:

- 1) Efektivitas dan laju perpindahan panas kondisi saat ini dominan berada di bawah kondisi komisioning,
- 2) Besarnya nilai t_{air} sangat berpengaruh terhadap efektivitas dan laju perpindahan panas. Semakin besar nilai t_{air} , maka efektivitas dan laju perpindahan panas semakin besar. Untuk memperbesar nilai t_{air} , maka suhu air keluar menara pendingin harus diturunkan,
- 3) Meningkatnya suhu air keluar menara pendingin diakibatkan karena adanya endapan pada *nozzle* di *hot water basin*, *fillbar* dan *drift eliminator* yang menyebabkan air masuk tidak merata dan perpindahan panas yang tidak maksimal, dan
- 4) Solusi agar suhu air keluar menara pendingin menurun ialah dengan membersihkan *hot water basin*, *fillbar* dan *drift eliminator* agar air panas masuk dapat merata dan perpindahan panas lebih sempurna. Penambahan *fillbar* juga diperlukan agar partikel air menjadi lebih kecil dan air menjadi lebih lama pada *fill*, agar proses perpindahan panas lebih lama dan lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.M. El-Wakil, 1984, The Circulating Water System, *Power plant Technology*, pp. 268-289.
- [2] P.K. Nag, 2008, Condenser, Feed water and Circulating Water Systems, *Power Plant Engineering*, vol. 3, pp. 580-590.
- [3] Kinsky. R, 1989, Heat Transfer, *Heat Engineering*, pp. 100-136.

ANALISIS KINERJA KONDENSOR UNIT IV SEBELUM DAN SESUDAH OVERHAUL

Amrina Rosyada¹, Arina Rizqia Anhar², Indra Silanegara³

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, 081321227585,
amrinarosyada0@gmail.com

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Kondensor adalah suatu alat pengembun uap dari turbin dengan kondisi tekanan yang hampa. Uap bekas dari turbin masuk dari sisi atas kondensor, kemudian mengalami proses kondensasi yang mana terjadi perubahan fasa dari uap air menjadi air (air kondensat). Kondensor di PLTP PGE Unit IV menggunakan kondensor tipe *direct contact*. Uap keluaran turbin masuk ke dalam kondensor untuk proses kondensasi. Pada kondensor terjadi pemisahan uap basah dengan NCG, yang mana NCG dihisap langsung oleh ejector. Kinerja kondensor diketahui dari perhitungan efektivitas kondensor dengan parameter laju massa dan enthalpy uap keluaran turbin, kondensat, dan air pendingin. Oleh karenanya, perlu perbandingan antara efektivitas data aktual dengan data desain, sehingga diketahui seberapa baik pengoperasian kondensor. Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh overhaul terhadap kinerja kondensor PLTP PGE Unit IV. Untuk metode penyelesaian masalah berupa pengamatan lapangan, pencarian data dan perhitungan efektivitas kondensor, wawancara dan diskusi dengan pihak-pihak terkait.

Kata Kunci : Kondensor, efektivitas, kinerja.

Abstract

The condenser is a steam condenser from a turbine with a vacuum pressure condition. The used vapor from the turbine enters from the top side of the condenser, then undergoes a condensation process in which the phase shift from water vapor to water (condensate water). The condenser in PLTP PGE Unit IV uses condenser type *direct contact*. The steam output of the turbine enters the condenser for condensation. In the condenser, there is a wet steam separation with NCG, which NCG is sucked directly by the ejector. Condenser performance is known from the effectivity of the condenser with the mass rate and enthalpy parameters of the steam output of turbines, condensate, and cooling water. Therefore, it is necessary to compare the actual data effectiveness with the design data, so it is known how well the condenser operation. This research aims to analyze the influence of overhaul on the performance of PGE Unit IV PLTP condenser. For problem-solving methods such as field observation, data search and condenser effectiveness calculation, interview, and discussion with related parties.

Keywords: Condenser, effectiveness, performance.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP) pada prinsipnya sama seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Perbedaannya ada pada sumber uap, PLTU dibuat di permukaan menggunakan boiler, sedangkan sumber uap pada PLTP berasal dari reservoisir panasbumi [1].

Di PLTP–Unit IV harus mampu mengoptimalkan kerja setiap komponen yang bekerja, misalnya dengan mengoptimalkan efektivitas dari kondensor.

Kondensor adalah suatu alat penukar panas dengan proses perpindahan panas yang terjadi dari suatu fluida kerja yang bertemperatur tinggi kepada fluida kerja yang bertemperatur lebih rendah, dan terjadi perubahan fasa pada fluida yang bertemperatur tinggi tersebut yaitu dari fasa uap ke fasa cair pada kondisi tekanan tetap [2]. Kondensor harus diatur tekanannya agar kevakumannya bisa terjaga. Faktor yang terpenting dalam membantu kinerja kondensor adalah banyaknya sirkulasi air pendingin yang masuk ke kondensor untuk mengkondensasikan uap dari *exhaust* turbin.

Kondensor pada PLTP Unit IV menggunakan jenis *direct-contact*. Yang dimaksud *direct-contact* yaitu kondensor yang menggunakan *spray* dalam mengkondensasikan uap dengan mencampurkannya secara langsung. Penggunaan *spray* berguna untuk percampuran uap dengan air pendingin dilakukan dengan jalan

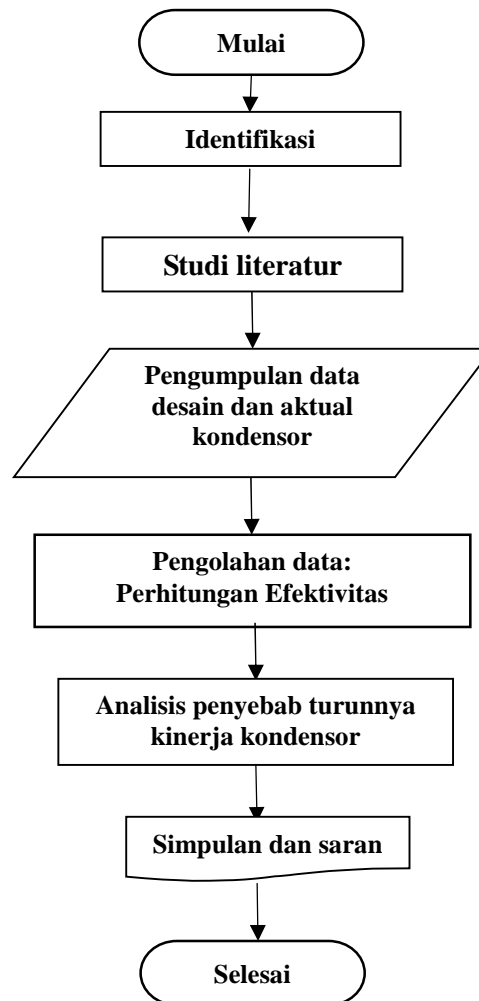
menyemprotkan air ke uap keluaran turbin, kemudian uap keluaran turbin bercampur dengan air pendingin dan menghasilkan uap yang hampir jenuh lalu dipompakan oleh *hotwell pump* menuju *cooling tower* [2].

Setelah dilakukannya *overhaul* pada kondensor, terdapat perbedaan pada nilai efektivitas kondensor yang berdasarkan pada parameter laju massa air pendingin, kondensat, dan uap keluaran turbin. Perhitungan efektivitas bertujuan untuk mengetahui apakah kegiatan *overhaul* berpengaruh atau tidaknya pada kondensor Unit IV.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

Metode penelitian merupakan proses mendapatkan data yang digunakan untuk analisis teoritis yang diperlukan. Secara sistematis langkah-langkah penelitian sebagaimana Gambar 1.

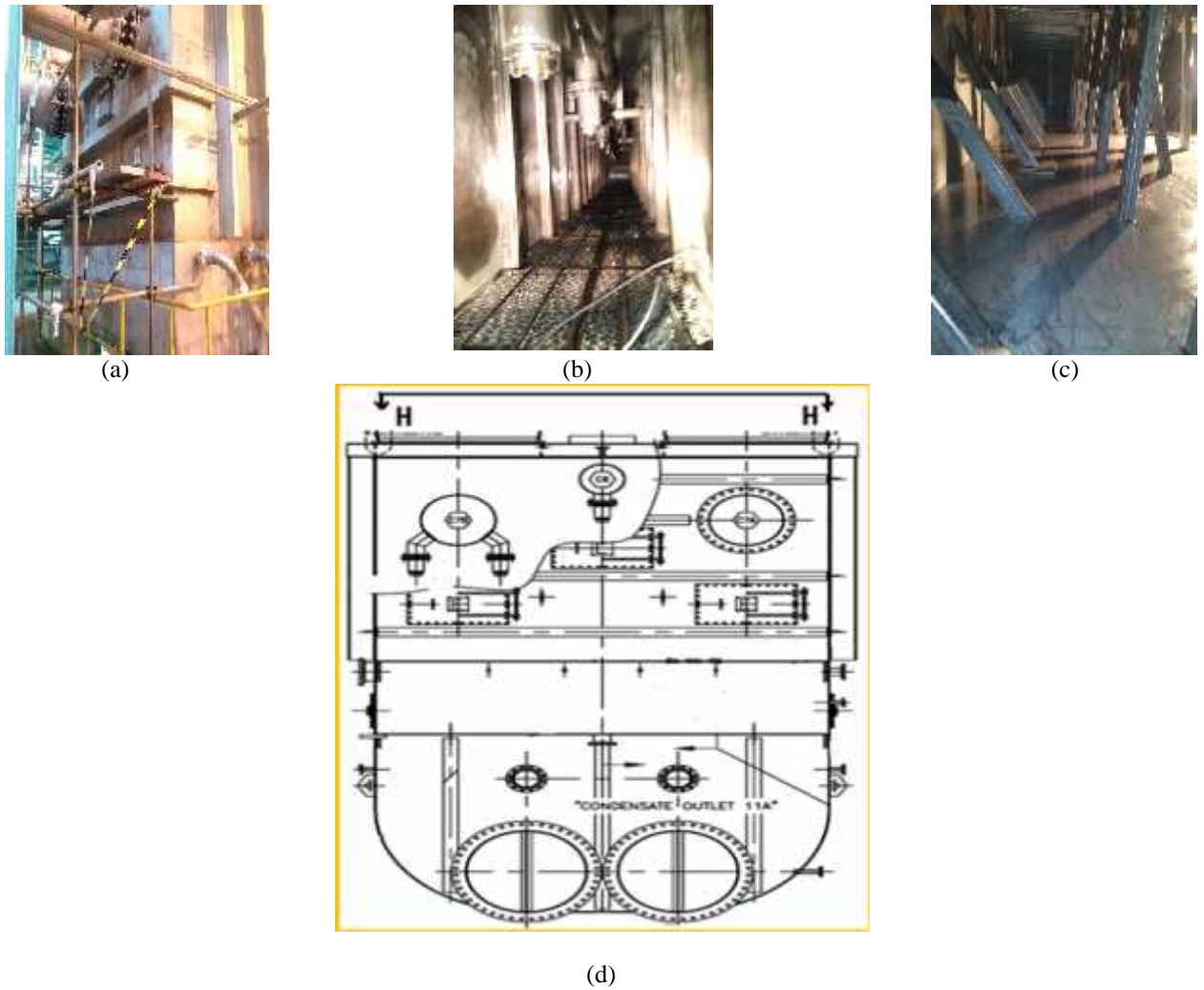


Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

Data berupa teori, analisis, rumus perhitungan maupun gambar kondensor Unit IV PLTP dilakukan dengan metode diantaranya:

1. Metode Observasi

Cara memperoleh data dilakukan dengan observasi langsung ke lokasi PLTP yang mana proses berlangsung. Dengan cara tersebut didapatkan data dari *Central Control Room* berupa data laju massa dan tempertur air pendingin, kondensat, dan uap keluaran turbin. Adapun tekanan kondensor dan uap keluaran turbin diambil dari tanggal 1-30 April 2017 pada pukul 07.30 WIB. Berikut beberapa foto yang didapat dari lokasi lokasi PLTP.



Gambar 2 (a) Kondensor CND-250, (b) *Spray*, (c) Kerangka bagian dalam kondensor, dan (d) *Desain CND-250*[3].

2. Metode Studi Pustaka

Data diperoleh melalui buku-buku literatur/*sheet* (manual book, vendor) serta buku-buku yang berkaitan dengan objek yang diamati. Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui spesifikasi kondensor CND-250[4].

Tabel 1 Data Desain CND-250 Unit IV

KONDENSOR		
<i>Manufacture Name</i>		<i>Yuba Heat Transfer, LLC-Ecolaire Division</i>
<i>Manufacturing Location</i>		<i>Tulsa, OK or other seller approved subcontractor in US</i>
<i>Serial No.</i>		<i>06-78770</i>
<i>Year</i>		<i>2007</i>
<i>Type</i>		<i>Direct Contact</i>
<i>Design Standard</i>		
<i>Circulating Water Quantity (inlet)</i>	<i>m³/h</i>	<i>7410,62</i>
<i>Condenser Pressure Drop</i>	<i>Mbar</i>	<i>207 (3 psi)</i>
<i>Air leakage allowance</i>	<i>kg/h</i>	<i>61,2</i>
<i>Condenser Load</i>	<i>kg/h</i>	<i>418,717</i>
<i>Steam Temperature</i>	<i>°C</i>	<i>55.1</i>
<i>Condenser pressure</i>	<i>Mbar a</i>	<i>160</i>
<i>Cooling water quantity</i>	<i>Cu m/h</i>	<i>7,410</i>
<i>Cooling water temperature</i>		
<i>Inlet</i>	<i>°C</i>	<i>26.2</i>

Outlet	°C	51.8
Non Condensable in steam	kg/h	7,118
<i>Materials</i>		
Shell		A240, TP 318L SS (in contact with geothermal fluid)
Internal pipes		316L SS
Nozzles		318 SS
<i>Water Distribution System</i>		
Condenser	Spray/tray	Spray
Smallest opening for liquid	Mm	12.7 (1/2')
Gas Cooling Section	Spray/tray	Spray

Perhitungan efektivitas kondensor berdasarkan laju massa *input* berupa air pendingin dan uap keluaran turbin dengan *output* berupa laju massa air kondensat [5], maka efektivitas dapat dihitung dengan persamaan 1.

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\dot{m}_{\text{air pendingin}} h_{\text{air pendingin}} - \dot{m}_{\text{kondensat}} h_{\text{kondensat}}}{\dot{m}_{\text{uap}} h_{\text{uap}} - \dot{m}_{\text{kondensat}} h_{\text{kondensat}}} \\ &= \frac{H_{\text{air pendingin}} - H_{\text{kondensat}}}{H_{\text{uap}} - H_{\text{kondensat}}} \end{aligned} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

dengan:

- air pendingin : Laju massa air pendingin (kg/s)
- kondensat : Laju massa kondensat (kg/s)
- uap : Laju massa uap dari turbin (kg/s)
- $h_{\text{air pendingin}}$: Enthalpy air pendingin (kJ/kg)
- $h_{\text{kondensat}}$: Enthalpy kondensat (kJ/kg)
- h_{uap} : Enthalpy uap dari turbin (kJ/kg)

3. Metode Wawancara

Metode wawancara cukup efektif dilakukan untuk memperoleh data, caranya dengan bertemu dan bertanya atau berdiskusi kepada seluruh jajaran staff di industri mengenai objek yang akan kita amati.

4. Metode *Browsing Internet*

Metode *browsing internet* mudah untuk dilakukan, data yang dibutuhkan cukup diambil dari internet dengan cara *browsing* dan data yang diinginkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Parameter Kondensor

Data parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan efektivitas kondensor berupa laju massa aliran dan enthalphy dari air pendingin, uap keluaran turbin dan air kondensat. Berikut data parameter yang dibutuhkan untuk menghitung efektivitas kondensor sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2 Data parameter kondensor

Tanggal dan Waktu	$h_{\text{air pendingin}}$ (kJ/kg)	h_{uap} (kJ/kg)	$h_{\text{kondensat}}$ (kJ/kg)	air pendingin(kg/s)	uap ke turbin(kg/s)	kondensat(kg/s)
2017-04-01 07:30:00	1256,03	217,69	2595,70	1984,58	98,08	2082,66
2017-04-02 07:30:00	1254,34	217,62	2594,70	2129,72	97,98	2227,71
2017-04-03 07:30:00	1253,35	215,08	2594,60	2057,29	96,58	2153,87
2017-04-04 07:30:00	1252,66	215,91	2594,20	1994,05	95,94	2089,99
2017-04-05 07:30:00	1254,01	217,84	2595,00	1987,90	95,94	2083,84
2017-04-26 07:30:00	1248,08	214,46	2593,50	1979,35	93,62	2072,97
2017-04-27 07:30:00	1249,16	214,08	2593,40	2091,12	93,39	2184,51
2017-04-28 07:30:00	1249,03	214,15	2593,40	2023,94	93,60	2117,54
2017-04-29 07:30:00	1246,40	211,40	2592,20	2257,78	94,01	2351,79
2017-04-30 07:30:00	1247,19	212,06	2592,70	2192,06	93,68	2285,73

3.2 Data Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan efektivitas kondensor sebelum dan sesudah *overhaul* sebagaimana Tabel 3 .

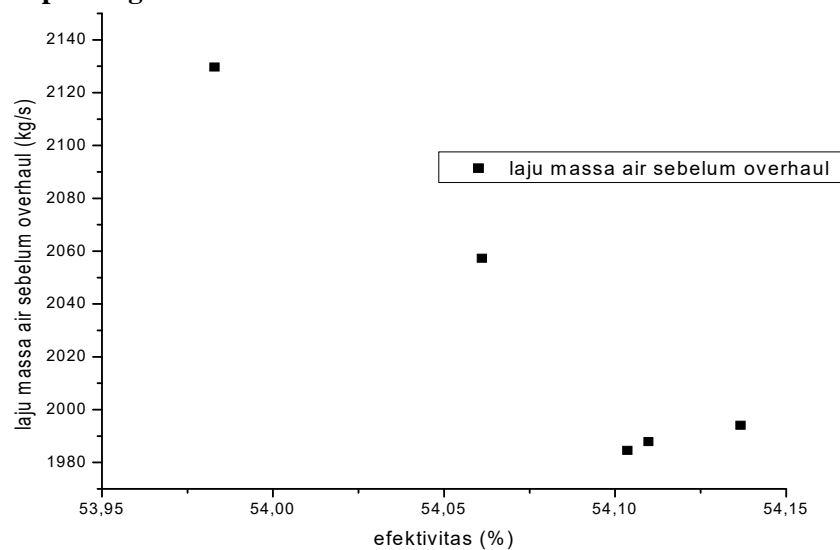
Tabel 3 Data hasil perhitungan efektivitas

Tanggal dan Waktu	Efektivitas%	Rata-rata Efektivitas %
2017-04-01 07:30:00	54,10	54,08
2017-04-02 07:30:00	53,98	
2017-04-03 07:30:00	54,06	
2017-04-04 07:30:00	54,14	
2017-04-05 07:30:00	54,11	
2017-04-26 07:30:00	54,25	54,11
2017-04-27 07:30:00	54,08	
2017-04-28 07:30:00	54,16	
2017-04-29 07:30:00	54,02	
2017-04-30 07:30:00	54,05	

Dari data tersebut dalam Tabel 3 , dapat dihitung rata-rata dari efektivitas kondensor yaitu 54,08% (sebelum *overhaul*) dan 54,11% (setelah *overhaul*).

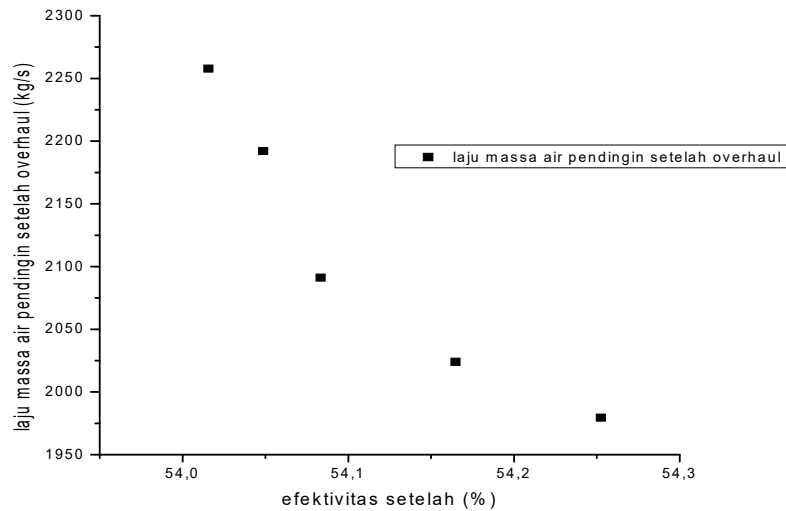
3.3 Pembahasan Hasil Pengolahan Data

3.3.1 Laju massa air pendingin



Gambar 3 Grafik perbandingan efektivitas dan laju massa air sebelum *overhaul*

Laju massa air pendingin didapat dari air pendingin yang masuk melalui *spray nozzle* untuk mendinginkan *input* uap dari turbin. Laju massa air pendingin yang masuk ke kondensor sebelum *overhaul* tertinggi senilai 2129,72 kg/s dengan nilai efektivitas 53,98%. Dan laju massa air pendingin terendah 1984,58 kg/s dengan efektivitas 54,10%. Tampak bahwa laju massa air pendingin bukanlah faktor penentu utama untuk meningkatkan kinerja kondensor.

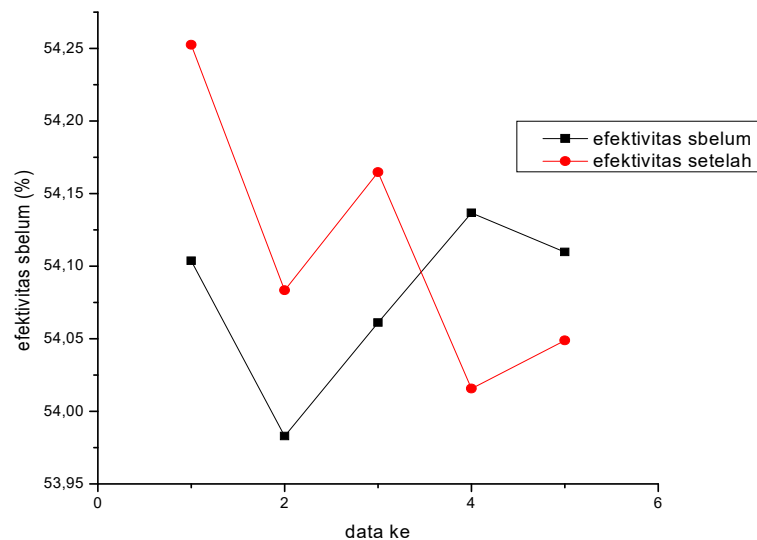


Gambar 4 Grafik perbandingan efektivitas dan laju massa air setelah *overhaul*

Pada grafik tersebut pada Gambar 4 diketahui bahwa efektivitas setelah *overhaul* tertinggi yaitu 54,16% dengan laju air pendingin 1979,35 kg/s sedangkan efektivitas terendah yaitu 54,02% dengan laju air pendingin 2257,78 kg/s, maka pada data tersebut terlihat bahwa laju massa air pendingin tidak terlalu mempengaruhi efektivitas karena data yang didapatkan fluktuatif.

3.3.2 Efektivitas kondensor

Efektivitas di kondensor digunakan untuk mengetahui kinerja kondensor dengan laju massa *input* berupa air pendingin dan uap keluaran turbin dengan *output* berupa laju massa air kondensat.



Gambar 5 Grafik perbandingan efektivitas sebelum dan sesudah *overhaul*

Pada grafik tersebut pada Gambar 5 dapat diketahui terjadi fluktuatif pada data setelah dan sebelum *overhaul*, namun terdapat kenaikan tertinggi pada efektivitas kondensor setelah *overhaul* dengan data 54,25% sedangkan data tertinggi saat sebelum overhaul 54,1%, sehingga pada efektivitas kondensor setelah *overhaul* adalah lebih tinggi.

4. SIMPULAN

Simpulan hasil penelitian berupa:

- 1) Efektivitas kondensor meningkat sekitar 0,03% setelah *overhaul*, maka kinerja kondensor meningkat dengan dilakukannya *overhaul* dan pemeriksaan visual secara rutin untuk analisis kerusakan yang terjadi, dan

- 2) Laju massa air pendingin pada data mengalami fluktuatif dengan laju massa air pendingin sebelum *overhaul* 2129,27 kg/s dan setelah *overhaul* 1979,35 kg/s, maka laju massa air pendingin bukanlah faktor utama untuk menentukan kinerja kondensor karena semakin besar laju massa air yang mengalir untuk mendinginkan kondensor bisa dengan cepat mengkondensasikan uap panas dari turbin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Wahyudi, Nanang, 1994, *Perancangan Kondensor Uap dan Pengaruh Variasi Temperatur Air Pendingin Masuk Kondensor*, Skripsi, Universitas Indonesia, Depok.
- [3] Anonim, Pertamina Geothermal Energy, Manual Book: *Ecolaire Division Yuba Heat Transfer LLC Condenser CND-250*.
- [4] Pertamina Geothermal Energy. 2013. *Engineering Document Mechanical Book II, Vol. 1 of 3*. Kamojang: PGE.
- [5] Moran, M. J dan Shapiro, H. N. 2007. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Sixth Edition*, Amerika Serikat : John Wiley & Sons, Inc.

ANALISIS PENYEBAB PENURUNAN PERFORMA COOLING TOWER DI PLTP KAMOJANG UNIT IV

Monika Audiya P¹, Sarah Nurjannah², Jusafwar³

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, 089510334196,
monikaaudiya@gmail.com

Abstrak

Performa cooling tower bergantung pada nilai efektivitas cooling tower itu sendiri. Seiring berjalannya waktu, performa cooling tower pada PLTP Kamojang unit IV mengalami penurunan. Metode penelitian yang dilakukan antara lain studi literatur, hasil observasi, proses pengumpulan dan pengolahan data, serta analisis pembahasan cooling tower di PLTP Kamojang unit IV. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab penurunan performa cooling tower berdasarkan data parameter dan hasil observasi sebelum dan setelah overhaul serta mengetahui bagaimana cara meningkatkan performa cooling tower. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan penyebab penurunan performa cooling tower berdasarkan parameter yaitu nilai approach (selisih antara temperatur air keluar cooling tower (TWOUT) dan temperatur wet bulb (TWB)) yang tinggi sehingga nilai TWOUT yang dihasilkan belum optimum dan tidak mendekati nilai TWB. Berdasarkan hasil observasi pada saat overhaul, penyebab penurunan performa cooling tower dikarenakan kondisi nozzle, drift eliminator, filler dan basin yang kotor. Pada saat overhaul dilakukan pergantian drift eliminator dan filler serta pembersihan basin. Kegiatan overhaul pada cooling tower tersebut dapat meningkatkan efektivitas dari 66 % - 72 % menjadi 70 % - 74%, menurunkan TWOUT dari 25,5 - 28 °C menjadi 25 - 26,5 °C dengan TWB yang hampir sama sehingga dapat menurunkan nilai approach dari 10 - 12 °C menjadi 8 - 10 °C.

Kata Kunci: Cooling tower, performa, temperatur air keluar cooling tower, efektivitas, approach

Abstract

The performance of cooling tower depends on the effectiveness of the cooling tower. Over time, the performance of cooling tower in PLTP Kamojang unit IV is decrease. Research methods undertaken include literature study, observation result, data collection process, data processing and cooling tower discussion in PLTP Kamojang unit IV. The purpose of this study is to determine the cause of cooling tower performance reduction based on parameter data and observation results before and after overhaul and know how to improve performance cooling tower. Based on the analysis that has been done can be concluded the cause of cooling tower performance decrease based on the parameter that is the approach value (the difference between the cooling tower water temperature (TWOUT) and the high temperature wet bulb (TWB)) so that the resulting TWOUT value is not optimum and not close to the TWB value. Based on observations during the overhaul caused the cooling tower performance decline due to the condition of nozzle, drift eliminator, filler and dirty basin. At the time of overhaul is done turnover drift eliminator and filler and cleaning basin. With overhaul activity on the cooling tower can increase the effectiveness from 66% - 72% to 70% - 74%, lowering TWOUT from 25,5 - 28 °C to 25 - 26,5 °C with TWB which is almost same so it can decrease value Approach from 10 - 12 °C to 8 - 10 °C.

Key words: Cooling tower, performance, temperature of the water out of cooling tower, efectiviness, approach

1. PENDAHULUAN

Cooling tower sangat berperan penting terhadap kinerja sistem PLTP. Semakin baik peforma cooling tower maka akan semakin baik kinerja sistem PLTP. Performa cooling tower bergantung pada nilai efektivitas cooling tower itu sendiri ^[1].

Cooling tower yang digunakan pada permasalahan ini adalah cooling tower yang terdapat pada PLTP Kamojang Unit IV jenis Marley Class 800 model 84250LE5-8.0-4 dengan tipe Counterflow Mechanical Draft Film Fill-Marley DF381 yang digunakan sebagai alat untuk mendinginkan air hasil kondensasi pada kondensor yang masih memiliki temperatur yang tinggi.

Namun, seiring berjalannya waktu, performa cooling tower (efektivitas) pada PLTP Kamojang unit IV mengalami penurunan. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi performa cooling tower (efektivitas) yaitu temperatur lingkungan (ambient) antara lain temperatur wet bulb (TWB), dan temperatur dry bulb (TDB), temperatur air masuk cooling tower (TWIN), temperatur air keluar cooling tower (TWOUT), range (selisih antara TWIN dan TWOUT) dan approach (selisih antara TWOUT dan TWB) ^[2].

Oleh karena itu, penulisan ini bertujuan untuk mengetahui penyebab penurunan performa *cooling tower* berdasarkan data parameter dan hasil observasi sebelum dan setelah overhaul serta mengetahui bagaimana cara meningkatkan performa *cooling tower*.

2. METODE PENELITIAN

1. Dilakukan pengambilan dan pengumpulan data yaitu data operasional sebelum dan setelah overhaul. Berdasarkan kenaikan beban dari 57,5 – 63,2 MW. Data yang diambil sebelum overhaul pada tanggal 4 Januari 2017, 15 Januari 2017, 17 Februari 2017, 23 Februari 2017, 8 Maret 2017 dan 10 Maret 2017 dan data setelah overhaul dari tanggal 24 April 2017 – 30 April 2017.
2. Melakukan pengolahan data dengan menghitung perhitungan seperti efektivitas, *range* dan *approach* pada Microsoft Excel.
3. Membuat dan menganalisa grafik hubungan efektivitas terhadap parameter – parameter yang mempengaruhi performa *cooling tower*.
4. Setelah itu, membuat dan menganalisa grafik hubungan beban terhadap parameter-parameter sebelum dan setelah overhaul.
5. Mencari penyebab penurunan performa *cooling tower* berdasarkan sistem kerja *cooling tower*.
6. Mencari penyebab penurunan performa *cooling tower* berdasarkan hasil observasi pada saat overhaul.
7. Setelah itu, mengambil kesimpulan dan saran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Efektivitas *Cooling Tower*

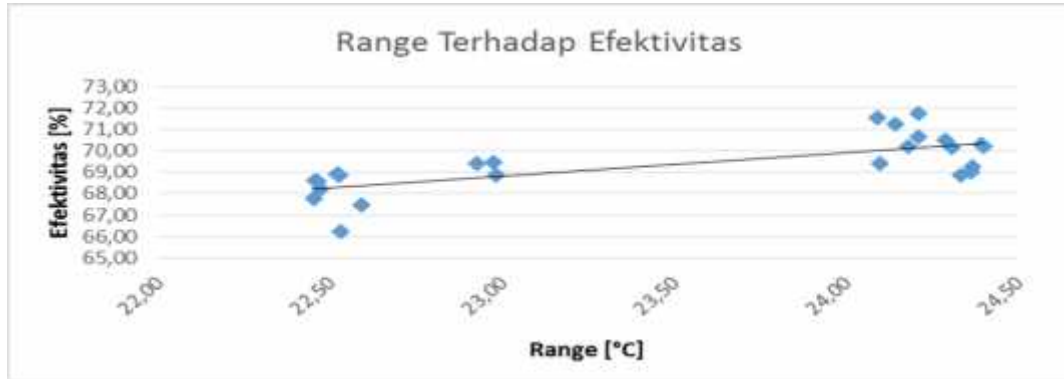
Perhitungan efektivitas *cooling tower* dilakukan berdasarkan data operasional yang diambil sebelum overhaul pada tanggal 4 Januari 2017, 15 Januari 2017, 17 Februari 2017, 23 Februari 2017, 8 Maret 2017 dan 10 Maret 2017 dan data setelah overhaul dari tanggal 24 April 2017 – 30 April 2017. Data tersebut dirata – ratakan dan diurutkan berdasarkan beban pembangkitan dari beban 57,5 MW – 63 MW dengan menggunakan Microsoft Excel. Sebagai contoh perhitungan yaitu menggunakan data perhitungan sebelum overhaul

Tabel. 3.1 Data Perhitungan Sebelum Overhaul

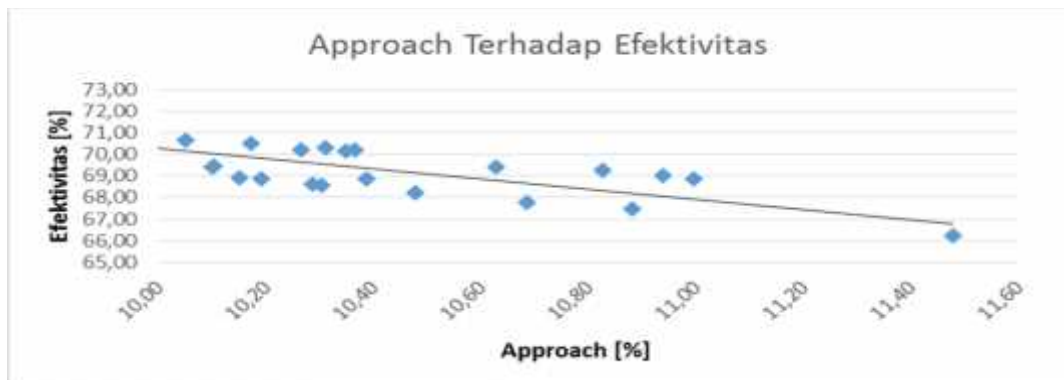
BEBAN	Flow	TWIN	TWOUT	TWB	TDB	RANGE	APPROACH	EFEKTIVITAS
MW	m ³ /h	°C	°C	°C	°C	°C	°C	%
57,5	7324,19	49,19	26,66	16,47	19,52	22,52	10,19	68,86
57,6	7297,88	49,06	26,59	16,11	18,21	22,47	10,48	68,21
57,7	7290,42	49,12	26,67	16,38	18,94	22,45	10,29	68,60
57,8	7294,66	49,08	26,62	16,32	18,98	22,46	10,30	68,58
57,9	7269,18	49,30	26,78	16,63	19,37	22,52	10,15	68,93
58,0	7217,34	48,73	26,28	15,60	17,62	22,45	10,68	67,78
58,2	7295,80	48,30	25,78	14,30	16,87	22,53	11,48	66,25
58,3	7118,81	48,91	26,32	15,44	16,95	22,59	10,88	67,49
58,7	7020,39	50,06	27,14	17,04	18,09	22,92	10,10	69,42
58,8	7078,53	50,12	27,14	16,76	17,81	22,98	10,39	68,88
59,0	7027,34	50,01	27,04	16,94	17,99	22,97	10,10	69,46
61,5	7099,12	51,99	27,79	18,24	22,25	24,21	9,54	71,74
61,6	7142,22	51,81	27,72	18,13	21,42	24,09	9,59	71,53
61,7	7036,00	51,61	27,47	17,73	21,07	24,14	9,75	71,24
61,8	6971,72	51,69	27,48	17,43	20,32	24,21	10,05	70,67
61,9	7114,21	51,04	26,95	16,32	18,28	24,10	10,63	69,40
62,0	7192,46	51,38	27,21	16,94	19,37	24,18	10,27	70,20
62,1	7182,53	51,68	27,39	17,22	19,90	24,29	10,17	70,48
62,2	7116,59	51,47	27,17	16,82	19,31	24,31	10,35	70,15
62,3	7229,81	51,63	27,23	16,87	18,48	24,40	10,37	70,18
62,4	7263,12	51,09	26,72	15,90	20,03	24,36	10,83	69,26

62,5	7346,03	50,98	26,62	15,68	18,71	24,36	10,94	69,02
62,6	7248,84	50,91	26,58	15,59	19,74	24,33	11,00	68,88
62,9	7279,89	51,23	26,84	16,53	20,39	24,39	10,31	70,29

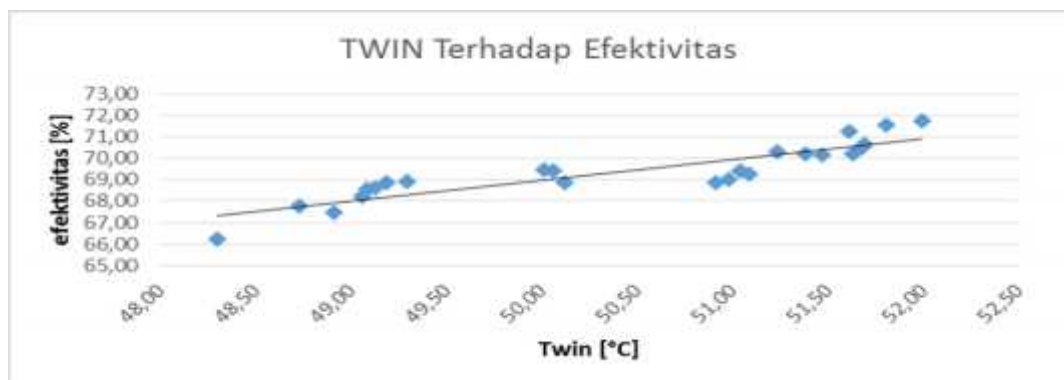
3.2 Perbandingan Grafik Hubungan Parameter Terhadap Efektivitas Pada *Cooling tower* Sebelum *Overhaul*



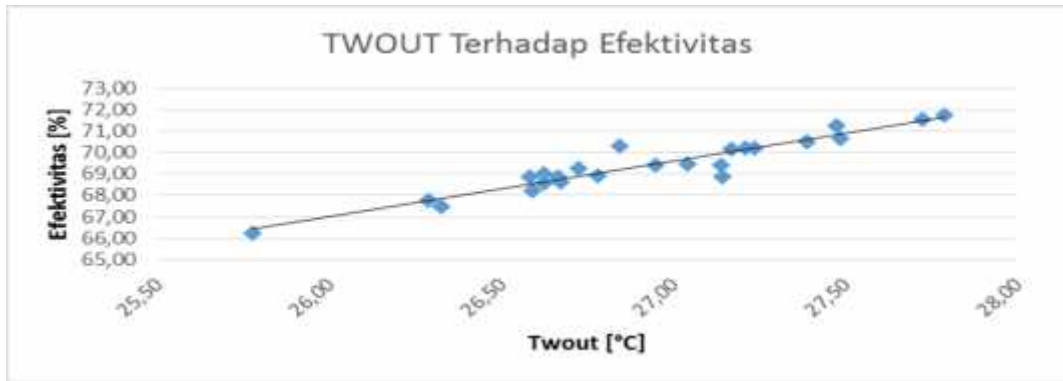
Gambar. 3.1 Grafik Range Terhadap Efektivitas



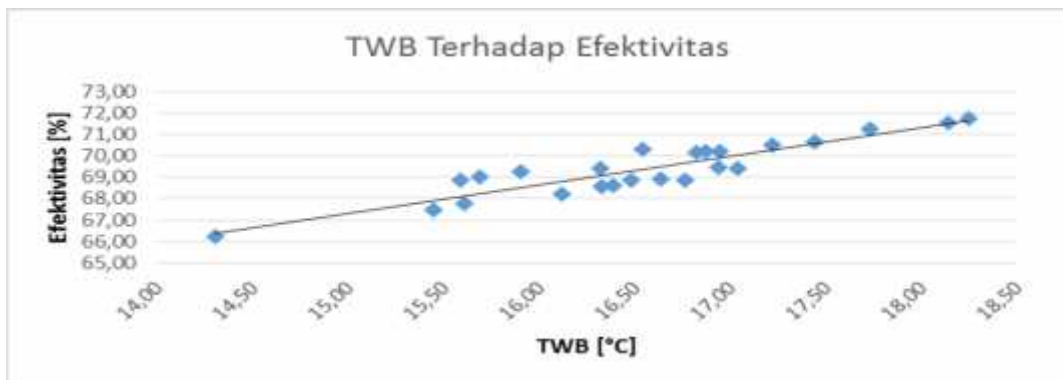
Gambar. 3.2 Grafik Approach Terhadap Efektivitas



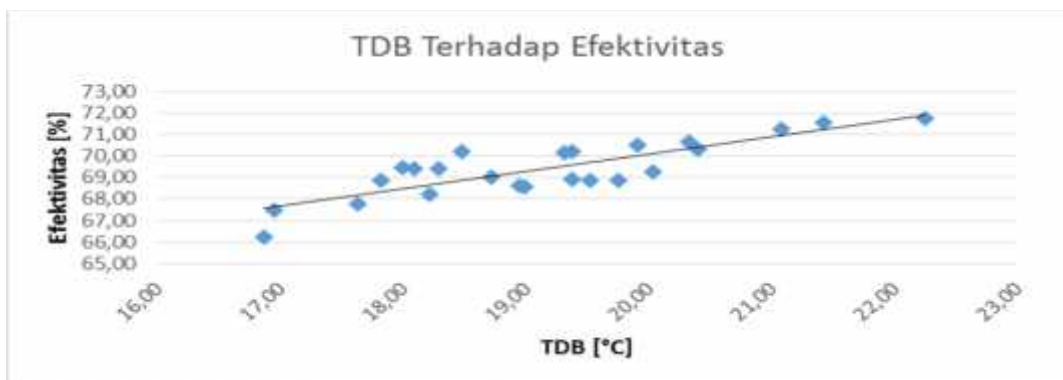
Gambar. 3.3 Grafik TWIN Terhadap Efektivitas



Gambar. 3.4 Grafik TWOUT Terhadap Efektivitas



Gambar. 3.5 Grafik TWB Terhadap Efektivitas



Gambar. 3.6 Grafik TDB Terhadap Efektivitas

3.3 Perbandingan Grafik Hubungan Beban terhadap Parameter dan Efektivitas Pada *Cooling tower* Sebelum dan Setelah *Overhaul*



Gambar. 3.7 Grafik Beban Terhadap Efektivitas Sebelum Dan Setelah Overhaul



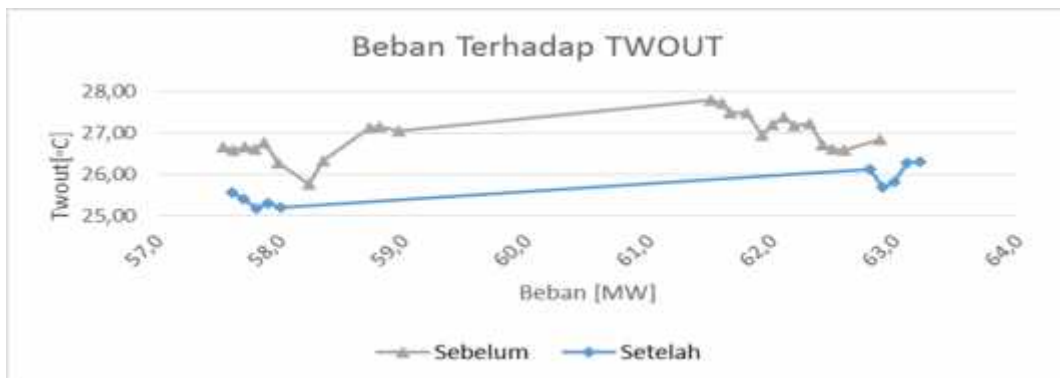
Gambar. 3.8 Grafik Beban Terhadap Range Sebelum Dan Setelah Overhaul



Gambar. 3.9 Grafik Beban Terhadap Approach Sebelum Dan Setelah Overhaul



Gambar. 3.10 Grafik Beban Terhadap TWIN Sebelum Dan Setelah Overhaul



Gambar. 3.11 Grafik Beban Terhadap TWOUT Sebelum Dan Setelah Overhaul

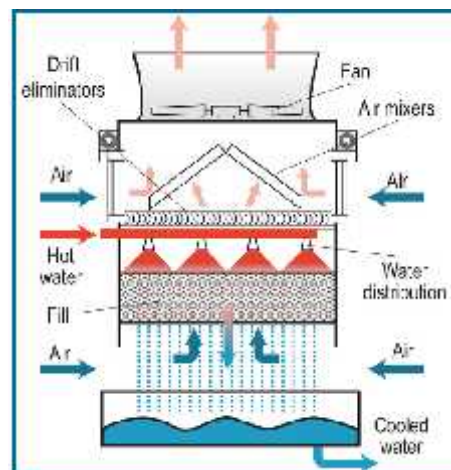


Gambar. 3.12 Grafik Beban Terhadap TWB Sebelum Dan Setelah Overhaul



Gambar. 3.13 Grafik Beban Terhadap TDB Sebelum Dan Setelah Overhaul

3.4 Penyebab Performa *Cooling Tower* Berdasarkan Sistem Kerja *Cooling Tower*



Gambar 3.14 Proses Pendinginan di *Cooling Tower* [3]

Berdasarkan Gambar 3.14 dapat dilihat penyebab yang dapat menurunkan performa *cooling tower* antara lain:

1. *Nozzle*
Nozzle ini mempengaruhi laju aliran massa air yaitu membantu proses perubahan bentuk air menjadi butiran – butiran air yang seragam [4]. Oleh karena itu, *nozzle* ini harus dijaga tingkat kekotorannya agar dalam proses penyebaran laju aliran massa air dapat optimum
2. *Drift Eliminator*
Drift eliminator ini mempengaruhi laju aliran massa air karena *drift eliminator* berfungsi untuk menangkap uap – uap air agar tidak terbang ke atmosfer [4]. Uap air ini berfungsi dalam proses pendinginan secara penguapan dengan cara menangkap panas *latent*.
3. *Sudu Fan*

Sudu *Fan* ini mempengaruhi laju aliran massa udara. Oleh karena itu, kemiringan sudu *fan* diperlukan kemiringan sudu yang optimum agar dapat menarik udara dengan laju aliran massa udara yang optimum ^[5].

4. Motor Penggerak *Fan*

Motor penggerak *fan* ini juga mempengaruhi laju aliran massa udara karena motor ini membantu menggerakkan *fan* agar bekerja lebih optimum dalam menghisap udara ^[5] sehingga didapatkan laju aliran massa udara yang optimum.

5. *Filler*

Filler ini sebagai alat yang membantu proses perpindahan panas secara konveksi dan konduksi. Sehingga *filler* ini harus dijaga dari kekotorannya yaitu adanya silica dan sulfur yang menempel. Kondisi *filler* yang kotor akan mempengaruhi konduktivitas termal dari *filler* yang menyebabkan perpindahan panas menjadi tidak optimum ^[6].

6. *Basin*

Basin ini mempengaruhi temperatur air pendingin dan laju aliran air pendingin yang akan dialirkan kembali ke kondensor. Apabila kondisi basin dalam keadaan kotor dan banyak mikroorganisme yang menempel pada basin maka akan mempengaruhi temperatur air pendingin menjadi tidak dingin dan laju aliran air pendingin yang masuk ke kondensor akan terhambat.

3.5 Data Hasil Observasi Kegiatan Overhaul *Cooling tower*

3.5.1 Foto kegiatan overhaul



Gambar 3.15 Pembersihan Basin

Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV



Gambar 3.16 Pergantian filler

Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV



Gambar 3.17 Pengukuran Sudu *Fan* dan Vibrasi Gear Box

Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV

3.5.2 Hasil Observasi Nozzle



Gambar 3.18 Hasil Observasi Nozzle Cooling Tower

Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV

3.5.3 Hasil Observasi Drift Eliminator



Gambar 3.19 Hasil Observasi Drift Eliminator Cooling Tower
Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV

3.5.4 Hasil Observasi Sudu *Fan*

Fan Pitch Angle (° Degree)

Design Pitch Angle () : 21 °

Acceptable Tolerance : ± 0,5 °

Tabel 3.2 Pengukuran sudu *fan* pada saat overhaul

Cell No.	Blade No.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	20,8	20,4	20,9	21	20,8	20,4	20,7	20,7	20,9
B	20,6	20,4	20,3	20,4	20,8	20,9	20,6	21	20,8
C	20,6	20,6	21,4	21	20,2	20,7	21,1	20,4	20,8
D	20,4	19,9	20,2	19,7	20,3	20,1	20,1	20,1	20,3

Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV

3.5.5 Hasil Observasi Vibrasi Gear Box

Acceptable Vibration : 4,5 mm/sec

Tabel 3.3 Pengukuran vibrasi gear box pada saat overhaul

Vibrasi	FAN A	FAN B	FAN C	FAN D
	Front Bearing			
HOR. [mm/sec]	0,9	0,7	0,8	0,7
VER. [mm/sec]	1,2	1,2	1,3	1
AXIAL [mm/sec]	0,7	0,8	0,8	0,6
	End Bearing			
HOR. [mm/sec]	0,8	0,5	0,6	0,7
VER. [mm/sec]	1,1	1,2	0,8	1,1
AXIAL [mm/sec]	0,5	1,4	0,7	0,6

Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV

3.5.6 Hasil Observasi Filler

Acceptable Weight Tolerance : 8 – 9 Kg

Data filler weight:

Tabel 3.4 Pengukuran berat filler pada saat overhaul

Lapisan Ke-	A	B	C	D
	[Kg]	[Kg]	[Kg]	[Kg]
1	29	38,5	38,5	25
2	43	55	46	24
3	26	35	35	15

Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV



Gambar 3.20 Kondisi Filler Sebelum Pergantian
Sumber: PLTP PT. PGE Kamojang Unit IV

3.6 Analisa dan Pembahasan

Berdasarkan grafik perbandingan parameter terhadap efektivitas sebelum overhaul pada grafik gambar 3.1 – gambar 3.6 bahwa peningkatan efektivitas terjadi karena ada penurunan nilai approach dapat dilihat pada gambar 3.2. Peningkatan efektivitas ini dipengaruhi juga oleh nilai TWOUT yang tinggi disertai nilai TWB dan TDB yang tinggi juga. Hal ini dapat dilihat grafik pada grafik gambar 3.4, 3.5, dan 3.6.

Pada grafik perbandingan grafik hubungan beban terhadap efektivitas sebelum dan setelah overhaul, didapatkan bahwa terjadi penurunan efektivitas pada saat sebelum overhaul yang dapat dilihat grafik pada grafik gambar 3.7. Berdasarkan grafik perbandingan hubungan beban terhadap parameter sebelum dan setelah overhaul, didapatkan bahwa yang mempengaruhi penurunan nilai efektivitas berdasarkan parameter yang sangat berpengaruh adalah nilai approach yang tinggi, dapat dilihat pada grafik gambar 3.9. Nilai approach akan tinggi jika nilai TWOUT tidak mendekati nilai TWB. Pada saat sebelum overhaul nilai TWOUT lebih tinggi dibandingkan pada saat setelah overhaul yang dapat dilihat pada grafik gambar 3.11 dengan nilai TWB yang pada saat itu tidak memiliki perbedaan jauh yang signifikan antara sebelum dan setelah overhaul yang dapat dilihat pada grafik gambar 3.12.

Penurunan nilai efektivitas cooling tower sangat berpengaruh terhadap proses pembangkitan di PLTP yaitu menyebabkan temperatur air keluar *cooling tower* tidak optimum. Hal ini menyebabkan proses kondensasi di kondensor akan buruk dan mengakibatkan vakum kondensor akan rendah. Vakum kondensor yang rendah akan menyebabkan daya dan efisiensi turbin akan turun serta kerja generator juga akan turun karena generator digerakkan oleh turbin sehingga beban pembangkitan yang dihasilkan akan rendah.

Oleh karena itu, kegiatan yang perlu dilakukan sebagai upaya peningkatan efektivitas cooling tower yaitu dengan cara menghasilkan nilai approach yang rendah. Berdasarkan hasil observasi pada saat overhaul, upaya untuk menghasilkan approach yang rendah sehingga nilai TWOUT yang dihasilkan optimum dan mendekati nilai TWB adalah melakukan pergantian *filler* dan *drift eliminator*, serta dilakukan pembersihan basin.

Kegiatan overhaul tersebut dapat meningkatkan nilai efektivitas dari 66 % - 72 % menjadi 70 % - 74% yang dapat dilihat pada grafik gambar 3.7, menurunkan nilai TWOUT dari 25,5 - 28 °C menjadi 25 – 26,5 °C yang dapat dilihat pada grafik pada gambar 3.11 dengan nilai TWB yang hampir sama antara sebelum dan setelah overhaul yang dapat dilihat pada gambar 3.12 sehingga dapat menurunkan nilai approach dari 10 - 12 °C menjadi 8 – 10 °C yang dapat dilihat pada grafik pada gambar 3.9.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kegiatan tersebut perlu dilakukan secara berkala setiap overhaul karena kegiatan tersebut dapat meningkatkan nilai efektivitas cooling tower yang mempengaruhi pendapatan dana ke pembangkit. Sedangkan kerugian dari kegiatan tersebut adalah rugi waktu dan rugi biaya. Namun, jika dibandingkan antara kerugian dari kegiatan tersebut dengan keuntungan yang didapat dari pendapatan dana ke pembangkitan setelah kegiatan tersebut maka keuntungan tersebut dapat menutupi kerugian tersebut. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan sebagai upaya menjaga *reliability* dari *cooling tower*.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan parameter yang terukur didapatkan bahwa penyebab penurunan performa *cooling tower* yang paling berpengaruh adalah nilai approach yang tinggi sehingga nilai TWOUT tidak optimum dan tidak mendekati nilai TWB.
2. Berdasarkan hasil observasi pada saat overhaul, didapatkan bahwa penyebab penurunan performa *cooling tower* adalah kondisi kondisi *nozzle*, *drift eliminator*, *filler*, dan *basin* dalam keadaan kotor.
3. Kegiatan overhaul pada *cooling tower* yang dilakukan untuk meningkatkan *efektivitas cooling tower* yaitu dengan cara menghasilkan nilai approach yang rendah adalah pergantian *filler* dan *drift eliminator* serta pembersihan basin. Kegiatan tersebut dapat meningkatkan efektivitas dari 66 % - 72 % menjadi 70 % - 74%, menurunkan TWOUT dari 25,5 - 28 °C menjadi 25 - 26,5 °C dengan TWB yang hampir sama sehingga dapat menurunkan nilai approach dari 10 - 12 °C menjadi 8 - 10 °C.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tawakal, Iqbal Muhammad. 2014 . “Perbandingan Efektivitas *Cooling Tower* Dari Data *Design* Dengan Data Aktual Dan *Maintanance Optimizing Cooling Tower*”. Laporan Kerja Praktik PT. PGE Area Kamojang.
- [2] Anonim. “*Cooling tower*”, dalam handbook ASHRAE - HVAC Systems and Equipment. 2014. 39. 39.1 – 39.17 (
- [3] U.S Department of Energy. “*Cooling towers: Understanding Key Components of Cooling towers and How to Improve Water Efficiency*”dalam artikel Federal Energy Management Program
- [4] Handoyo, Yopi. (2015).” Analisis Performa *Cooling tower* LCT 400 Pada PT.XYZ, Tambun Bekasi”. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. 3. (1).
- [5] Hensley. J.C. *Cooling tower Fundamentals*. 2006. Kansas: SPX *Cooling tower* Technologies Inc.
- [6] Moran MJ, Shapiro HN. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. John Wiley & Sons Inc,2006.

KERUSAKAN *EMERGENCY DEWATERING PUMP* PADA PLTA SIDREJO

Alvyn Hardyana Andio¹, Luthfitsani Kosala Putra², Emir Ridwan³

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, 085733937842,
hardyanaalvyn@gmail.com

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Pompa adalah suatu alat untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa dalam pembangkit listrik tenaga air berada dalam posisi auxiliary, salah satunya adalah dewatering pump. Dewatering pump berfungsi untuk menurunkan permukaan air pada tempat pembuangan air bocoran dari turbin. Pompa memiliki komponen yang sangat penting, salah satunya adalah mechanical seal. Mechanical seal berfungsi sebagai pengeblok fluida agar tidak masuk ke dalam motor pompa. Untuk menjaga kehandalan pompa dalam operasinya perlu diadakan maintenance secara rutin. Karena kerusakan pompa dapat berakibat fatal pada operasi pembangkit.

Kata kunci: pompa, mechanical seal, maintenance.

Abstract

Pump is an equipment to move the fluid from one place to another place through a piping system by adding energy into the fluid that is transferred and goes on continuously. In hydro power plant system, pump is located in auxiliary system, one of them is dewatering pump. The function of dewatering pump is to keep the water level at the leaking water outlet of the turbine. Pump has important parts, one of which is a mechanical seal. The function of mechanical seal as a fluid blocker to avoid entering the motor. To keep the reliability of pump in operation, it is need to be held regular maintenance. Because failures pump can be damage to power plant system.

Keywords: pump, mechanical seal, maintenance.

I. PENDAHULUAN

Pompa merupakan suatu komponen yang penting dalam industri, terutama dalam bidang industri pembangkitan. Dalam pembangkitan, pompa termasuk dalam area *auxiliary*. Pompa memiliki berbagai macam fungsi, salah satunya adalah penggunaan pompa untuk *dewatering*.

Pada pembangkit listrik tenaga air, pompa *dewatering* memiliki fungsi untuk menguras air bocoran yang berasal dari turbin supaya tidak memenuhi *sumpit*. Pada PLTA Sidorejo terdapat dua pompa *dewatering*, yaitu *normal dewatering pump* dan *emergency dewatering pump*. *Normal dewatering pump* memiliki ukuran lebih kecil daripada *emergency dewatering pump*.

Pada PLTA Sidorejo terjadi gangguan pada *emergency dewatering pump*. Debit air yang berlebih mengakibatkan *normal dewatering pump* tidak mampu memompa air ke *tailrace* sehingga *emergency dewatering pump* harusnya beroperasi. Kenyataan dilapangan *emergency dewatering pump* tidak bisa beroperasi dengan semestinya dikarenakan adanya gangguan.

Macetnya *emergency dewatering pump* mengakibatkan air pada *sumpit* meluber dan melebihi kapasitas *sumpit*, sehingga air meluap hingga ruang generator dan panel yang menyebabkan ruang tersebut terendam air. Kejadian seperti ini baru pertama kali terjadi dan menjadi kecelakaan kerja paling fatal.

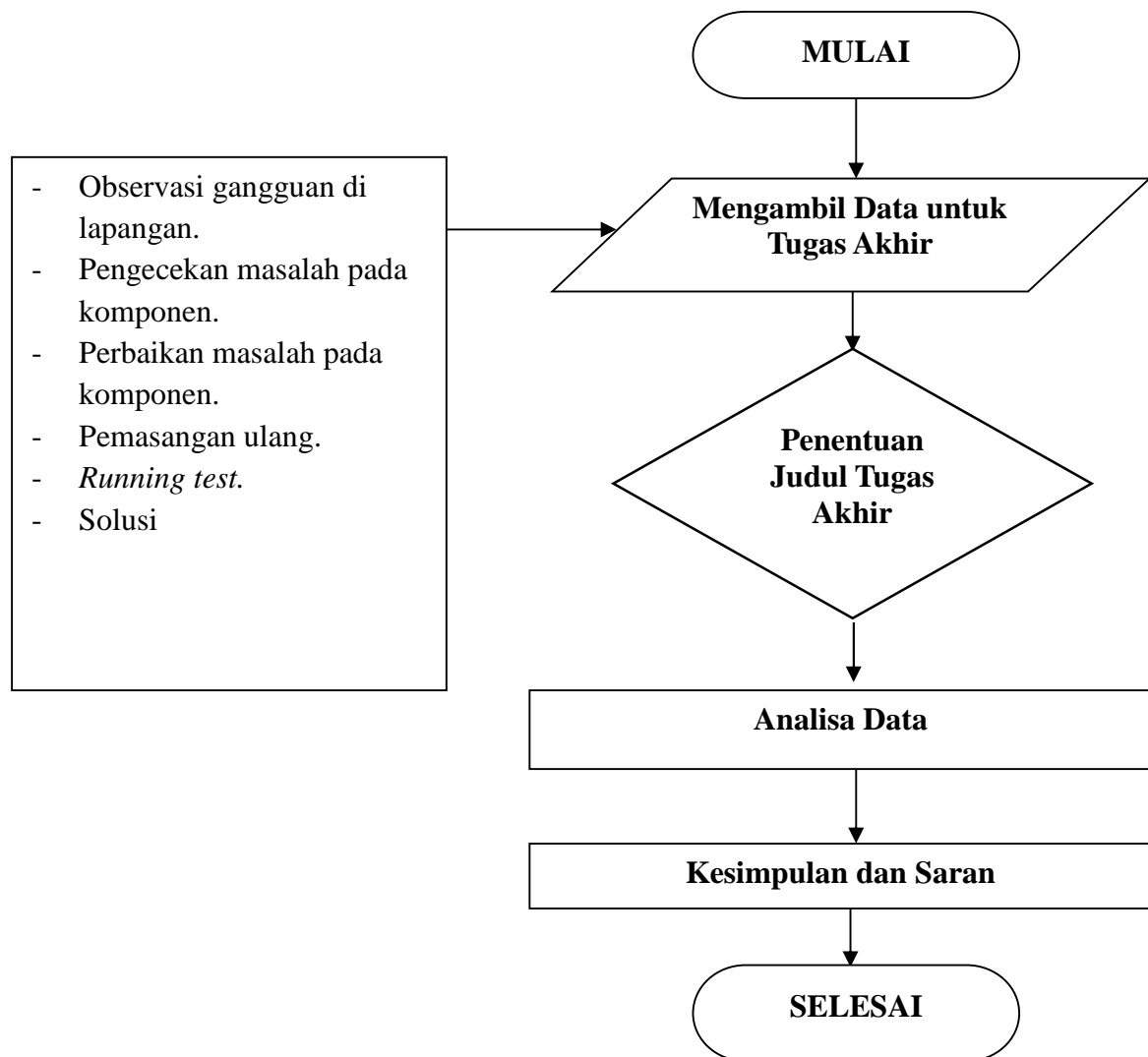
Setelah diadakan observasi dan investigasi lapangan, penyebab macetnya *emergency dewatering pump* dikarenakan umur *mechanical seal* yang telah kadaluarsa. Kadaluarsa yang dimaksud disini adalah matinya tingkat elastisitas *mechanical seal*.

Berdasarkan kejadian yang terjadi di lapangan yaitu kerusakan pada *emergency dewatering pump*, maka penulisan laporan ini bertujuan untuk menganalisa kerusakan *mechanical seal* pada *emergency dewatering pump* berdasarkan diagram fishbone, penghitungan umur, dan kehandalan *mechanical seal*.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

Metode penelitian merupakan proses mendapatkan data yang digunakan untuk analisis teoritis yang diperlukan. Secara sistematis langkah-langkah penelitian sebagaimana Gambar.1



Gambar.1 Diagram Alir Metode Penelitian

2.2 Observasi

Pada tanggal 27 februari terjadi gangguan yang cukup fatal dan mengakibatkan PLTA Sidorejo harus menghentikan operasi. Gangguan fatal tersebut adalah banjir pada area limbah turbin dengan debit yang cukup banyak. Air mengalami peningkatan secara cepat dan menyebabkan ruang turbin, area generator dan area panel terendam.

Gangguan banjir tersebut berakibat fatal, karena harus menghentikan operasi pembangkit. Hal yang pertama dilakukan adalah dengan menutup intake gate. Setelah intake gate ditutup, dilakukan pembuangan air pada tailrace dan ruang turbin. Langkah selanjutnya adalah dilakukan pengurusan air banjir yang merendam area limbah turbin dan area generator dengan menggunakan pompa bantuan.

Tahap awal pengurusan air ini dilakukan pada area limbah turbin. Pengurusan air dilakukan dengan pompa dan mengalirkan fluida langsung ke lubang *sumpit*. Sebelumnya area *sumpit* harus kosong terlebih dahulu, karena fluida yang akan dialirkan dalam debit yang cukup besar.

Pada area limbah turbin terdapat dua buah pompa untuk *dewatering* dan pompa yang digunakan adalah jenis pompa sentrifugal. Dua buah pompa tersebut, yaitu *normal dewatering pump* dan *emergency dewatering pump*. Pompa *dewatering* berfungsi sebagai pembuang air bocoran turbin menuju ke *sumpit* dan berakhir di tailrace. Pompa ini bekerja secara otomatis ketika permukaan air meningkat dan menyentuh batas kerja *normal dewatering pump*, maka pompa akan bekerja. Apabila tingkat permukaan air terus meningkat dan melebihi batas kerja *normal dewatering pump*, maka pada batas titik yang telah

ditentukan, *emergency dewatering pump* akan bekerja. *Emergency dewatering pump* memiliki daya dan kekuatan hisap lebih besar daripada *normal dewatering pump*.

Pada waktu pembangkit beroperasi, terjadinya bocoran dari turbin adalah hal yang normal terjadi. Air limpahan dengan debit tertentu dan air jatuh ke area limbah turbin yang kemudian dihisap oleh *dewatering pump*. Sebelum terjadinya gangguan, diperkirakan *normal dewatering pump* bekerja dengan semestinya, tetapi karena debit air yang terus meningkat maka *normal dewatering pump* pun berhenti bekerja karena tidak mampu. Pada titik inilah tugas dari *emergency dewatering pump* untuk bekerja, tetapi terjadi gangguan pada pompa tersebut yang tidak diketahui sebelumnya oleh para teknisi, sehingga pompa tidak bisa bekerja bahkan hingga berhenti dan secara bersamaan debit air terus meningkat dan merendam *normal dewatering pump*. *Normal dewatering pump* mengalami *short* karena motor yang terendam oleh air. Seiring dengan gangguan yang terjadi pada *emergency dewatering pump*, permukaan air terus meningkat melebihi batas kerja *emergency dewatering pump* dan merendam pompa tersebut. *Emergency dewatering pump* juga mengalami *short* karena motor yang terendam oleh air.

Salah satu langkah yang dilakukan untuk menanggulangi banjir pada area limbah turbin adalah dengan pengurasan air dengan pompa bantuan. Air banjir pada area limbah turbin dihisap oleh pompa bantu dan langsung dialirkan melalui lubang *sumpit* kemudian dibuang ke tailrace.

Banjir yang terjadi tidak hanya sampai pada area limbah turbin, tetapi air juga telah merendam area generator dan area panel. Generator yang dimiliki oleh PLTA Sidorejo ini memiliki kemampuan menghasilkan listrik sebesar 1,2 Megawatt. Gangguan tersebut mengakibatkan, generator *short* dan tidak bisa beroperasi, berimbas ke berhentinya operasi pembangkit.

2.3 Identifikasi Akibat Kegagalan

Terjadinya suatu gangguan pada asset dalam industri adalah suatu masalah yang harus segera diambil tindakan atau diatasi sesegera mungkin. Setiap peralatan yang berada sistem saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Apabila terdapat peralatan yang mengalami gangguan, maka kegiatan industri atau kegiatan produksi dapat terhenti beberapa waktu dan mengakibatkan beberapa kerugian, salah satunya dalam bidang materi atau biaya.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam *maintenance* adalah mengidentifikasi akibat terjadinya kegagalan pada suatu peralatan. Metode identifikasi ini perlu dilakukan karena berkaitan dengan tindakan eksekusi terhadap peralatan dan cara mengatasi untuk kedepannya. Proses identifikasi ini akan menunjukkan penyebab – penyebab utama kegagalan. Sebagian dari hasil pengkajian tersebut akan menunjukkan efektifitas dari program pemeliharaan yang berjalan.^[4]

Melihat kasus yang terjadi dilapangan, perlu juga dilakukan pengkajian lebih lanjut terhadap *emergency dewatering pump*. Terkait dengan pemeliharaan asset, tidak hanya berfokus pada titik kerusakan, tetapi juga harus melihat faktor – faktor penunjang terjadinya kerusakan tersebut. Jika melihat kasus yang terjadi diatas, maka ada beberapa faktor yang perlu dianalisis, seperti kegagalan secara mekanik atau kegagalan secara kimiawi.

2.4 Menentukan Laju Kegagalan, MTBF, dan Reliability

Laju kegagalan dan MTBF adalah hal penting untuk menentukan nilai kehandalan suatu alat. Untuk menentukan nilai laju kegagalan dapat dilakukan melalui persamaan berikut:

$$\lambda = \frac{\text{Number of Failure}}{\text{Total Operating Hours}} \quad \text{[Persamaan 1]}$$

Sementara untuk menentukan Mean Time Between Failure (MTBF) dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

$$MTBF = \frac{\text{Total Operating Hours}}{\text{Number of Failure}} \quad \text{atau} \quad MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad \text{[Persamaan 2]}$$

Setelah Laju kegagalan dan MTBF diketahui, Reliability dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

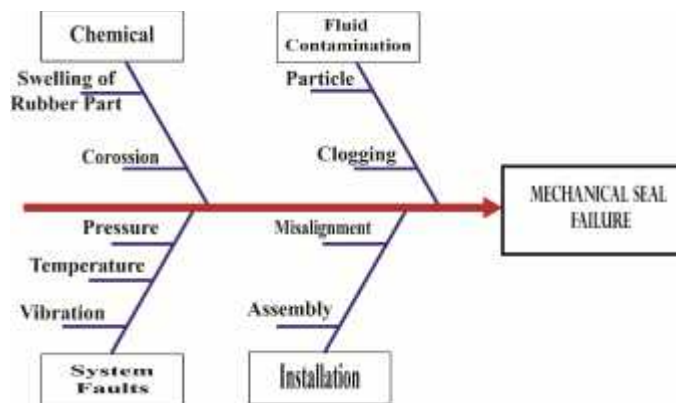
$$R(t) = e^{-(Failure\ Rate)(Total\ Waktu\ Operasi)}$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

[Persamaan 3]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa *Fish Bone* Diagram



Gambar.2 *Fish Bone* Diagram

3.1.1 *Chemical*

➤ *Swelling of Rubber Part*

Swelling of Rubber part atau pembengkakan pada bagian karet adalah peningkatan volume dan penurunan hardness pada mekanik seal karena penyerapan pelarut. Peningkatan volume bergantung pada tipe dan tingkat karet, jenis dan konsentrasi pelarut dengan suhu tinggi dan waktu terpaparnya.^[1]

➤ *Corrosion*

Corrosion atau korosi adalah peristiwa dimana terjadinya deformasi material pada karena pengaruh kimia suatu fluida. Fluida tersebut mempunyai struktur kimia yang bersifat mereduksi zat lain. Pada umumnya, material *seal ring* terbuat dari material komposit. Untuk mencegah korosi, seluruh bagian dari *seal ring* harus bersifat tahan terhadap fluida yang dipompakan.^[1]

3.1.2 *Fluid Contamination*

➤ *Particles and Deposits*

Sejumlah kecil dari partikel berat pada *seal faces* dapat meningkatkan keausan, terutama pada saat menggunakan pencocokan *hard/soft seal face*.

Dalam beberapa kasus, sejumlah partikel berat terjepit diantara bagian *soft seal ring*. Kotoran yang berada pada *seal faces* menyebabkan kebocoran yang sangat tinggi secara permanen atau hingga kotoran terpecah dan terbawa arus fluida.^[2]

➤ *Clogging*

Clogging atau penyumbatan pada mechanical seal dapat terjadi karena beberapa faktor, salah satunya adalah medium yang di pompakan memiliki viskositas yang cukup tinggi atau tergantung pada serat partikel yang mungkin cukup besar.

Seal dapat mengalami kegagalan karena terperangkapnya atau menyatunya partikel – partikel fluida di *springs*, *seal driver* atau *O-rings*. Tingkat sedimentasi dipengaruhi oleh medium yang dipompakan dan kondisi aliran disekitar *seal*. Sedimentasi yang terjadi pada metal *shaft seal* dapat menghalangi atau mengemblok gaya axial *springs*. Sedimentasi ini terjadi saat pompa beroperasi, ketika tingkat sedimentasi bertambah dan pada saat yang bersamaan *spring* mengalami tekanan dari fluida, hal ini dapat mengakibatkan tekanan mekanik berlebih pada komponen seal atau kegagalan karena menurunnya pelumasan.^[2]

3.1.3 *System Faults*

➤ **Pressure**

Tekanan yang dipompa disisi seal harus berada dalam batasan yang sesuai desain, material dan media yang di pompa. Ketika tekanan media yang di pompa pada shaft seal melebihi level tekanan yang di desain, berbagai kegagalan mungkin terjadi, gesekan antara seal ring kemungkinan meningkatkan dan menyebabkan kerusakan yang disebabkan gaya gesek pada seal. Jika temperatur mendekati batas operasi maksimum dari seal, material rubber menjadi lebih soft dan rentan terhadap ekstrusi.

➤ **Temperature**

Salah satu penyebab kegagalan mechanical seal adalah pemanasan yang berlebih dan kekurangan pelumasan terjadi secara bersamaan. Pemanasan yang berlebih ini dapat kita lihat di sekeliling permukaan adanya bekas hangus. Jika tidak ditangani dengan baik, maka dari permukaan yang hangus tadi akan muncul retakan baru akibat pemanasan yang berlebih. Retakan mulai muncul dari permukaan yang hangus tersebut. Ini biasa terjadi pada logam padat dimana tidak diberikan toleransi untuk ekspansi sehingga terjadi retakan.

➤ **Vibration**

Vibrasi mekanik menghasilkan gaya yang lebih tinggi pada setiap part mechanical shaft seal. Akibat keausan pada semua part, seal ring terkelupas dan kemungkinan pembukaan sealing gap. Vibrasi dapat dihasilkan dari gesekan antara seal face jika kondisi operasi terlampaui. Selain itu, vibrasi sering dikaitkan dengan bearing aus.

3.1.4 *Installation Failure*

➤ **Misalignment**

Posisi dan lebar keausan pada seat mengindikasikan berbagai masalah. Jika lebar keausan pada seat mencerminkan pergeseran berkebalikan dengan seal ring, shaft seal tampaknya segaris maka tidak ada run-out shaft. Jika *sliding face* pada seat lebih lebar daripada perputaran *sliding face*, maka indikasi *run-out shaft*. Hal ini juga dapat dilihat jika untuk beberapa alasan ada putaran unbalance. Jika seal diinstal tidak paralel antara satu dengan yang lain, maka permukaan yang bergerak akan membentuk sudut juga dengan mechanical seal sehingga menyebabkan aus pada permukaan yang bergerak tersebut. Untuk mencegah hal ini terjadi, pastikan mechanical seal diinstal dengan baik. Keausan pada dynamic O-ring, jika seat O-ring dimiringkan. Keausan pada dynamic O-ring diikuti goresan axial pada *inner surface*.^[5]

➤ **Assembly**

Salah satu penyebab kebocoran mechanical seal dilapangan selama ini adalah membuka atau terpisahnya seal face dengan kata lain mechanical seal kehilangan kompresi. Dimana mechanical seal dipasang pada rotating equipment, pergerakan axial shaft tidak boleh melebihi fleksibilitas shaft seal. Pergerakan axial shaft melebihi fleksibilitas yang diizinkan pada rotating part mechanical shaft seal kemungkinan besar menyebabkan keausan pada seal ring atau kerusakan permanen pada part shaft seal. Pergerakan axial shaft pompa dipengaruhi oleh penyetelan impeller yang dilakukan setelah mechanical seal terpasang di shaft.

3.2 Perbandingan Pemeriksaan Mechanical Seal

Tabel.1 Perbandingan History Maintenance Mechanical Seal

HISTORY MAINTENANCE			
Equipment	Part	Date	
		September 2009 - April 2013	Mei 2013 - Februari 2017
Emergency Dewatering Pump	Mechanical Seal	Pemasangan Baru	Pemasangan Baru
		Terjadi Kebocoran	Terjadi Kebocoran
		Terjadi Kebocoran	Beberapa Titik mengalami Korosi
		Aus dan Terjadi Kebocoran	Misalignment dan terjadi kebocoran
		Aus dan Mechanical Seal Mati	Aus dan Mechanical Seal Mati

Lifetime	43 Bulan	45 Bulan
Percentage	89,58%	93,75%

Dari tabel data perbandingan *Annual Inspection* diatas, pada record mechanical seal kedua ditemukan beberapa kasus yang tidak terjadi pada record mechanical seal pertama. Beberapa kasus tersebut adalah beberapa titik mengalami korosi dan misalignment pada poros. Kejadian tersebut tidak terjadi secara bersamaan. Saat mengalami korosi terjadi pada *Annual Inspection* kedua di bulan september 2015, sedangkan misalignment terjadi pada *Annual Inspection* ketiga di bulan september 2016.

3.3 Penghitungan Reliability Mechanical Seal

Part : Mechanical Seal

Period : 2009 – 2013

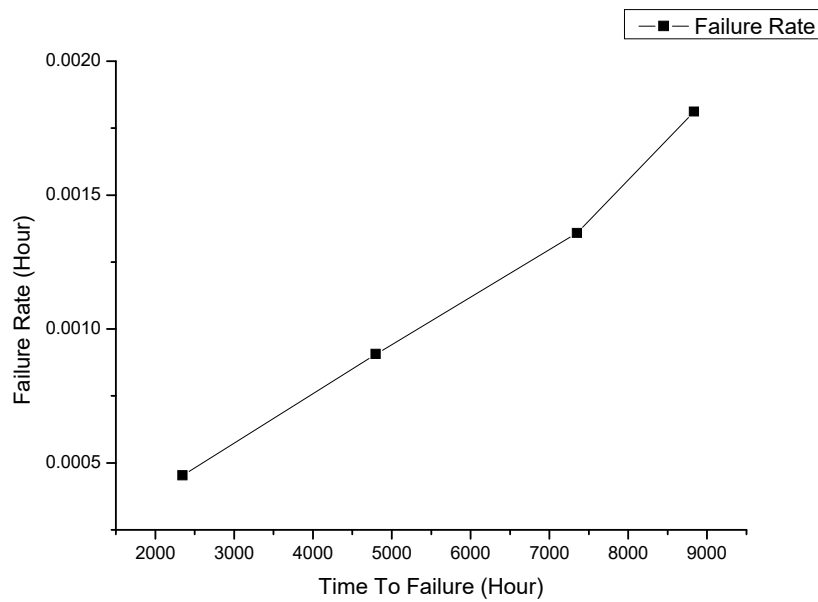
Tabel.2 Perhitungan Reliability Mechanical Seal Periode 2009-2013

Fail	Time To Failure	Time To Repair	d(t)	Failure Rate	Mean Time To Failure	Mean Time To Repair	Mean Time Between Failure	Up Time	Reliability
1	2345	120	1	0.000452796	883.4	78	2130.5	7950.6	0.9
2	4795	192	1	0.000905592					
3	7350	240	1	0.001358388					
4	8834	312	1	0.001811184					

MTTF : Mean Time To Failure

MTTR: Mean Time To Repair

MTBF: Mean Time Between Failure

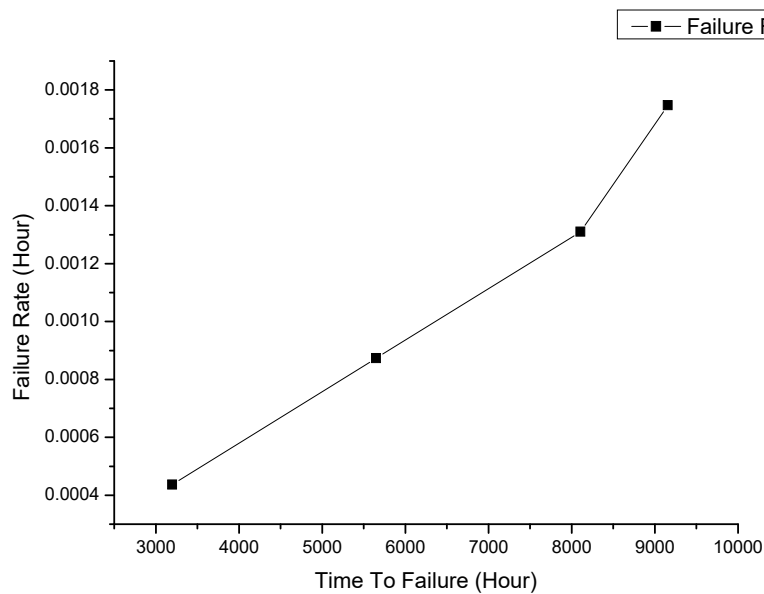


Gambar.3 Laju Kegagalan Mechanical Seal Periode 2009-2013

Part : Mechanical Seal
Period : 2013 – 2017

Tabel.3 Perhitungan Reliability Mechanical Seal Periode 2013-2017

Fail	Time To Failure	Time To Repair	d(t)	Failure Rate	Mean Time To Failure	Mean Time To Repair	Mean Time Between Failure	Up Time	Reliability
1	3199	120	1	0.000436872	915.6	96	2193	8240.4	0.9
2	5649	144	1	0.000873744					
3	8106	216	1	0.001310616					
4	9156	384	1	0.001747488					



Gambar.4 Laju Kegagalan Mechanical Seal Periode 2013-2017

IV. KESIMPULAN

1. Jika dilihat dari analisa fishbone, kegagalan mechanical seal disebabkan oleh beberapa faktor seperti korosi, misalignment, dan assembly.
2. Dari beberapa analisa fishbone, kerusakan mechanical seal secara spesifik belum dapat ditentukan karena kekurangan data tekanan dan data vibrasi secara aktual.
3. Berdasarkan hasil perhitungan dari data yang ada, diketahui untuk mechanical seal 1 mempunyai lifetime sebesar 89,5% (43 bulan) dan Reliability sebesar 0,9. Sedangkan untuk mechanical seal 2 mempunyai lifetime sebesar 93,75% (45 bulan) dan Reliability sebesar 0,9. Sehingga kecil kemungkinan rusaknya mechanical seal dikarenakan oleh segi umur dan kehandalan.
4. Berdasarkan grafik 3 dan 4, dapat disimpulkan bahwa nilai laju kegagalan tidak mengalami perbedaan yang cukup jauh. Nilai kedua grafik tersebut berada pada titik 0,00174 dan 0,00181. Nilai tersebut sesuai dengan umur mechanical seal, yaitu sekitar 40-46 bulan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Grundfos literature, Grundfos Management, *Mechanical shaft seals for pumps*, 2009.
- [2] Grundfos Data Booklet, Grundfos Management, *Shaft seals*.
- [3] Wijaya Rudy, John Crane Indonesia, Landasan Teori *Mechanical Seals*, 2005.
- [4] Aulia Winandi, *Reliability Centered Maintenance*, 2012
- [5] Hendra Kristanto, Djoko Wahyudi, M Fathuddin Noor, Analisa Kegagalan *Mechanical Seal Booster Pump* dan *Bearing Temperature High* pada BFP PLTU Paiton Unit 9, 2014.
- [6] Cecep Slamet Abadi, MT., *Failure Analysis Indicators Presentation*.
- [7] Budi Listiyono, Menentukan Laju Kerusakan Pada Pompa Dengan Menggunakan Metode FMEA dan RCM, 2007.

87. APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN BAYU (PLTSB) DI PT BADAK NGL

Cintya Melinda Joni¹

PT Badak NGL, PC VI C 038 D Komplek PT Badak NGL, Bontang, +6281510122256,
cintya.melinda@gmail.com,

Abstrak

Seiring berjalannya waktu, pemanfaatan Sumber Energi Tidak Terbarukan, seperti batubara, gas alam, dan minyak bumi, sebagai komoditi utama pembangkitan energi mulai mengalami kelangkaan. Di samping itu, penggunaannya juga berdampak buruk pada lingkungan, seperti adanya ancaman limbah, emisi gas rumah kaca, kerusakan situs dsb. Hal ini menimbulkan kesadaran akan optimalisasi penggunaan Sumber Energi Terbarukan sebagai sumber energi yang dapat dijamin keberlangsungannya.

Selain untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi tidak terbarukan, hadirnya Energi Terbarukan ini merupakan solusi bagi negara-negara yang memiliki rasio elektrifikasi rendah seperti Indonesia. Penggunaan Energi Terbarukan yang dapat diaplikasikan secara individual (grid) maupun kolektif (non-grid) juga dapat menjadi solusi bagi daerah pelosok yang sulit dijangkau oleh saluran distribusi.

PT Badak NGL sebagai perusahaan penghasil Liquefied Natural Gas (LNG) yang peduli terhadap lingkungan, berencana untuk mengaplikasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Bayu (PLTSB) yang merupakan hasil integrasi antara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Sesuai dengan target kebutuhan daya, PLTSB ini akan memproduksi listrik sebesar 1.3 kW dengan komposisi 80% dari PLTS dan 20% dari PLTB. Desain PLTSB akan disesuaikan dengan kondisi geografis di Bontang baik dari segi penyinaran matahari maupun kecepatan dan arah angin di lokasi yang sudah ditentukan. PLTSB ini akan diberikan sistem kontrol untuk mengatur waktu suplai dari PLTB dan PLTS sehingga penggunaan baterai akan lebih optimal.

Kata Kunci: PLTS, PLTB, Surya, Angin, Energi Terbarukan

Abstract

As the time goes by, Non-Renewable Energy, such as coal, natural gas, and crude oil, as the main commodity energy generation has begun to experience scarcity. In the other hand, it usage will give bad impact to environment such as the threat of waste, greenhouse gas emission, site damage, etc. It raises awareness to use Renewable Energy Sources optimally as an energy source that can be guaranteed for its sustainability.

Besides to reduce the dependency to Non-Renewable Energy, the presence of Renewable Energy has become a solution for countries with low electrification ratio like Indonesia. The usage of Renewable Energy that can be applied individually (grid) and collectively (non-grid) has become a solution for remote area which difficult to reach by distribution line.

PT Badak NGL as a Liquefied Natural Gas (LNG) producer that cares about environmental issues, plans to apply Solar Cell & Wind Turbine Power Plant which is a result of integrated Solar Power Plant and Wind Turbine Power Plant. Based on target power requirement, this power plant will produce electricity of 1.3 kW with composition 80 % from Solar Power Plant and 20 % from Wind Turbine Power Plant. The design of this power plant will be adjusted based on geographic condition of Bontang, both in irradiation of the sun and wind speed and direction in a pre-determined location. This power plant will be given a control system to manage supply time from Solar Power Plant and Wind Turbine Power Plant, so the usage of the battery will be more optimal.

Keywords: Solar Power Plant, Wind Turbine Power Plant, Solar, Wind, Renewable Energy

I. PENDAHULUAN

Latar belakang

Sumber Daya Energi Tidak Terbarukan sudah menjadi bagian dari kehidupan manusia selama hampir lebih dari 200 tahun terakhir. Kegunaannya sebagai bahan bakar kendaraan hingga untuk menghasilkan listrik membuatnya menjadi salah satu factor penting dalam kehidupan manusia. Namun di sisi lain, pemrosesan dan penggunaannya secara massal menimbulkan efek yang dapat membahayakan bagi manusia maupun alam. Hal ini semakin membuat para ahli maupun perusahaan – perusahaan besar di

Indonesia mengembangkan potensi dari Sumber Daya Energi Terbarukan, seperti angin dan panas matahari, yang lebih ramah lingkungan.

PT Badak NGL, salah satu perusahaan yang bergerak di bidang migas dan beroperasi di Bontang, melihat adanya potensi untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Bayu (PLTSB) yang akan menggunakan panas matahari dan angin sebagai sumber daya energy terbarukan. Kombinasi dua sumber energy ini diharapkan dapat menghasilkan sistem pembangkit listrik yang terjamin keberlangsungannya dan tidak bersifat intermiten.

II. TUJUAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menghasilkan sebuah kajian bagaimana sebuah sistem pembangkit l. Tujuan lainnya yaitu :

- 2.1 Menganalisis hasil pengukuran kecepatan angin dan matahari untuk menentukan lokasi PLTSB.
- 2.2 Menganalisis pemilihan komponen sistem PLTSB dan pembangkitan energinya.
- 2.3 Menentukan Pengaturan Suplai daya dari masing – masing komponen PLTSB.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pertama kali adalah menentukan lokasi PLTSB dengan pengukuran kecepatan angin dan iradiansi, setelah lokasi ditentukan, akan dilakukan pemilihan komponen sistem PLTSB serta analisis pembangkitan energinya berdasarkan profil kecepatan angin yang didapatkan dari pengukuran. Selanjutnya langkah terakhir adalah analisis optimasi kapasistas komponen sistem PLTSB. Dalam studi PLTSB ini PT Badak NGL bekerja sama dengan LAPI ITB.

) Pengukuran Kecepatan Angin & Iradiansi

Pengukuran Kecepatan Angin & Iradiansi ini dilakukan di 3 lokasi potensial yaitu di area Fire Training Ground, Gedung Badak LNG Learning Centre, dan Fire Station.



Gambar 3.1. Kiri-Kanan : Fire Training Ground, Fire Station, Badak LNG Learning Centre

Di masing – masing tempat, pengukuran dilakukan dengan alat pengukur yaitu Davis Vantage Pro 2 Weather Station milik LAPI ITB yang dapat menghasilkan data profil iradiansi dan kecepatan angin. Untuk level iradiansi, ketiga lokasi tersebut potensial untuk dipasang solar panel karena level iradiansi yang mencapai lebih dari 4kWh/m^2 .

Sedangkan untuk kecepatan angin dilakukan pengukuran di 3 – 4 ketinggian berbeda pada masing – masing lokasi. Untuk mendapatkan ketinggian berbeda digunakan alat bantu *hi-ranger*. Pengukuran ini dilakukan selama 3 hari 2 malam untuk masing – masing lokasi. Rata – rata kecepatan angin pada titik tertinggi, yaitu 20 meter, masing – masing lokasi terdapat pada tabel berikut :

Fire Training Ground	Fire Station	Badak LNG Learning Centre
3,13 m/s	3,05 m/s	1,62 m/s

Tabel 3.1. Rata – Rata Kecepatan Angin di 3 Lokasi

Pertimbangan penentuan lokasi ditentukan oleh beberapa faktor yaitu :

1. Lokasi tersebut memiliki kecepatan angin yang memenuhi kebutuhan turbin angin, yaitu > 3 m/s untuk memutar turbin angin dan rata – rata minimal 2,5 m/s untuk menjaga putaran turbin angin.
2. Lokasi tersebut memiliki lahan yang cukup untuk pemasangan turbin angin serta solar panel.
3. Pada lokasi tersebut tidak terdapat obyek – obyek yang berpotensi mengganggu aliran angin. Adapun *rule of thumb* yang harus diikuti adalah bagian ujung paling bawah blade dari turbin angin harus terpasang minimal 9,1 meter lebih tinggi dari obyek yang ada disekitarnya.
4. Di sekitar lokasi tersebut ada beban yang dapat disuplai oleh PLTSB serta ruang yang cukup untuk menyimpan komponen – komponen sistem PLTSB.

Analisis kelayakan ketiga tempat :

1. Fire Training Ground
Lokasi ini memenuhi syarat dikarenakan tidak terdapat banyak vegetasi, adanya bangunan yang dapat dijadikan beban listrik, serta kecepatan angin yang memenuhi.
2. Fire Station
Lokasi ini juga memenuhi syarat dari segi kecepatan angin serta ketersediaan beban listrik, namun dibandingkan dengan Fire Training Ground, lokasi ini memiliki lebih banyak vegetasi berupa pohon – pohon berketinggian 5 – 10 meter.
3. Badak LNG Learning Centre
Lokasi ini tidak memenuhi syarat dikarenakan kecepatan angin yang kurang dari 2,5 meter serta terdapat lebih banyak vegetasi berupa pohon setinggi lebih dari 10 meter.

Oleh karena itu, lokasi paling potensial untuk pemasangan PLTSB adalah Fire Training Ground.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Estimasi Profil Angin

Wind Profile Power Law merupakan suatu hukum yang menjelaskan hubungan antara kecepatan angin dengan ketinggian lokasi tertentu. Hukum ini sering digunakan untuk mengestimasi kecepatan angin di ketinggian pemasangan turbin angin (sekitar 50 meter) dengan menggunakan informasi kecepatan angin di ketinggian referensi (sekitar 10 meter). Berdasarkan *wind profile law*, hubungan kecepatan angin dengan ketinggian memenuhi persamaan berikut :

$$\frac{u}{u_r} = \left(\frac{z}{z_r} \right)^\alpha \quad \text{[Persamaan 4.1]}$$

Dimana, U = kecepatan angina (m/s)
 Ur = kecepatan angina yang telah diketahui (m/s)
 Z = ketinggian yang akan diestimasi (m)
 Zr = ketinggian referensi (m)
 = koefisien yang dapat diestimasi dari hasil pengukuran kecepatan angin pada beberapa ketinggian

Pada praktiknya, untuk lokasi yang memiliki banyak vegetasi maupun bangunan pada ketinggian pengukuran kecepatan angin, penentuan hubungan kecepatan angin terhadap ketinggian disarankan menggunakan log wind profile karena profil angin di permukaan pada umumnya lebih cocok digambarkan dengan persamaan dalam log wind profile yang secara spesifik turut memperhitungkan stabilitas atmosfer dan kondisi kekasaran permukaan bumi. Ada pun persamaan untuk estimasi kecepatan angin menggunakan *log wind profile* adalah sebagai berikut :

$$u_z = \frac{u_s}{\kappa} \left[\ln \frac{(z - d)}{z_0} + \psi(z, z_0, L) \right]$$

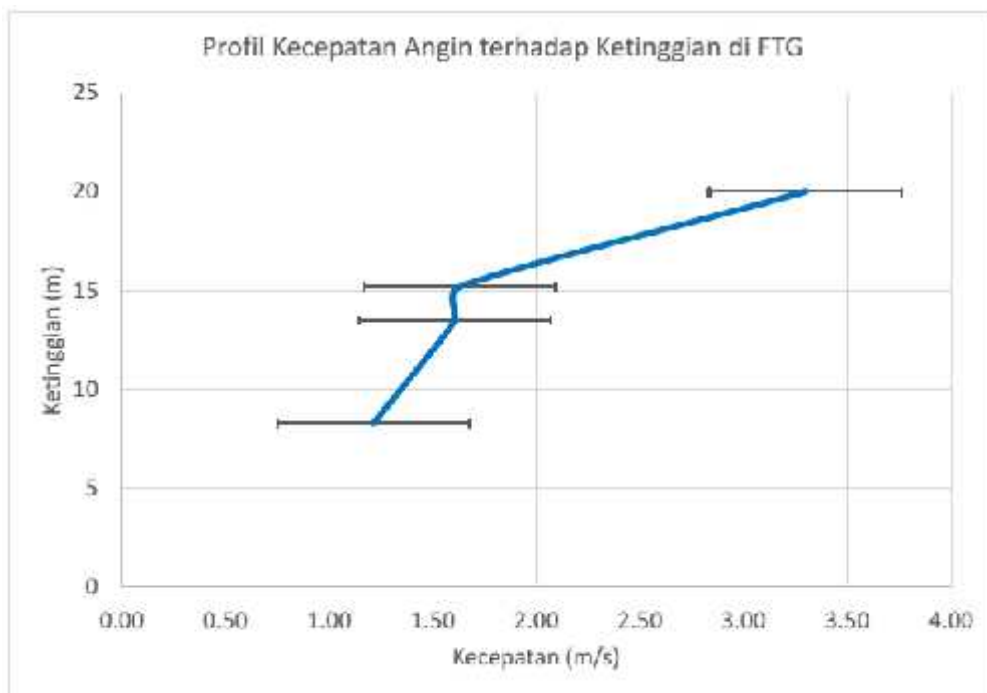
[Persamaan 4.2]

Dimana, U_z = kecepatan angin yang akan diestimasi
 U^*/k = konstanta ketinggian pada sebuah lokasi

ψ = *stability term* yang nilainya akan berubah bila kestabilan titiknya berubah

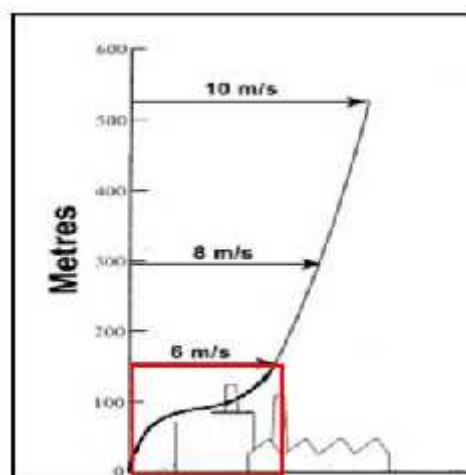
2. Pemodelan Estimasi Profil Angin

Data kecepatan angin yang dianalisa diperoleh dari pengukuran yang dilakukan di *Fire Training Ground* yang ditentukan sebagai lokasi potensial pemasangan menara turbin angin.



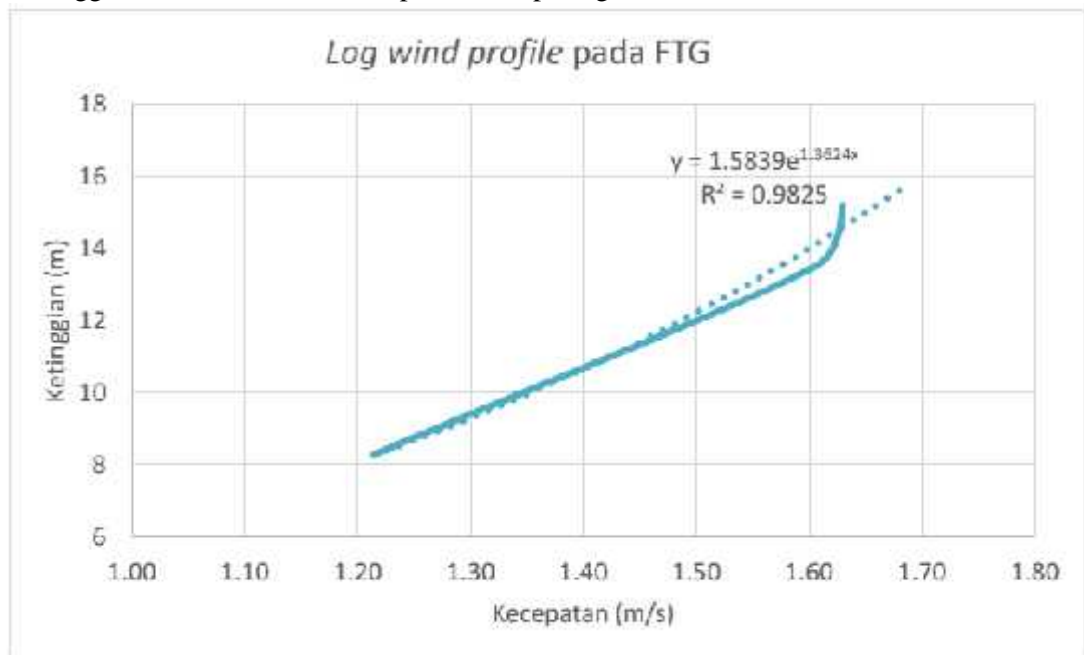
Grafik 4.1. Profil Kecepatan Angin dan Ketinggian di FTG

Grafik 4.1 menunjukkan profil kecepatan angin terhadap beberapa ketinggian di lokasi FTG. Pada grafik dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan profil kecepatan angin pada dua kondisi, yaitu kondisi pengukuran di bawah ketinggian 20 meter dan kondisi pengukuran di ketinggian 20 meter. Berdasarkan observasi kondisi lokasi pengukuran, disimpulkan bahwa pengukuran kecepatan angin di bawah 20 meter dipengaruhi oleh konstruksi menara yang mengganggu pergerakan angin. Sementara tidak ada gangguan untuk kondisi pengukuran di ketinggian 20 meter.



Grafik 4.2. Profil Kecepatan Angin pada Lokasi dengan Vegetasi dan Bangunan

Maka, pada analisis kecepatan angin di FTG akan dilakukan pemodelan pada profil kecepatan angin terukur diketinggian di bawah 20 meter dikarenakan data yang variasi angin yang dapat terukur terdapat pada ketinggian tersebut. Selanjutnya, pemodelan tersebut akan diterapkan untuk mengestimasi kecepatan angin pada ketinggian yang lebih tinggi. Adapun plot profil kecepatan angin pada ketinggian di bawah 20 meter dapat terlihat pada grafik 4.3.



Grafik 4.3. Log Wind Profile untuk Kecepatan Angin di FTG

Dari model eksponensial yang ditunjukkan pada grafik 4.3, diturunkan model logaritmik profil kecepatan angin dalam bentuk persamaan *log wind profile* sebagai berikut :

$$u = \frac{\ln\left(\frac{z}{1,5839}\right)}{1,3624} \quad \text{[Persamaan 4.3]}$$

Model ini akan digunakan untuk mengestimasi kecepatan angin pada ketinggian yang lebih tinggi dari 20 meter. Namun, diketahui akan terjadi perubahan kestabilan pada ketinggian 20 meter karena gangguan angin berupa konstruksi menara. Model *log wind profile* untuk ketinggian 20 meter atau lebih dapat ditanyakan dalam persamaan berikut :

$$u = \frac{\ln\left(\frac{z}{1,5839}\right)}{1,3624} + 1,43869 \quad \text{[Persamaan 4.4]}$$

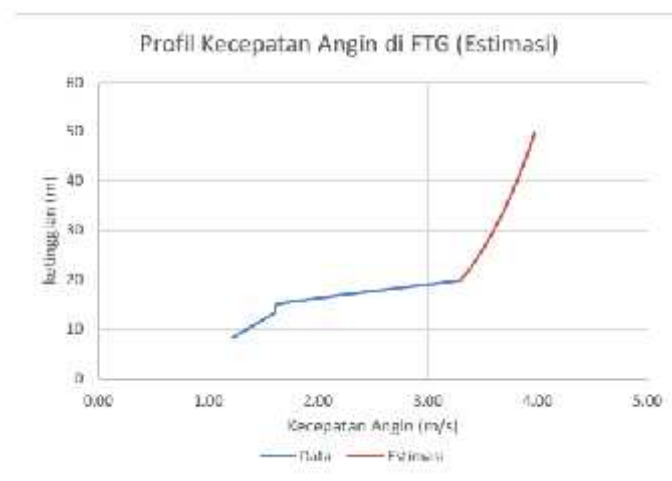
Dimana konstanta 1,43869 didapatkan dengan memasukkan di nilai u pada ketinggian 20 meter dan diumpamakan dalam bentuk 'x' terlebih dahulu. Sehingga didapatkan nilai x tersebut adalah 1,43869 yang merupakan nilai faktor perubahan kondisi pengukuran.

3. Hasil Estimasi Profil Angin di Atas 20 meter

Persamaan *log wind profile* 4.4 yang disesuaikan tersebut kemudian digunakan untuk mengestimasi kecepatan angin pada ketinggian di atas 20 meter. Hasil perhitungan estimasi kecepatan angin tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Ketinggian (m)	Estimasi Kecepatan Angin Rata – Rata (m/s)
20	3,3
22,5	3,386453
25	3,463787
27,5	3,533745
30	3,597611
32,5	3,656362
35	3,710757
37,5	3,761398
40	3,808769
42,5	3,853268
45	3,895222
47,5	3,934907
50	3,972556

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Estimasi Kecepatan Angin di Atas 20 m



Grafik 4.4. Profil Kecepatan Angin di FTG (Hasil Estimasi)

Tabel 4.1 dan Grafik 4.4 memperlihatkan hasil estimasi kecepatan angin pada ketinggian 20 – 50 meter dengan rentang ketinggian 2,5 meter. Dapat dilihat bahwa penambahan ketinggian akan berdampak pada penambahan kecepatan angin walaupun tidak signifikan. Dari model di atas, setiap penambahan 2,5 meter akan didapat penambahan kecepatan angin sebesar 0,08 m/s saja. Maka, dengan menambah ketinggian sebesar 2 kali lipat menjadi 40 meter hanya akan didapatkan kecepatan angin sebesar 3,8 m/s. Sedangkan pada ketinggian 50 meter akan didapatkan kecepatan angin mendekati 4 m/s.

4. Pemilihan Turbin Angin & Ketinggian Tower

Dari analisis terhadap ketinggian menunjukkan tidak adanya peningkatan kecepatan angin yang signifikan dengan bertambahnya ketinggian, sehingga daya pembangkitan tidak bisa dioptimalkan dengan kecepatan angin. Maka, yang menjadi perhatian dalam pemilihan turbin angin kali ini adalah blade yang digunakan dalam komponen turbin angin. Semakin besar ukuran blade, semakin besar pula daya yang dihasilkan sehingga turbin angin yang berukuran besar dapat menjadi pilihan untuk dipasang. Namun, semakin besar ukuran suatu turbin angin, semakin besar bebannya dan semakin susah berputar sehingga ukuran diameter blade yang sesuai beserta material yang digunakan harus diperhatikan agar turbin angin tetap dapat berputar meskipun kondisi kecepatan anginnya

rendah. Turbin angin yang telah dirancang agar dapat menghasilkan daya pada kecepatan angin rendah disebut juga *low-cutting wind turbine*. Jenis turbin ini memiliki *start-up speed* serta *cut-in speed* yang tergolong rendah. *Start-up speed* merupakan kecepatan angin minimal yang dibutuhkan turbin angin untuk berputar, sedangkan *cut-in speed* merupakan kecepatan angin minimal yang dibutuhkan turbin angin untuk mulai menghasilkan daya listrik. Turbin angin yang dipilih adalah turbin angin produksi Awing-International yang memiliki *start-up speed* sebesar 1 m/s dan *cut-in speed* sebesar 2 – 2,5 m/s. Ukuran diameter bladanya sebesar 2 meter. Berdasarkan hasil analisis ketinggian, kecepatan angin paling besar akan didapatkan pada ketinggian 50 meter. Untuk penentuan ketinggian tower yang akan dipasang, dilakukan analisis nilai keekonomisan yang menghasilkan ketinggian 25 meter sebagai ketinggian tower yang akan digunakan.

5. Estimasi Pembangkitan Energi dari Turbin Angin

Setelah menentukan model turbin angin yang sesuai dengan profil kecepatan angin di lokasi, dapat dilakukan estimasi besar pembangkitan listrik yang berasal dari angin. Besar energi yang dibangkitkan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p \quad \text{[Persamaan 4.5]}$$

Dimana, P = Daya yang dihasilkan (Watt)
 A = Luas permukaan (m²)
 ρ = Massa Jenis Udara (kg/m³)
 v = Kecepatan Angin (m/s)
 C_p = Efisiensi rata – rata turbin angin

Profil kecepatan angin kondisi normal dapat mencapai kecepatan rata – rata harian sebesar 4,36 m/s. Nilai profil angin ini dapat digunakan pada persamaan energi pembangkitan oleh turbin angin sehingga didapatkan besar pembangkitan energi setiap jam sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut :

Waktu	Energi dari Kecepatan Angin Rata – Rata (Wh)
00:00 – 07:00	0
08:00	39,15
09:00	46.85
10:00	92.79
11:00	63.78
12:00	40.60
13:00	47.93
14:00	82.68
15:00	83.79
16:00	67.32
17:00	23.26
18:00	11.57
19:00	11.04
20:00	16.76
21:00	12.42
22:00 – 23:00	0

Tabel 4.2. Profil Kecepatan Angin Maksimal dan Rata-Rata di FTG pada Ketinggian 25 m



Grafik 4.5. Plot Pembangkitan Energi Turbin Angin dengan Profil Kecepatan Angin Rata – Rata

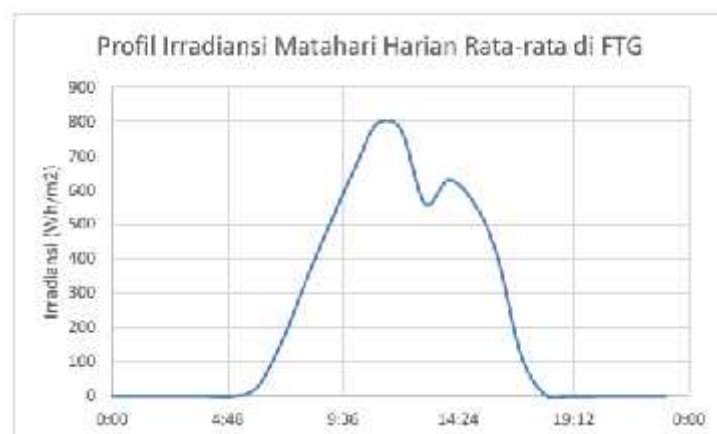
Pada grafik terlihat jika energi dari angin hanya dihasilkan antara pukul 8 pagi hingga 9 malam atau selama 14 jam dengan rentang nilai energi antara 0 – 0,09 kWh.

6. Pemilihan Panel Surya

Dengan kondisi ketersediaan matahari yang memadai di Bontang, khususnya di kawasan FTG PT Badak NGL, sumber energi matahari dapat dimanfaatkan sebaik mungkin dengan memaksimalkan pemasangan panel surya. Dengan potensi ini yang sangat besar maka panel surya yang dipilih adalah panel surya yang memiliki performansi paling baik. Hal ini dapat dilihat dari besarnya daya output pada kondisi *Standard Test Condition* atau STC (Irradiansi = 1000 W/m²). Sehingga dipilih panel surya *monocrystalline* dengan daya output 260 Watt pada kondisi STC dengan efisiensi maksimum sebesar 16 %.

7. Pemilihan Panel Surya

Setelah menentukan jenis panel surya yang akan dipakai, langkah selanjutnya adalah melakukan estimasi pembangkitan energi dari panel surya yang telah dipilih dengan irradiansi matahari yang tersedia di lokasi implementasi. Profil irradiansi matahari yang digunakan adalah rata – rata irradiansi matahari yang terukur di FTG selama 24 jam dalam waktu 3 hari.



Grafik 4.6. Profil Irradiansi Matahari Rata – Rata di FTG

Dari Grafik 4.6, dapat dilihat bahwa irradiansi matahari tersedia secara efektif dimulai pada pukul 9 pagi hingga 3 sore (selama 6 jam). Perhitungan daya pembangkitan dari panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{[Persamaan } P = I \times A \times \eta \text{]} \quad 4.6]$$

Dimana, P = Daya yang dihasilkan (Watt)
 I = Irradiansi Matahari (W/m^2)
 A = Luas Area per Panel Surya (m^2)
 η = Efisiensi Panel Surya

Panel surya yang dipilih memiliki luas area sebesar $1,6 m^2$ dengan efisiensi sebesar 16 %. Dengan memasukkan besar nilai irradiansi matahari setiap jamnya, didapatkan daya setiap jamnya (Watt-hour) sehingga dapat diperoleh besar energi pembangkitan hariannya dalam kWh.

Waktu	Irradiansi (Wh/m^2)	Energi ($Wh/panel$)
00:00 – 05:00	0	0
06:00	24,16	6,18
07:00	150,66	38,57
08:00	325,86	83,42
09:00	493,40	126,31
10:00	651,51	166,79
11:00	792,51	202,88
12:00	777,40	199,01
13:00	560,23	143,42
14:00	628,63	160,93
15:00	567,30	145,23
16:00	414,62	106,14
17:00	119,66	30,63
18:00	4,05	1,04
19:00-23:00	0	0

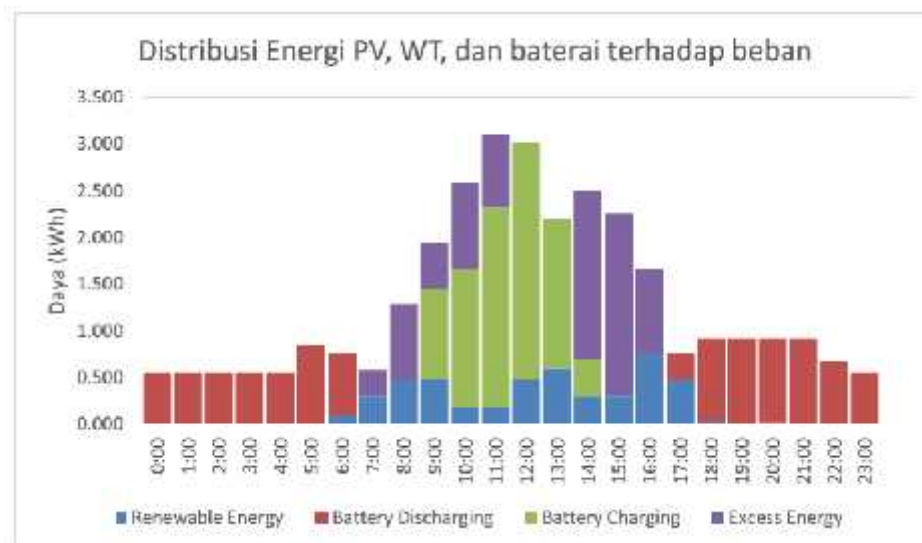
Tabel 4.3. Profil Irradiansi Matahari dan Pembangkitan Energi per Panel Surya di FTG

8. Analisis Pemilihan Baterai

Salah satu kelemahan dari pemanfaatan energi baru terbarukan seperti energi angin dan matahari adalah sifat ketersediaan sumber energi yang intermitten (tidak kontinu) sehingga kehandalannya kurang untuk dijadikan pemasok kebutuhan listrik. Dari hasil studi sistem PLTSB pun menunjukkan bahwa energi matahari dan angin hanya efektif dari mulai pukul 6 pagi hingga pukul 9 malam. Kondisi ini dapat menyebabkan kurangnya pasokan energi listrik menuju beban terutama setelah pukul 9 malam. Oleh karena itu, diperlukan baterai untuk menyimpan kelebihan produksi energi dari panel surya dan turbin angin pada siang hari.

Pada umumnya, baterai yang digunakan menggunakan jenis *lead-acid* atau *lithium-ion*. Namun dikarenakan *lithium-ion* masih tergolong teknologi baru maka dibutuhkan biaya instalasi yang cukup mahal sehingga dipilihlah baterai *lead-acid* pada sistem PLTSB ini. Baterai *lead-acid* yang digunakan adalah jenis *Valve Regulated Lead Acid (VRLA) Gel Deep Cycle Batteries*. Jenis ini dipilih karena membutuhkan perawatan yang jauh lebih sedikit dibandingkan jenis baterai *lead-acid* yang lain. Selain itu baterai ini memiliki kapasitas *discharge* yang lebih besar hingga 80 % kapasitas maksimalnya. Namun, hal ini tidak akan diterapkan mengingat *lifetime* baterai yang akan lebih lama apabila kapasitas *discharge* baterai hanya 55 % saja sehingga menjaga kapasitas baterai 45 % dari kapasitas totalnya. Tegangan baterai yang dibutuhkan adalah 12 volt dengan kapasitas 220 Ah.

9. Distribusi Energi Terhadap Beban



Grafik 4.7. Distribusi Energi dari Masing – Masing Komponen Sistem PLTSB terhadap Beban

Profil beban yang akan dipasok oleh sistem PLTS/B ini adalah 1.300 Watt yang akan diambil dari sebuah bangunan di area FTG. Pengaturan suplai beban dari masing – masing komponen adalah 80 % disuplai oleh panel surya sedangkan 20 persen sisanya akan disuplai oleh Turbin Angin. Dari Grafik 4.7, dapat dilihat pengaturan suplai energi listrik ke beban dilakukan oleh panel surya dan turbin angin mulai pukul 6 pagi hingga 5 sore (ditandai dengan warna biru). Kelebihan energi yang dihasilkan akan digunakan untuk mengisi baterai (ditandai dengan warna hijau). Dikarenakan sumber energi matahari dan angin yang melimpah dari pukul 7 pagi hingga 4 sore, maka akan ada *excess energy* (ditandai dengan warna ungu) yang tidak akan terpakai untuk memasok beban maupun mengisi baterai dan akan disalurkan ke *dummy load*. Sedangkan untuk energi dalam baterai akan mulai *ter-discharge* pada pukul 6 sore hingga 6 pagi atau selama hampir 12 jam.

V. KESIMPULAN

Dari hasil studi di atas, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- Lokasi paling potensial untuk pemasangan PLTSB adalah Fire Training Ground yang memiliki level irradiansi 4 Wh/m^2 serta rata – rata kecepatan angin $3,13 \text{ m/s}$ pada ketinggian 20 meter dan mendekati 4 m/s pada ketinggian lebih dari 50 meter. Adapun estimasi ini dilakukan dengan menggunakan metode *log wind profile*. Dimana hasil estimasi kecepatan angin tidak bertambah secara signifikan walaupun ketinggian sudah bertambah 2 kali lipat dari ketinggian semula.
- Dari data hasil pengukuran kecepatan angin dan irradiansi matahari, didapatkan spesifikasi komponen – komponen sistem PLTSB sebagai berikut :

Panel Surya	
Material	Monocrystalline
Daya Puncak	260 Watt (pada Irradiansi 1000 W/m^2)
Efisiensi Modul	16 %
Turbin Angin	
<i>Start-up & Cut –In Speed</i>	1 & 2,5 m/s
Diameter <i>blade</i>	2,058 meter
Baterai	
Jenis	VLRA Gel Deep Cycle
Kapasitas	220 Ah
Tegangan	12 Volt

- PLTSB ini berkapasitas 1300 Watt. Beban PLTSB akan diambil dari sebuah bangunan yang ada di area FTG. Adapun beban tersebut akan disuplai 80 % oleh panel surya dan 20 % sisanya oleh

Turbin Angin. Pengaturan waktu suplai beban dari masing – masing komponen diatur sebagai berikut :

6 pagi – 6 sore	Baterai
7 pagi – 5 sore	Turbin Angin
	Charging Baterai

IX. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tim ITB. *Perancangan dan Implementasi Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) : Rekomendasi Lokasi*. Bandung. FT-ITB.
- [2] Tim ITB. *Perancangan dan Implementasi Integrasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) : Laporan Basis Desain*. Bandung. FT-ITB.
- [3] Peterson, E.W. and J.P. Hennessey, Jr., 1978, On the use of power laws for estimates of wind power potential, *J. Appl. Meteorology*, Vol. 17, pp. 390-39
- [4] <http://www.wind-power-program.com/windestimates.htm>
- [5] <https://www.solar-electric.com/deep-cycle-battery-faq.html>

ANALISA PENGARUH FOULING TERHADAP PENURUNAN PERPINDAHAN PANAS PADA TUBE SECONDARY SUPERHEATER

Nurul Ilmi, Azian Yuliana Pratiwi, P. Jannus, Maykel TE Manawan

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Telp: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530, ilmi.nuril20@gmail.com

Abstrak

Dalam pengoperasian PLTU terdapat salah satu alat penunjang pada boiler yaitu superheater. Superheater terbagi menjadi tiga bagian yaitu primary superheater, secondary superheater dan final superheater. Permasalahan yang terjadi pada superheater yaitu penumpukan jelaga (fouling) pada tube secondary superheater akibat rusaknya sootblower sebagai alat pembersih. Faktor pengaruh terjadinya fouling adalah kandungan ash pada batubara yang digunakan dalam proses pembakaran di boiler. Fouling dapat menyebabkan penurunan laju perpindahan panas.

Studi kasus ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh terjadinya fouling terhadap penurunan heat transfer. Metode yang digunakan dalam studi kasus ini adalah mengidentifikasi masalah yang ada di lapangan berupa pengambilan data secara langsung di PLTU Cilacap Unit 3 yaitu data analisa kandungan ash batubara dari tiga jenis batubara yang berbeda untuk mengetahui nilai indeks fouling pada masing-masing batubara tersebut. Serta data temperatur pada area secondary superheater untuk perhitungan perpindahan panas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa nilai indeks fouling dari urutan yang tertinggi hingga terendah antara tiga jenis batubara yang digunakan pada PLTU Cilacap unit 3 yaitu indeks fouling batubara ART sebesar 0,38 [%], indeks fouling batubara KDC sebesar 0,23 [%] dan untuk jenis batubara SP indeks fouling sebesar 0,17 [%]. Fouling yang terjadi akan berpengaruh pada proses perpindahan panas. Semakin rendah nilai indeks fouling, maka semakin tinggi perpindahan panas yang terjadi. Hal ini dibuktikan dengan perbedaan temperatur sebelum dan sesudah sootblowing.

Kata Kunci: Secondary Superheater, Batubara, Fouling, Perpindahan Panas

Abstract

In the operation of PLTU, there are one of the main components in the boiler is superheater. Superheater divided into three parts are primary superheater, secondary superheater and final superheater. There are problems on superheater namely deposit (fouling) on the area of secondary superheater tube because of the destruction soot blower as a cleaner. Factors that cause of fouling is ash content, used in the combustion process in the boiler. Fouling can cause a decrease in the rate of heat transfer.

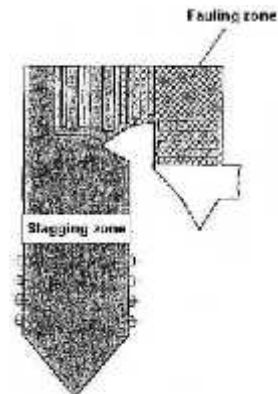
This case study aims to find out the influence of the occurrence of the fouling against the decline of heat transfer. The method used in this case study is to identify the problems that exist in the field in the form of data retrieval directly on PLTU Cilacap Unit 3. The data is taken in the form of data analysis of coal ash content from three different types of coal for knowing the value of the fouling index on each of the coal. As well as data on the area of secondary superheater temperature to heat transfer calculations.

Based on the research that has been carried out, the results obtained that the fouling index value from lowest to highest order among the three types of coal used on PLTU Cilacap unit 3 the fouling index of ART coal is 0.38 [%], the fouling index of KDC coal is 0.23 [%] and for the type of SP coal the fouling index is 0.17 [%]. The fouling happens will affect the process of heat transfer. The lower the value of the fouling index, then the higher heat transfer going on. This is evidenced by the difference in temperature before and after the soot blowing.

Keywords: Secondary Superheater, Coal, Fouling, Heat Transfer.

1. PENDAHULUAN

Salah satu komponen utama pada boiler yaitu *superheater* atau alat pemanas lanjut. *Superheater* berfungsi untuk mengubah fasa uap dari *saturated steam* menjadi *superheated steam*. *Superheater* terbagi menjadi tiga bagian yaitu *primary superheater*, *secondary superheater* dan *final superheater*. Permasalahan yang sering terjadi pada *superheater* khususnya pada area *tube secondary superheater* yaitu penumpukan jelaga atau biasa disebut dengan *fouling*. Faktor yang mempengaruhi potensi terjadinya *fouling* adalah kandungan batubara yang digunakan pada proses pembakaran boiler. Unsur kimia yang paling berpengaruh pada penempelan *fouling* ini adalah material basa terutama Na_2O . Analisis potensi terjadinya *fouling* (Rf) didasarkan pada rasio unsur kimia asam dan basa, serta kandungan kimia Na_2O yang terkandung dalam *ash* batubara. ^[5]



Gambar. 1 Area Terjadinya Fouling pada Boiler^[1]

Penumpukan *fouling* pada *tube secondary superheater* akan menyebabkan berbagai macam masalah, salah satunya adalah penurunan efektifitas perpindahan panas.^[4] Peranan *superheater* pada pembangkit listrik sangat penting. Apabila performanya mengalami gangguan sehingga kinerjanya menurun, maka tingkat keadaan uap yang dihasilkan menjadi lebih rendah dan daya yang dihasilkan turbin menjadi rendah. Penurunan kinerja pada *superheater* tersebut disebabkan menurunnya efektifitas perpindahan panas dalam alat tersebut akibat terjadinya pengotoran permukaan (*fouling*).^[3] Untuk pembersihan *fouling* maka digunakan alat yang dinamakan *sootblower*. Oleh karena itu perlunya optimalisasi penyemprotan *sootblower* pada boiler supaya pertukaran panas pada *tube – tube superheater* akan lebih efisien.

Namun terdapat permasalahan yaitu *sootblower* pada area *secondary superheater* mengalami kerusakan yang mengakibatkan terjadinya penumpukan *fouling* pada area tersebut. Untuk itu, penulisan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai *fouling* (Rf) dari masing – masing jenis batubara yang digunakan pada PLTU Cilacap unit 3, pengaruh nilai *fouling* terhadap penurunan perpindahan panas yang terjadi pada area *secondary superheater*. Serta data parameter temperatur *outlet secondary superheater* untuk digunakan pada perhitungan perpindahan panas.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisa kandungan batubara

Pada PLTU Cilacap Unit 3 menggunakan tiga jenis batubara untuk proses pembakaran di boiler yaitu batubara jenis SP, ART dan KDC. Data yang diperoleh di lapangan adalah data analisis ultimasi dan proksimasi batubara.

2.2 Studi Indeks Fouling dan Studi Perpindahan Panas

Mempelajari materi – materi dan rumus tentang indeks *fouling* dan perpindahan panas dari referensi – referensi seperti buku maupun jurnal. Serta melakukan wawancara kepada pembimbing industri dan operator yang mengetahui tentang materi indeks *fouling* dan perpindahan panas.

2.3 Pengolahan Data

Melakukan pengolahan data dengan menghitung nilai indeks *fouling*, laju aliran *fouling* terhadap massa aliran *fouling*, resistansi termal dan perpindahan panas pada Microsoft Excel. Data yang diolah yaitu data jenis batubara yang dipakai, analisis kandungan ketiga jenis batubara yang digunakan, massa batubara, temperatur sebelum dan temperature sesudah *sootblowing* serta tekanan *steam* pada *tube secondary superheater* dalam jangka waktu satu bulan yaitu pada tanggal 25 Maret 2017 sampai 25 April 2017.

2.4 Analisa Data

Setelah dilakukan pengolahan data, lalu dapat dibuat grafik hubungan antara perubahan temperatur dengan jenis batubara yang digunakan, grafik hubungan perpindahan panas terhadap waktu (periode selama satu bulan). Kemudian menganalisa grafik dan menjelaskan hal – hal yang mempengaruhi indeks fouling terhadap perpindahan panas.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Indeks Fouling

Perhitungan indeks fouling dilakukan berdasarkan hasil analisa kandungan batubara dari ketiga jenis batubara yang digunakan pada PLTU Cilacap unit 3, dengan rumus indeks fouling (*EPRI, 2001*) sebagai berikut :

(Persamaan 1)^[2]

dimana :

$B = CaO + MgO + Fe_2O_3 + Na_2O + KO_2$

$A = SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2$

$Na_2O = \% \text{ berat alkali dari analisis ash batu bara}$

Klasifikasi potensi fouling menggunakan R_f adalah :

$R_f < 0,2 = \text{Rendah}$

$0,2 < R_f < 0,5 = \text{Sedang}$

$0,5 < R_f < 1,0 = \text{Tinggi}$

$1,0 < R_f = \text{Tinggi Sekali}$

Maka didapatkan nilai indeks fouling dari masing – masing jenis batubara, yaitu sebagai berikut :

Tabel. 1 Nilai indeks fouling pada jenis batubara yang berbeda

No	Jenis Batubara	Nilai R_f [%]
1	SP	0,172
2	KDC	0,234
3	ART	0,38

3.2 Perhitungan Temperatur Sebelum dan Sesudah Soot Blowing

Didapatkan data temperatur sebelum dan setelah dilakukan soot blowing pada bagian outlet tube secondary superheater dengan pengambilan data dalam jangka waktu satu bulan, yaitu sebagai berikut :

Tabel. 2 Data Temperatur untuk Jenis Batubara SP

Tanggal	Outlet Superheater	
	T [°C] Sebelum SB	T [°C] Sesudah SB
31/3/2017	514,090	510,058
23/4/2017	504,825	507,045
24/4/2017	505,591	505,618
25/4/2017	505,101	517,741

Tabel. 3 Data Temperatur untuk Jenis Batubara KDC

Tanggal	Outlet Superheater	
	T [°C] Sebelum SB	T [°C] Sesudah SB
25/3/2017	511,342	513,275
26/3/2017	509,480	516,210
27/3/2017	511,083	513,660
28/3/2017	513,732	510,824
29/3/2017	511,584	513,612
30/3/2017	512,506	513,445
13/4/2017	512,272	513,490
14/4/2017	508,885	510,675
15/4/2017	508,189	512,177
16/4/2017	508,055	510,416
17/4/2017	513,085	512,586
18/4/2017	510,178	511,914

Tabel. 4 Data Temperatur untuk Jenis Batubara ART

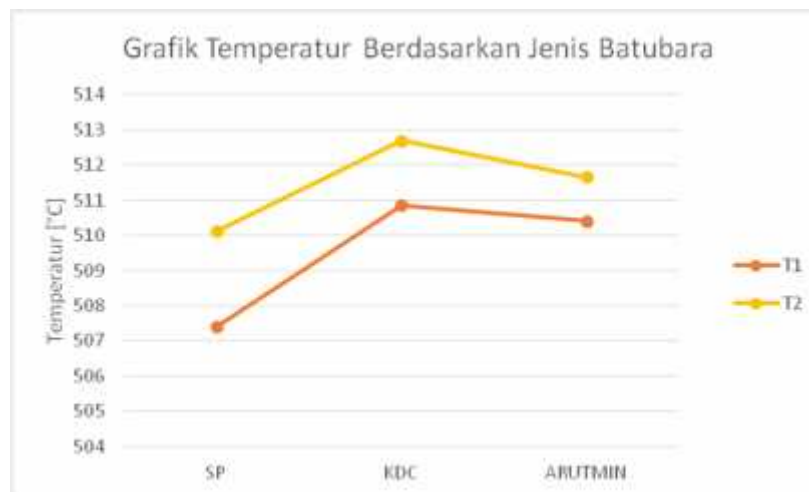
Tanggal	Outlet Superheater	
	T [°C] Sebelum SB	T [°C] Sesudah SB
01/04/2017	513,551	513,589
02/04/2017	514,018	513,996
03/04/2017	505,111	510,554
04/04/2017	508,527	513,038
05/04/2017	507,618	507,475
06/04/2017	507,453	509,458
07/04/2017	514,205	514,492

08/04/2017	515,291	517,383
09/04/2017	516,788	512,350
10/04/2017	507,833	511,176
11/04/2017	509,934	508,957
12/04/2017	509,700	511,182
19/04/2017	510,326	513,088
20/04/2017	509,265	509,579
21/04/2017	509,728	511,035
22/04/2017	507,188	509,243

Data dibawah ini merupakan data temperatur rata – rata yang diambil dalam jangka waktu satu bulan pada saat sebelum dan sesudah soot blowing, serta perubahan temperatur (T) masing – masing jenis batubara pada pipa *outlet secondary superheater*, yaitu sebagai berikut :

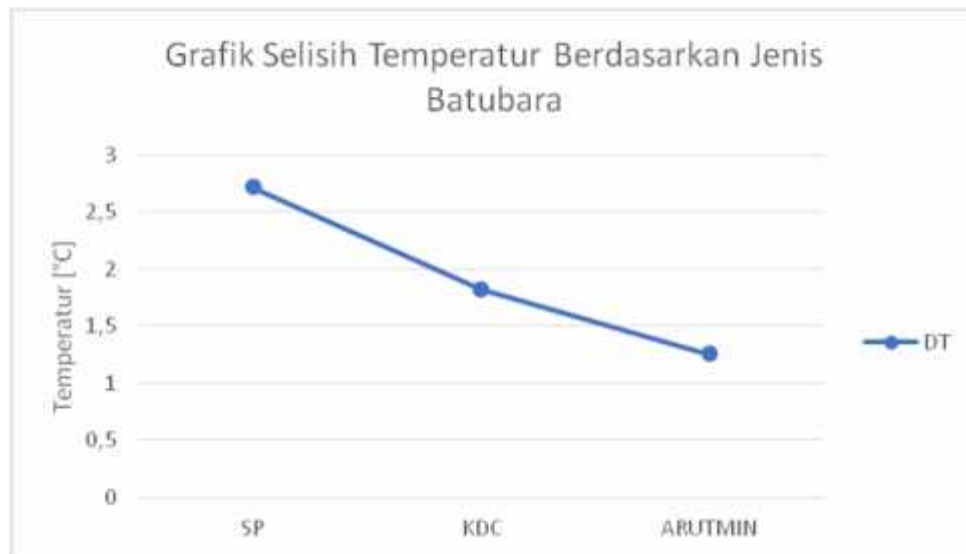
Tabel. 5 Data Perubahan Temperatur Untuk Masing – Masing Jenis Batubara

Jenis Batubara	Rf [%]	T [°C] Sesudah SB	T [°C] Sebelum SB	T [°C]
SP	0,172	510,115	507,402	2,713
KDC	0,234	512,690	510,866	1,824
ARUTMIN	0,38	511,662	510,409	1,253



Gambar . 2 Grafik Temperatur Berdasarkan Jenis Batubara

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa batubara jenis KDC memiliki nilai T1 (Temperatur sebelum soot blowing) dan T2 (Temperatur sesudah soot blowing) yang paling besar, sedangkan untuk jenis batubara SP memiliki nilai T1 (Temperatur sebelum soot blowing) dan T2 (Temperatur sesudah soot blowing) yang paling kecil.



Gambar. 3 Grafik Perbedaan Temperatur Berdasarkan Jenis Batubara

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa perbedaan temperatur paling tinggi terdapat pada batubara jenis SP yaitu sebesar 2,713 [°C], sedangkan perbedaan temperatur paling rendah terdapat pada batubara jenis ART yaitu sebesar 1,253 [°C]. Hal ini dipengaruhi oleh faktor nilai indeks fouling (Rf) pada masing – masing jenis batubara. Hubungan nilai indeks fouling (Rf) dengan perbedaan temperatur (T) adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi nilai indeks fouling (Rf), maka semakin rendah perbedaan temperatur (T) pada outlet secondary superheater.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa :

1. Batubara jenis SP memiliki nilai indeks fouling (Rf) paling rendah yaitu sebesar 0,17 [%], sedangkan batubara jenis ART memiliki nilai indeks fouling (Rf) paling tinggi yaitu sebesar 0,234 [%].
2. Nilai perbedaan temperatur (T) paling tinggi adalah jenis batubara SP yaitu sebesar 2,713 [°C], sedangkan nilai perbedaan temperatur (T) paling rendah adalah jenis batubara ART yaitu sebesar 1,253 [°C].
3. Faktor yang mempengaruhi rendah atau tingginya nilai perbedaan temperatur (T) yaitu nilai indeks fouling (Rf) dari masing – masing jenis batubara.
4. Berdasarkan perbedaan temperatur, dapat dihitung nilai perpindahan panas (Q). Semakin besar ΔT , maka semakin besar pula perpindahan panas yang dihasilkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumarno, F Gatot,. “Fouling dan Pengaruhnya pada Final Secondary Superheater PLTU Tanjung Jati B Unit 2”. Jurnal Teknik Energi Vol.10 No 1. 2014.
- [2] Grunsky, A. “Sootblowing Maintenance and Application Guide”. EPRI. 2001.
- [3] Spliethoff, H. “Charaterization of Slagging and Fouling in Biomass Combustion (Bioslag)”. Energy Technology TU Delft.
- [4] Incopera, Frank P. “Fundamental of Heat and Mass Transfer”. Seventh Edition. 2011.
- [5] Prameswari, Windha Ayu. “Analisa Pembentukan Slagging dan Fouling Pembakaran Batubara pada Boiler B 0201B Pabrik 3 unit UBB di PT Petrokimia Gresik”. 2017.

PENGARUH PEMASANGAN RUBBER PLUG TERHADAP KEBOCORAN TUBE KONDENSOR PLTU CILACAP

Elsa Qorirotul Aini Susilo¹, Liza Mulyadiana², Emir Ridwan³

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru UI Depok, 1642. Indonesia, No. Telp. (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530, elsaaini22@gmail.com,

²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Kondensor merupakan salah satu komponen penting dalam suatu Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang berfungsi untuk merubah fasa uap keluaran turbin menjadi air. Air tersebut digunakan kembali sebagai air pengisi boiler (Feed Water) yang akan dirubah menjadi uap untuk menggerakkan turbin. Permasalahan yang mempengaruhi kinerja pembangkit salah satunya adalah kebocoran tube pada kondensor. Dalam kondisi emergency pemasangan rubber plug merupakan penanganan alternatif untuk mengatasi masalah ini. Studi kasus ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan rubber plug terhadap efektivitas perpindahan panas dengan metode variasi plugging pada kondensor. Metode yang digunakan dalam studi kasus ini adalah pengambilan data secara langsung di PLTU Cilacap Unit 3. Data yang diambil berupa data bulan April 2017 dengan asumsi data operasi steady state. Hasil yang diperoleh dari proses analisa yang telah dilakukan adalah pemasangan rubber plug mempengaruhi efektivitas perpindahan panas kondensor. Semakin banyak tube kondensor yang dipasang rubber plug maka efektivitas perpindahan panas semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya laju air pendingin dan menurunnya luas permukaan perpindahan panas. Dengan menggunakan variasi plugging setiap kenaikan 5% plugging atau 1868 tube menaikkan kecepatan air pendingin di dalam tube sebesar 0.041 m/s, sehingga koefisien konveksi naik sebesar 151,9 W/m²K dan menurunkan nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 0,011 atau 1,1%.

Kata kunci : Kondensor, Kebocoran, Rubber Plug, Efektivitas

ABSTRACT

The condenser is one of the important components in Steam Electricity Power Plant which has a function to transform steam phase from turbine become water. The water reused to be boiler feed water which will transform become steam to drive the shaft of the turbine. One of the problems that affect power plant performance is leakage of the tube in condenser. Rubber plug installation is alternative maintenance to resolve it in an emergency condition. The purpose of this case to know the effect of rubber plug installation on heat transfer effectivity with plugging variation method. The method used in this case is direct data retrieval at Cilacap Steam Electricity Power Plant Unit 3. The Data has been taken on April 2017 with the assumption of steady state operating data. The result of the analysis that has been done is the installation of rubber plug affect the effectiveness of the condenser heat transfer. The more tube condenser mounted rubber plug the less heat transfer effectiveness that occurs. This is caused by the rising rate of the cooling water and the decrease of heat transfer surface area. By using variations of plugging every 5% or 1868 of the tube which is mounted by rubber plug will increase the speed of cooling water in the tube amounted to 0.041 m/s, so convection coefficient will increase by 151.9 W/m²K and will decrease heat transfer effectiveness value of 0,011 or 1.1%.

Kata kunci : Condenser, Leakage, Rubber Plug, Effectivity

I. PENDAHULUAN

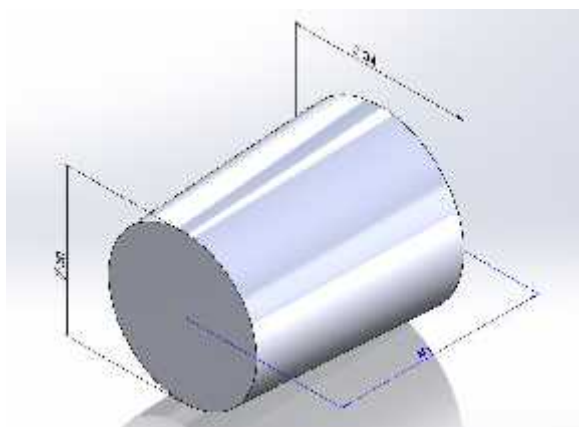
Pembangkit Listrik Tenaga Uap memiliki beberapa komponen utama yaitu Boiler, Turbin, Generator dan Kondensor. Kondensor merupakan salah satu komponen terpenting di dalam suatu pembangkit tenaga listrik dimana kondensor merupakan salah satu jenis alat penukar kalor yang berfungsi untuk merubah fasa uap menjadi air.

Kondensor yang digunakan pada PLTU Cilacap (PT S2P) unit 1,2 dan 3 adalah jenis *surface condensor* dengan tipe tube horizontal. Spesifikasi kondensor pada PLTU Cilacap unit 3 dari hasil produksi *Shanghai Electric Power Generation Equipment Co.,Ltd* adalah luas permukaan total tube untuk proses perpindahan panas pada kondensor ini sebesar 36600 m², material yang dipakai untuk tube kondensor A dan B adalah *Titanium Compound Steel Plate* dan menggunakan arah aliran *counter flow*.

Tabel 1.1. Spesifikasi Kondensor PLTU Cilacap Unit 3

Kondensor	
Pabrik Pembuat	Shanghai Electric Power Generation Equipment Co., Ltd
Berat	573766 kg
Luas Permukaan Pendingin	36600 m ²
Kecepatan Aliran Pendingin	27,0399 m ³ /s
Debit Air Pendingin	2,397 m/s
Material Tube	Titanium
Diameter Tube Bundles (main area)	ø30 x 0,7 mm
Diameter Tube Bundles (air cooling area)	ø30 x 0,5 mm

Pada PLTU Cilacap unit 3 pernah mengalami kebocoran pada *tube* kondensor yang diatasi dengan pemasangan *rubber plug*. *Rubber plug* atau biasa disebut karet tutup *tube* digunakan pada bagian ujung *tube*. *Rubber plug* berfungsi untuk mencegah air pendingin masuk pada tube yang bocor sehingga air kondensat tidak terkontaminasi dengan air pendingin (air laut). Berikut merupakan design dari rubber plug yang digunakan pada *tube* kondensor PLTU Cilacap unit 3:



Gambar.1 Design Rubber Plug PLTU Cilacap Unit 3

Oleh karena tujuan dari penelitian ini adalah menghitung efektivitas perpindahan panas guna mengetahui penurunan efektivitas perpindahan panas kondensor yang diakibatkan dari pemasangan *rubber plug* dan membandingkan efektivitas perpindahan panas pada tiap beban yang dibangkitkan. Efektivitas perpindahan panas diasumsikan sebagai kinerja kondensor, dengan demikian dapat diketahui penurunan kinerja kondensor yang dilihat dari perhitungan efektivitas perpindahan panas.

1.1. Rumus yang Digunakan

Berdasarkan *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 7th Edition*, halaman 706, didapat rumus untuk menghitung efektivitas perpindahan panas sebagai berikut:

- Menghitung Jumlah *Tube*

$$N_{tp} = N_t - (\%plugging \times N_t) \quad [\text{Persamaan.1}]$$

Keterangan:

N_{tp} = Jumlah *tube* setelah diplugging

N_t = Jumlah *tube* pada kondensor

%Plugging = Jumlah *tube* yang dipasang rubber plug dalam persen (%)

- Menghitung Luas Penampang *Tube* dengan *Plugging*

$$A_{tube} = \frac{1}{4} \pi (d_t)^2 N_{tp} \quad [\text{Persamaan.2}]$$

Keterangan:

A_{tube} = Luas penampang *tube* dengan *plugging* [m²]
 d_i = Diameter dalam *tube* kondensor [m]
 N_{tp} = Jumlah *tube* setelah *diplugging*

- Menghitung Kecepatan Air Pendingin didalam *Tube*

$$V_{tube} = \frac{\dot{m}}{\rho A_{tube}} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

Keterangan:

V_{tube} = Kecepatan air pendingin didalam *tube* kondensor [m/s]
 \dot{m} = Laju aliran massa air pendingin [kg/s]
 ρ = Massa jenis air pendingin [kg/m³]
 A_{tube} = Luas penampang *tube* dengan *plugging* [m²]

- Efektivitas dengan Metode NTU

Menghitung besar efektivitas perpindahan panas pada suatu *heat exchanger* digunakan metode NTU dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = 1 - \exp(-NTU) \quad \text{[Persamaan.4]}$$

Dimana,

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}} \quad \text{[Persamaan.5]}$$

Keterangan:

ε = Efektivitas perpindahan panas
 NTU = Jumlah transfer unit
 U = Koefisien *overall heat transfer* (W/m²K)
 A = Luas permukaan perpindahan panas (m²)
 C_{min} = Laju kapasitas panas (W/°C)

C_{min} diambil nilai terkecil dari:

$$C_c = m_c C_{p,c} \quad \text{[Persamaan.6]}$$

$$C_h = m_h C_{p,h} \quad \text{[Persamaan.7]}$$

Perpindahan panas mencapai nilai maksimum ketika fluida dengan laju kapasitas panas yang lebih kecil mempunyai nilai perbedaan temperatur yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan nilai q_{max} dibutuhkan nilai C_{min} .

- Laju Perpindahan Panas

Parameter yang dibutuhkan untuk memprediksi performa suatu *Heat Exchanger* yaitu temperatur air pendingin masuk dan keluar kondensor, *overall coefficient heat transfer* dan total luas permukaan perpindahan panas. Dengan menerapkan kesetimbangan energi total untuk air pendingin dan steam pada kondensor maka didapatkan laju aliran massa dari air pendingin tersebut. Jika q adalah laju perpindahan panas antara air pendingin dan *steam* dengan mengabaikan *losses*, perubahan energi kinetik dan potensial serta dianggap aliran energi konstan maka didapat persamaan berikut ini:

$$q = m_h C_{p,h} (T_{h,o} - T_{h,i}) \quad \text{[Persamaan.8]}$$

Dan

$$q = m_c C_{p,c} (T_{c,o} - T_{c,i}) \quad \text{[Persamaan.9]}$$

Keterangan:

q = Laju perpindahan panas (J/s)
 m_h = Laju aliran massa *steam* (kg/s)
 m_c = Laju aliran massa air pendingin (kg/s)
 $C_{p,h}$ = Kalor spesifik *steam* (J/kgK)
 $C_{p,c}$ = Kalor spesifik air pendingin (J/kgK)

- $T_{h,i}$ = Temperatur *steam* masuk kondensor ($^{\circ}\text{C}$)
 $T_{h,o}$ = Temperatur *steam* keluar kondensor ($^{\circ}\text{C}$)
 $T_{c,i}$ = Temperatur inlet air kondensor ($^{\circ}\text{C}$)
 $T_{c,o}$ = Temperatur outlet air kondensor ($^{\circ}\text{C}$)

➤ Koefisien Konveksi didalam dan diluar *Tube*

Koefisien konveksi bukan merupakan properti dari suatu fluida. Koefisien konveksi merupakan parameter yang diperoleh berdasarkan eksperimen yang mana nilainya bergantung kepada semua variabel yang mempengaruhi proses konveksi seperti geometri permukaan, sifat aliran fluida, properti fluida, dan kecepatan fluida.

Koefisien konveksi didalam *tube* dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h_i = Nu_D \times \frac{k}{D} \quad \text{[Persamaan.10]}$$

Dimana,

$$Re_D = \frac{\rho V_{tube} d_i}{\mu_L} \quad \text{[Persamaan.11]}$$

Kasus ini termasuk dalam konveksi paksa pemanasan fluida didalam *tube* dengan aliran turbulen

$$Nu_D = 0,023 Re_D^{0,8} Pr^{0,4} \quad \text{[Persamaan.12]}$$

Koefisien konveksi diluar *tube* dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h_o = 0,729 \times \left(\frac{g \rho_L (\rho_L - \rho_V) K_L^3 h'_{fg}}{\mu_L (T_{sat} - T_s) d_o} \right)^{0,25} \quad \text{[Persamaan.13]}$$

Dimana,

$$h'_{fg} = h_{fg} (1 + 0,68 ja) \quad \text{[Persamaan.14]}$$

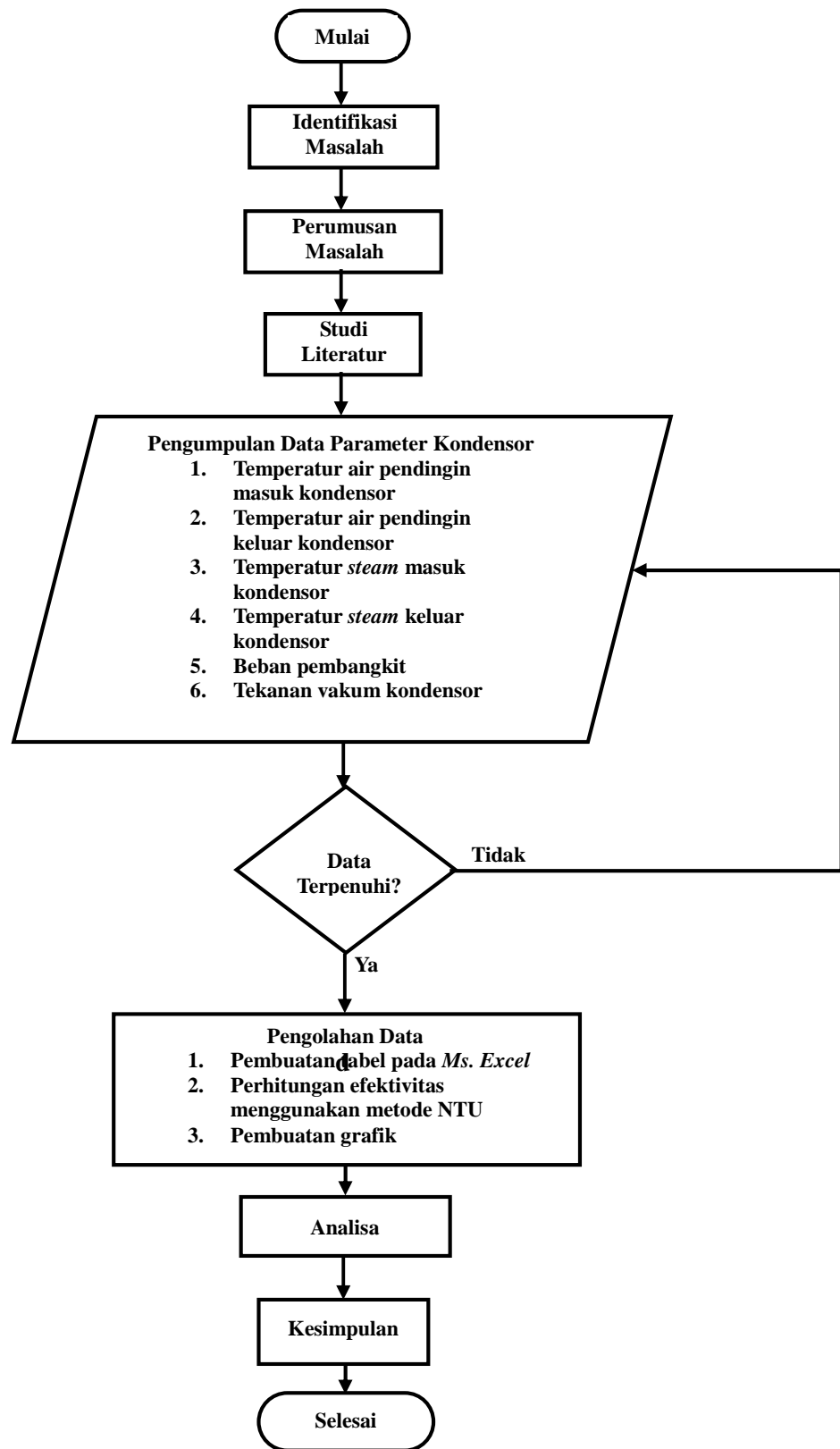
Nilai ja diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$ja = C_{pl} \left(\frac{T_{sat} - T_i}{h_{fg}} \right) \quad \text{[Persamaan.15]}$$

Keterangan:

- h_i = Koefisien Konveksi didalam Tube ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$)
 Nu_D = Nusselt Number
 k = Konduktivitas Thermal (W/mK)
 Re_D = Bilangan Reynold
 μ_L = Viscosity (Ns/m^2)
 Pr = Prandtl Number
 h_o = Koefisien Konveksi diluar Tube ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$)
 ρ_L, ρ_V = Massa Jenis fluida dan gas (kg/m^3)
 T_{sat} = Temperatur Saturasi ($^{\circ}\text{C}$)
 T_s = Temperatur Permukaan Tube ($^{\circ}\text{C}$)
 h_{fg} = Heat of Vapourization (kJ/kg)

II. METODE PENELITIAN



Hal yang digunakan untuk menganalisis pengaruh pemasangan *rubber plug* terhadap efektifitas perpindahan panas pada kondensor saat bulan April 2017 dengan variasi *plugging* adalah informasi-informasi pokok yang merupakan bagian dari penyelesaian makalah seminar nasional. Informasi tersebut diperoleh dari:

1. Mengidentifikasi masalah yang pernah terjadi pada PLTU Cilacap Unit 3 melalui diskusi dengan pembimbing lapangan. Hasil yang didapat setelah melakukan diskusi dengan pembimbing lapangan adalah adanya masalah pada kondensor berupa kebocoran *tube* kondensor yang mengakibatkan air kondensat terkontaminasi dengan air pendingin (air laut).
2. Merumuskan masalah yang akan dianalisa yaitu akibat dari penanganan kebocoran *tube* kondensor berupa pemasangan *rubber plug*.
3. Pada studi literatur dilakukan dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari buku-buku, serta dokumen perusahaan.
4. Dilakukan pengambilan dan pengumpulan data yang ambil langsung dari obyek yang sedang di teliti yaitu data operasional bulan April 2017 pukul 21.35 - 05.37 WIB pada beban 100%, 75%, dan 50% dengan tujuan data yang diambil lebih valid.
5. Apabila data telah terpenuhi, dilakukan pengolahan data dengan menghitung rata-rata pada *Microsoft Excel* untuk dilakukan perhitungan efektifitas perpindahan panas pada kondensor
6. Membuat grafik hubungan antara efektifitas terhadap variasi *plugging*, efektifitas terhadap nilai NTU, koefisien konveksi terhadap variasi *plugging*, efektifitas terhadap kecepatan air pendingin
7. Menganalisa grafik yang telah dibuat dengan menjelaskan hubungan antara parameter yang terdapat pada grafik
8. Ditarik kesimpulan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor

Perhitungan efektifitas perpindahan panas kondensor [Persamaan.4] dilakukan berdasarkan data operasional rata-rata bulan April 2017 pukul 21.35 - 05.37 WIB pada beban 100%, 75%, dan 50%.

Tabel.1 Data Perhitungan untuk Beban 100%

% Plugging	Nt Baru	v_{tube} [m/s]	h_i [W/m ² K]	NTU	
0%	37356	0.789	3791.880	0.830	0.564
0.302%	37243	0.791	3801.081	0.828	0.563
5%	35488	0.831	3950.732	0.806	0.553
10%	33620	0.877	4125.387	0.782	0.542
15%	31735	0.929	4320.281	0.763	0.534
20%	29885	0.986	4532.967	0.737	0.521
25%	28017	1.052	4773.155	0.709	0.508

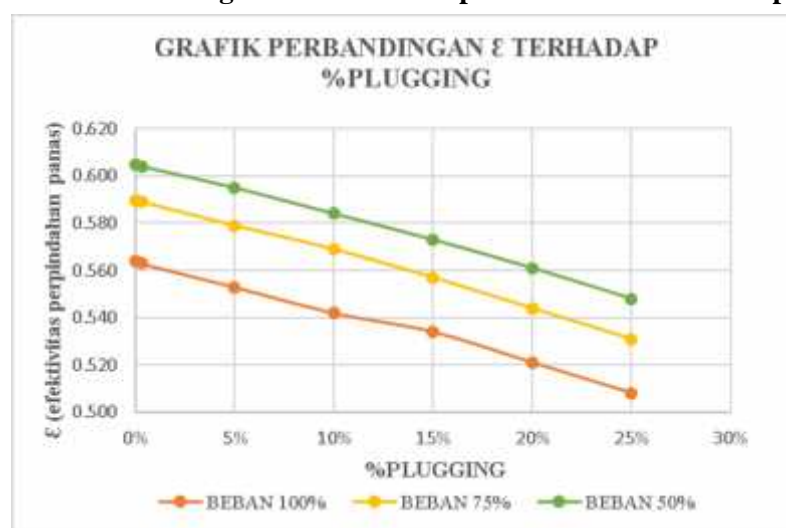
Tabel.2 Data Perhitungan untuk Beban 75%

% Plugging	Nt Baru	v_{tube} [m/s]	h_i [W/m ² K]	NTU	
0%	37356	0.732	3540.551	0.891	0.590
0.302%	37243	0.735	3549.142	0.890	0.589
5%	35488	0.771	3688.874	0.866	0.579
10%	33620	0.814	3851.878	0.841	0.569
15%	31735	0.862	4033.930	0.814	0.557
20%	29885	0.916	4232.518	0.786	0.544
25%	28017	0.977	4456.786	0.757	0.531

Tabel.3 Data Perhitungan untuk Beban 50%

% Plugging	Nt Baru	v_{tube} [m/s]	h_i [W/m ² K]	NTU	
0%	37356	0.689	3327.938	0.929	0.605
0.302%	37243	0.692	3336.014	0.927	0.604
5%	35488	0.726	3467.355	0.904	0.595
10%	33620	0.766	3620.640	0.878	0.584
15%	31735	0.812	3791.689	0.851	0.573
20%	29885	0.862	3978.331	0.823	0.561
25%	28017	0.919	4189.153	0.794	0.548

3.2. Perbandingan Grafik Hubungan Efektivitas Perpindahan Panas Terhadap %Plugging



Gambar.1 Perbandingan Grafik Hubungan Efektivitas Perpindahan Panas Terhadap %Plugging

Besar kenaikan jumlah *tube* yang dipasang rubber plug dalam persen (%*plugging*) mempengaruhi nilai efektivitas perpindahan panas pada kondensor. Jika persentase *plugging* semakin besar maka nilai efektivitas perpindahan panas semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya luas permukaan perpindahan panas akibat *plugging* atau pemasangan *rubber plug*.

3.3. Perbandingan Grafik Hubungan Efektivitas Terhadap Kecepatan Air Pendingin (V_{tube})



Gambar.2 Perbandingan Grafik Hubungan Efektivitas Terhadap Kecepatan Air Pendingin (V_{tube})

Nilai efektivitas perpindahan panas berbanding terbalik dengan nilai kecepatan air pendingin. Semakin besar kecepatan air pendingin yang masuk ke dalam *tube* kondensor maka semakin kecil nilai efektivitas perpindahan panas yang diperoleh.

3.4. Perbandingan Grafik Hubungan %Plugging Terhadap Kecepatan Air Pendingin (V_{tube})



Gambar.3 Perbandingan Grafik Hubungan %Plugging Terhadap Kecepatan Air Pendingin (V_{tube})

Besar kenaikan persentase *plugging* mempengaruhi kecepatan air pendingin di dalam *tube* kondensor. Jika persentase *plugging* semakin besar maka kecepatan air pendingin di dalam *tube* kondensor semakin besar. Hal ini disebabkan karena berkurangnya luas penampang *tube* yang dilalui oleh air pendingin.

IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan mengenai penurunan efektivitas perpindahan panas pada kondensor dan perbandingan efektivitas perpindahan panas pada tiap beban yang dibangkitkan berdasarkan variasi jumlah *plugging* dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Untuk beban 100% setiap kenaikan 5% atau 1868 tube menaikkan kecepatan air pendingin di dalam tube sebesar 0,042 m/s, sehingga koefisien konveksi naik sebesar 158.852 W/m²K dan menurunkan nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 0,011 atau 1,1%.
2. Untuk beban 75% setiap kenaikan 5% atau 1868 tube menaikkan kecepatan air pendingin di dalam tube sebesar 0,039 m/s, sehingga koefisien konveksi naik sebesar 148.323 W/m²K dan menurunkan nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 0,011 atau 1,1%.
3. Untuk beban 50% setiap kenaikan 5% atau 1868 tube menaikkan kecepatan air pendingin di dalam tube sebesar 0,037 m/s, sehingga koefisien konveksi naik sebesar 139.417 W/m²K dan menurunkan nilai efektivitas perpindahan panas sebesar 0,011 atau 1,1%.
4. Semakin besar beban yang dibangkitkan maka semakin kecil nilai efektivitas perpindahan panas yang diperoleh, hal ini disebabkan panas yang mengalir pada kondensor kecil apabila beban yang dibangkitkan besar.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Cengel, Yunus A dan Michael A. Boles. 2006. *Thermodynamics An Engineering Approach*, 5th edition. New York: Mac Graw-Hill.
2. Bergman, Theodore L dan Adrienne S Lavine. 2011. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 7th edition. United State: John Willey & Sons.
3. Anonim. 2016. *Chemical Operation Rules*, 2nd edition.

ANALISIS PENYEBAB *PRESSURE DROP BRINE BLOWDOWN PUMP* PADA UNIT DESALINATION PLANT

Mochamad Aljan Arisnugraha, Belyamin
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Kampus baru UI Depok, 16425 Indonesia
Tel : (021) 7270036, Fax : (021) 7270034
arisnugrahaaljan@gmail.com

Abstrak

Pompa sangat penting untuk kebutuhan industri, salah satunya pompa brine blowdown pada unit desalination plant, yang berfungsi untuk memompa air yang konsentrasinya sudah tinggi dan dibuang kembali ke laut. Desalination plant sendiri berfungsi untuk mengubah air laut menjadi air tawar dengan proses evaporasi dan kondensasi.

Menurunnya performa pompa brine blowdown secara tiba – tiba juga ketidakstabilan dalam operasinya merupakan suatu masalah yang serius dan mengganggu kinerja desalination plant yang mengakibatkan kualitas air tawar yang dihasilkan kurang baik. Indikasi menurunnya performa pompa adalah pressure drop pada sisi discharge pompa yang seharusnya tekanan normal adalah 1.5 bar dan turun menjadi 0.5 – 1 bar.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan penyebab pressure drop brine blowdown pump pada unit desalination plant dengan cara mengamati secara langsung pompa yang sedang beroperasi, pencarian faktor penyebab pressure drop dan pengambilan data log sheet. Dalam melakukan penelitian ini metode yang digunakan adalah melakukan site visit serta pengumpulan data teknis dan teoritis pompa, menentukan faktor utama penyebab pressure drop, dan melakukan pengolahan data serta analisis data secara kuantitatif. Maka hasil dari penelitian ini didapat bahwa penyebab pressure drop pompa brine blowdown adalah kavitasi yang disebabkan oleh kebocoran pada perapat antara casing pompa.

Kata Kunci : pompa, pressure drop, brine blowdown

Abstract

Pump is very important for the needs of the industry, one of the brine blowdown pump on the desalination plant unit, which serves to pump water that is already high concentration and discharged back into the sea. Desalination plant is a device which serves to convert sea water into fresh water by evaporation and condensation process.

The sudden drop in the performance of the brine blow down pump also instability in its operation is a serious problem and disrupt the performance of desalination plant that resulted in the quality of fresh water produced less good. The indication of decreased pump performance is pressure drop on the discharge side of the pump which should be the normal pressure is 1.5 bar and drops to 0.5 - 1 bar.

This research was conducted with the aim to determine the cause of pressure drop brine blowdown pump on the desalination plant unit by observing the pump in operation, searching for the cause of pressure drop and taking data log sheet. In conducting this research the method used is to conduct site visit and collecting technical data and theoretical pump, determine the main factors causing pressure drop, and perform data processing and quantitative data analysis. So the results of this study found that the cause of pressure drop brine blowdown pump is a cavitation caused by a leak in the seal between the pump casing.

Keywords : pump, pressure drop, brine blowdown.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa sangatlah penting untuk keperluan industri yang membutuhkan fluida di dalam sistem operasinya. Salah satunya pompa *brine blowdown* pada unit *desalination plant*, yang berfungsi untuk memompakan air laut yang konsentrasinya sudah tinggi dan dibuang kembali ke laut.

Menurunnya performa dari pompa *brine blowdown* secara tiba – tiba juga ketidakstabilan dalam operasinya merupakan masalah yang serius dan mengganggu kinerja desalination plant yang mengakibatkan kualitas air tawar yang dihasilkan menjadi kurang baik, indikasi turunnya performa pompa *brine blowdown* ini adalah turunnya tekanan (*pressure drop*) pada sisi *discharge* pompa yang seharusnya tekanan normal 1,5 bar menjadi 0,5-1 bar.

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan penyebab *pressure drop* di dalam pompa *brine blowdown*, dengan cara mengamati secara langsung operasi pompa di lapangan, pencarian penyebab *pressure drop* pada pompa dan pengumpulan data.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada penyusunan tugas akhir ini adalah metode studi kasus lapangan di industri. Observasi penelitian difokuskan pada kasus kerusakan mesin. Dari hasil observasi dan inventarisasi lapangan diperoleh kasus pressure drop yang terjadi pada mesin pompa brine blowdown, di unit desalination plant. Dalam melakukan penelitian pada pompa dilakukan dengan beberapa pendekatan teknis yaitu :

1. Melakukan site visit serta pengumpulan data teknis dan data teoritis pompa.
2. Menentukan faktor penyebab utama kerusakan pompa.
3. Melakukan pengolahan dan analisis data.

2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di unit *Desalination Plant*.

) Variabel terikat (*Dependent variabel*)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tekanan output, temperatur air, efisiensi dan kapasitas pada pompa brine blowdown

2.2 Peralatan Penelitian

) Pompa brine blowdown.

) Roll meter yang digunakan untuk mengukur instalasi pompa terpasang.

) Satu botol WD-40

2.3 Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan mencatat data desain manufaktur pompa, mencatat data-data parameter pompa di lapangan seperti tekanan output pompa, temperatur air yang dipompakan dan kapasitas pompa. Dan parameter yang diukur dengan perhitungan seperti efisiensi pompa, debit air dan Net Positive Suction Head (*NPSH*). Berikut data aktual yang telah didapat :

) Data spesifikasi manufaktur pompa brine blowdown dan motor penggeraknya

Tabel.1 spesifikasi Blowdown Pump

No.	Torishima Pump	
1	<i>Type size</i>	CDM 300 x 200
2	<i>Pressure</i>	3 bar A
3	<i>Total Head</i>	20 m
4	<i>Capatity</i>	368 m ³ /h
5	<i>Speed</i>	980 rpm
6	<i>Power</i>	30 KW
7	<i>Item No</i>	90GDK11AP002

No.	Fuji Electric motor 3 Phase Tabel.2 Spesifikasi motor Blowdown Pump	
1	Voltage	380 V
2	Current	58 A
3	Speed	975 rpm
4	Power	30 KW
5	PF	0,85
6	Poles	6
7	Connection	Delta

) Data aktual dilihat dari parameter
 Data ini di dapat dari parameter temperatur di stage 20 *desalination plant* dan tekanan pompa *brine blowdown* yang beroperasi saat *pressure drop*.



Keterangan :
 Temperatur stage 20 = 37

°C

Gambar.1 Temperatur air pompa *brine blowdown*



Keterangan :
 Tekanan pompa = 0,6 Bar

Gambar.2 Tekanan keluar pompa *brine blowdown*

2.4 Prosedur penelitian

Tahap pertama adalah menyiapkan alat, dalam penelitian ini alat disiapkan untuk pengukuran instalasi pompa, setelah siap semua, langkah selanjutnya adalah pencarian faktor penyebab pressure drop pada objek di lapangan. Langkah – langkah selanjutnya adalah sebagai berikut:

-) Pemeriksaan tangki hisap dan pipa hisap
-) Pemeriksaan flange / sambungan pipa dengan pompa
-) Pemeriksaan pompa
-) Pemeriksaan packing / perapat pada pompa
-) Pemeriksaan instalasi / sistem perpipaan

2.5 Teknik pengambilan data

Pengambilan data penelitian adalah sebagai berikut :

-) Pengukuran debit air pompa saat pressure drop.
-) Pengukuran efisiensi pompa saat pressure drop.
-) Pengukuran NPSH pompa saat pressure drop.

2.6 Analisis data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah kuantitatif. Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menghitung data yang diperoleh di lapangan, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan di tampilkan dalam bentuk grafis. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti.

2.7 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan fluida yang tidak dapat dimampatkan dari suatu tempat ke tempat lain yang tekanannya lebih rendah. Dengan memberikan tekanan pada fluidanya. Atas dasar kenyataan tersebut maka pompa harus mampu membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir atau berpindah. Fluida yang dipindahkan adalah fluida inkompresibel atau fluida yang tidak dapat dimampatkan.

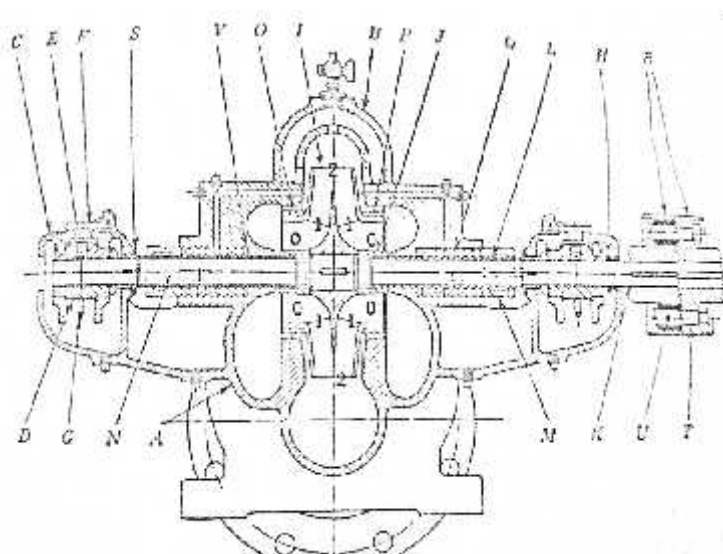
2.8 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa *dynamic (kinetic)* pompa salah satu mesin fluida hidrolik pada dasarnya digunakan untuk memindahkan fluida tidak mampat. (*incompressible fluids*). Fluida masuk dari tengah impeller secara aksial (searah poros), oleh sudu impeller, air di dorong sampai menggeser permukaan sudu hingga keluar, kemudian masuk ke dalam rumah keong (*volute*) dimana kecepatan air diubah menjadi tekanan.

2.9

Sentrifugal Double Suction

Bagian – bagian Pompa



Keterangan :

- | | |
|---------------------------|--|
| A. Rumah bagian bawah | L. Selongsong poros |
| B. Rumah bagian atas | M. Paruhan Gland |
| C. Tutup rumah bantalan | N. Baut - baut |
| D. Bantalan paruhan bawah | O. Cincin penahan aus rumah pompa |
| E. Bantalan paruhan atas | P. Cincin penahan aus impeller |
| F. Tutup lubang minyak | Q. Cincin lantera |
| G. Cincin Minyak | R. Paruhan kopling |
| H. Pelindung Minyak | S. <i>Collar</i> dorong dan pelempar air |
| I. Impeller | T. Pena – pena dan mur – mur kopling |
| J. Mur Impeller | U. Bus kopling |
| K. Poros | V. Kotak paking bagian bawah |

2.10

NPSH (*Net Positive Suction*

Head)

NPSH adalah kebutuhan minimum pompa untuk bekerja secara normal. NPSH menyangkut apa yang terjadi di bagian sisi hisap pompa (*suction*). NPSH dipengaruhi oleh pipa *suction*, ketinggian dan tekanan fluida dalam pipa *suction*, kecepatan fluida dan temperatur. NPSH dinyatakan dalam satuan *feet*.

2.11

NPSHR (*Net Positive Suction*

Head Required)

NPSHR adalah tekanan pompa pada sisi hisap yang nilainya ditentukan berdasarkan desain pompa. NPSHR bernilai positif sehingga bersifat menghambat kemampuan hisap pompa, jika pompa dengan nilai NPSHR kecil berarti pompa tersebut mempunyai kemampuan hisap yang baik.

2.12

Kavitasi

Peristiwa kavitasi adalah peristiwa pembentukan dan pecahnya gelembung dalam suatu aliran fluida cair pada kondisi tertentu. Kavitasi terjadi bila tekanan fluida pada saat memasuki pompa turun hingga di bawah tekanan uap jenuhnya (pada temperatur lingkungan), gelembung-gelembung uap kecil akan mulai terbentuk. Gelembung-gelembung uap ini akan terbawa oleh aliran fluida dan masuk pada daerah yang bertekanan lebih tinggi, sehingga gelembung akan pecah dan menimbulkan suara berisik dan getaran. Selain itu performansi pompa akan turun secara tiba-tiba sehingga pompa tidak dapat beroperasi dengan baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1

Pengolahan Data

Setelah data yang dikumpulkan sudah mencukupi, maka dilakukan pengolahan data dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

Perhitungan nilai debit pompa saat *pressure drop* dengan menggunakan persamaan dibawah ini;
[persamaan 1]

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$$
$$\frac{1,6 \text{ barA}}{3 \text{ barA}} = \frac{Q_2}{368 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$Q_2 = 196,26 \text{ m}^3/\text{jam}$$

) Perhitungan Effisiensi Pompa saat *pressure drop* dengan menggunakan persamaan di bawah;

$$\begin{aligned} \text{Effisiensi sistem pompa} &= \frac{\text{Daya Output}}{\text{Daya Input}} \times 100\% \quad [\text{persamaan 2}] \\ &= \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{V \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \theta} \times 100\% \\ &= \frac{P \cdot Q}{V \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \theta} \times 100\% \\ &= \frac{1,6 \text{ bar} \cdot 196,26 \text{ m}^3/\text{jam}}{380 \text{ V} \cdot 58,4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85} \times 100\% \\ &= \frac{160000 \text{ pascal} \cdot 0,0545 \text{ m}^3/\text{jam}}{380 \text{ V} \cdot 58,4 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85} \times 100\% \\ &= \frac{8720 \text{ watt}}{32448 \text{ watt}} \times 100\% \\ &= 26,87\% \end{aligned}$$

) Setelah didapat Effisiensi pompa, maka selanjutnya menghitung kecepatan spesifik dengan persamaan dibawah ini;

Diketahui : $Q = \frac{368}{2} \text{ m}^3/\text{jam} = 184 \text{ m}^3/\text{jam}$... (dibagi 2 karena jenis impeller *double suction*)

$$\begin{aligned} H &= 20 \text{ meter} \\ n &= 980 \text{ rpm} \end{aligned}$$

[persamaan 3]

$$n_s = \frac{Q^{0,5}}{H^{0,75}}$$

) Perhitungan NPSH yang diperlukan dengan persamaan berikut ini;

[persamaan 4]

$$H_{svN} = \sigma \cdot H_N$$

) Perhitungan NPSH yang tersedia dengan persamaan berikut ini;

[persamaan 5]

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_{ls}$$

) Berikut adalah tabel hasil perhitungan NPSH yang di dapat ;

No.	Bar	NPSH	Keterangan
1	1,6	-16,36 m	Kavitasi
2	2,01	1,6 m	Ideal

Bahwa kavitasi dapat menyebabkan *pressure drop* pada pompa.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan tentang *pressure drop* pompa brine blowdown dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

) Penyebab *pressure drop* pada pompa brine blowdown adalah kavitasi yang terjadi pada sistem dengan perhitungan di bab sebelumnya. Kavitasi disebabkan karena adanya udara luar masuk ke dalam sistem pompa yang telah di uji dengan menggunakan cairan WD-40 yang disemprotkan ke bagian gasket pada casing pompa, sehingga terlihat bahwa WD-40 yang membasahi casing terhisap ke dalam pompa.

Daftar Pustaka

- [1] R. A. Simanungkalit and M. Hazwi, "Sebagai Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Cfd," vol. 3, no. 3, pp. 172–179, 2012.
- [2] J. Delly, "Pengaruh temperatur terhadap terjadinya kavitasi pada sudu pompa sentrifugal," vol. 1, no. 1, pp. 21–28, 2009.
- [3] Puji Saksono, "Analisis efisiensi pompa centrifugal pada instalasi pengolahan air kampung damai balikpapan," pp. 1–10, 2004.
- [4] D. Studi, K. Di, and P. T. Charoen, "Desain Dan Perhitungan Teoritis Pompa Sentrifugal," no. 2, pp. 149–153, 2014.
- [5] S. Hariady, "Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101C Wtu Sungai Gerong Pt . Pertamina Ru Iii Plaju," vol. 2, no. 1, pp. 29–42, 2014.
- [6] P. Santoso and A. Satmoko, "PERHITUNGAN DAN PEMILIHAN POMPA PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR BEBAS MINERAL IRADIATOR GAMMA KAPASITAS 200 KCi," no. November, 2013.

ANALISA PENGARUH WAKTU DAN TEGANGAN TERHADAP ELEKTROPLATING NIKEL PADA INSTALASI SHAFT SEAL

Raihan Ramadhan¹, Vika Rizkia²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

Email : raihanramadhan2903@gmail.com

Abstrak

Turbin air memiliki komponen yang penting yaitu *Shaft Seal*. Fungsi dari *Shaft Seal* yaitu untuk menghilangkan kebocoran pada turbin pit dan untuk mengontrol jumlah kebocoran air yang masuk dari *Draft Tube* untuk mendinginkan *Carbon Ring*. *Shaft Seal* sendiri merupakan instalasi yang berguna mengalirkan fluida bertekanan, sehingga pada instalasi sering terjadi kegagalan yang di indikasi dengan peristiwa korosi.

Studi dimulai dengan menentukan plat baja yang sesuai dengan Instalasi pipa shaft seal, dan melakukan peroses elektroplating pada baja ST45. Proses elektroplating pada Plat Baja ST45 yaitu dengan mengalirkan arus listrik melalui larutan antara logam atau material yang konduktif. Dua buah plat logam elektroda (anoda dan katoda) dihubungkan pada kutup positif dan negatif terminal sumber arus searah (DC). Lalu spesimen di uji kekerasan dan korosifitasnya.

Hasil elektroplating di uji kekerasannya menggunakan Metode Brinell. Selanjutnya spesimen yang sudah dielektroplating ditekan dengan Indentor dengan diameter 5 [mm] dengan bobot 500 [Kg], dan diukur diameter jejak indentor dengan mikroskop. Selanjutnya spesimen diuji korosifitasnya dengan metode *Salt Spray*, spesimen dimasukkan kedalam *chamber* selama 72 jam dan pada pH 6,5 – 7,5.

Observasi studi ini telah menguji sifat dari plat bajaST45 sebelum elektroplating (murni) dan sesudah proses elektroplating nikel dengan variasi tegangan 4volt, 5volt, dan 6volt juga dengan variasi waktu 20menit, 30menit, dan 40menit. Pada pengujian kekerasan Brinell pada kondisi murni menghasilkan 124,646 BHN dan setelah proses elektroplating mencapai nilai 136,390 BHN. Untuk pengujian *Salt Spray* pada spesimen murni bagian permukaan plat yang terkorosi sebesar 33%–50% dan setelah elektroplating bagian permukaan plat yang terkorosi 0.1%-0.3%

Kata Kunci: Shaft Seal, Turbin, Elektroplating, Korosif, Nikel

Abstract

Water turbines have an important component of the Shaft Seal. The function of the Shaft Seal is to remove leakage in the pit turbine and to control the amount of water leak coming in from the Draft Tube to cool the Carbon Ring. Shaft Seal itself is a useful installation of flowing pressurized fluid, so that at the installation of frequent failures that are indicated by corrosion events.

The study begins with determining the appropriate steel plate with the installation of shaft seal pipe, and performing electroplating peroses on ST45 steel. Electroplating process on ST45 Steel Plat is by passing electric current through solution between metal or conductive material. Two metal plate electrodes (anode and cathode) are connected to the positive and negative coil terminal of the direct current source (DC). Then the specimen is tested for hardness and corrosivity.

The electroplating results in the hardness test using the Brinell Method. Subsequently the electroplated specimen was pressed with an Indentor with a diameter of 5 [mm] with a weight of 500 [kg], and measured trace diameter indenter by microscope. Subsequently the specimens were tested for corrosivity with the Salt Spray method, the specimens were fed into the chamber for 72 hours and at pH 6.5 to 7.5.

Observations of this study have examined the properties of ST45 steel plate before electroplating (pure) and after nickel electroplating process with variations of voltage 4volt, 5volt, and 6volt also with time variations of 20min, 30min, and 40min. On Brinell hardness test on pure condition yield 124,646 BHN and after electroplating process reach 136,390 BHN value. For Salt Spray testing on pure specimens the corrosive plate surface portion is 33% -50% and after electroplating the corrosive plate surface portion is 0.1% -0.3%.

Keywords: Shaft Seal, Turbine, Electroplating, Corrosive, Nickel

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Shaft seal dalam hidro-turbin adalah salah satu komponen kunci dari sistem turbin. Fungsi dari *Shaft Seal* yaitu untuk menghilangkan kebocoran pada turbin pit dan untuk mengontrol jumlah kebocoran air yang masuk dari *Draft Tube* untuk mendinginkan *Carbon Ring*. [1], instalasi *Shaft Seal* juga digunakan untuk mengalirkan fluida bertekanan. Namun sayangnya, instalasi pipa shaft seal pada PLTA rentan mengalami kebocoran akibat serangan korosi. Hal ini dikhawatirkan akan menbanjiri dan merusak komponen di dalam turbin pit karena kurangnya tekanan untuk menekan air dari *draft tube*. Dengan terindikasinya gas CO₂ pada kadar air hal ini membahayakan karena akan membentuk asam lemah yang akan menyebabkan terjadinya sweet corrosion atau korosi internal pada material, yang disebut CO₂ corrosion [2]. Korosi dapat dipengaruhi oleh laju aliran, sifat kimia, kecepatan, temperatur, tekanan parsial CO₂ dan pH. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi laju korosi pada Instalasi Pipa *Shaft Seal* dengan cara melapisi instalasi dengan cara *electroplating* sehingga nilai *Life Time* instalasi meningkat.

Elektroplating ditujukan untuk berbagai keperluan mulai dari perlindungan terhadap karat seperti pada pelapisan seng pada besi baja yang digunakan untuk berbagai keperluan bahan bangunan dan konstruksi. Pelapisan nikel dan khrom umumnya ditujukan untuk menjadikan benda mempunyai permukaan lebih keras dan mengkilap selain juga sebagai perlindungan terhadap korosi. Elektroplating atau pelapisan listrik atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan bantuan arus listrik melalui suatu elektrolit. Benda yang dilakukan pelapisan harus merupakan konduktor atau dapat menghantarkan arus listrik[3]. Elektroplating merupakan proses perlindungan yang paling tepat untuk memperkecil kerusakan pipa shaft seal, dan memberikan efek estetika serta peningkatan sifat mekanis. Elektroplating dilakukan dengan mengalirkan arus listrik melalui larutan antara logam atau material lain yang konduktif. Dua buah plat logam elektroda (anoda dan katoda) dihubungkan pada kutub positif dan negatif terminal sumber arus searah (DC). Akibat diberi tegangan dari sumber DC akan terjadinya endapan pada baja karena adanya ion-ion bermuatan listrik yang berpindah secara terus menerus dari satu elektroda melalui larutan elektrolit. Di industri ada beberapa macam logam pelapisan secara elektroplating, yaitu nikel (Ni), tembaga (Cu) dan khrom (Cr)[4]. Nikel memiliki karakteristik kekerasan dan kekuatan sedang, keuletan, daya hantar listrik dan termal yang baik, diudara kota tercemar mengalami *tarnish* (bercak noda). Salah satu logam yang digunakan sebagai pelapis pada plat baja, tembaga atau logamlogam lain agar terlindungi dari korosi dan menghasilkan permukaan yang halus serta mempunyai bentuk yang mengkilap adalah nikel. Nikel tahan terhadap panas, tahan korosi, tidak rusak oleh air laut dan alkali. Nikel bisa rusak oleh asam nitrat dan sedikit terkorosi oleh asam klorida dan asam sulfat [5].

Berdasarkan hal diatas, diketahui bahwa korosivitas yang terjadi, material pipa yang digunakan dan kandungan air yang mengalir akan mempengaruhi ketahanan pipa pada industri. Semakin tinggi nilai korosivitas dan kecepatan aliran air, maka akan memicu semakin tingginya nilai penipisan ketebalan pipa, hal ini menyebabkan nilai sisa umur pipa semakin berkurang. Hal ini menyebabkan kegagalan pada instalasi pipa Shaft Seal.

1.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan dan lama waktu pada proses elektroplating terhadap karakteristik Baja St 45 dan mengetahui pengaruh nilai kekerasan hasil lapisan elektroplating terhadap ketahanan korosi dan kondisi permukaan material shaft seal setelah melalui proses elektroplating dan pengujian Salt Spray.

1.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk mencegah kegagalan lebih lanjut pada jalur pipa dan pencegahan lebih dini dalam melakukan pemeliharaan, menentukan material, dan ketebalan pipa yang tepat sehingga kegagalan pada instalasi dapat diatasi.

II. Metode Penelitian

Spesimen plat baja ST45, dipersiapkan dengan ukuran 50 mm x30 mm x4 mm. Spesimen mengalami pra-perawatan berikut : dimulai dengan mengamplas dari ukuran #100 sampai ukuran #1000 kertas abrasif, lalu spesimen dicuci/ direndam dengan larutan HCL sampai spesimen bebas dari minyak dan kotoran, kemudian spesimen dibilas dengan air bersih. Proses elektroplating dilakukan dengan memasukan spesimen pada bak electroplating yang berisi larutan Nikel Clorida, Boric Acid, dan Nikel Amonium Sulfat. Arus listrik dari *rectifier* dihubungkan ke spesimen. Arus listrik dari kutub positif dihubungkan ke nikel yang berfungsi sebagai bahan pelapis (anoda), sedangkan kutub negatif dihubungkan ke spesimen baja sebagai katoda. Variabel Tegangan diatur dengan besar tegangan 4 volt, 5 volt, 6 volt dan setelah itu *rectifier* dinyalakan dan dihitung waktu pelapisan selama 20 , 30 , dan 40 menit. Setelah waktu pelapisan tercapai, *rectifier* dimatikan dan spesimen diangkat dari larutan, lalu sampel dicuci bersih dengan air suling dan dikeringkan. Langkah akhir adalah polishing spesimen dan proses elektroplating selesai.

Spesimen yang telah melalui proses elektroplating diuji kekerasannya dengan Metode Brinell. Setelah itu pengujian kekerasan dilakukan dengan alat brinell dengan pembebanan 500 [kg] dan diameter jejak diukur menggunakan teropong indentor. Berikut ini adalah prosedur percobaan yang dilakukan pada pengujian kekerasan dengan metode Brinell ,spesimen diletakkan pada landasan uji dan bola indentor yang digunakan adalah bola dengan diameter 5 mm. Lalu spesimen dinaikkan hingga menyentuh bola indentor, kemudian katup hidrolik dikunci. Selanjutnya tuas hidrolik ditekan berulang-ulang hingga skala pada panel menunjukkan angka 500 [kg] kemudian ditahan selama 15 detik. Setelah 15 detik katup hidrolik dibuka untuk mengembalikan beban ke posisi semula 0 [kg]. Pengambilan data kekerasan diulang sebanyak 3 kali untuk masing-masing spesimen dan diambil data rata-ratanya. Untuk pengamatan diameter indentasi dilakukan dengan menggunakan teropong Indentor dan data diameternya disesuaikan dengan tabel kekerasan [6]. Rumus perhitungan pengujian Kekerasan Brinell terdapat pada persamaan (1).

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots(1)$$

dimana

P = beban yang diberikan (Kg).

D = diameter indentor yang digunakan (mm).

d = diameter bekas lekukan (mm).

Spesimen selanjutnya diuji korosifitasnya dengan metode Salt Spray. Proses Pengujian Korosi dengan Salt Spray langkah pertama yaitu memasukkan spesimen yang disusun berdekatan ke dalam chamber dengan sudut kemiringan 15⁰ - 45⁰. Lalu pastikan jarak spesimen diatur sedemikian rupa sehingga tidak bersentuhan satu dengan yang lain. Dilakukan pengujian dengan menghidupkan mesin salt spray dengan dengan kondisi yang sama dengan suhu dan pH tetap suhu ditahan pada 30 ± 20 ⁰C, pH diatur sampai berkisar antara 6,5 – 7,5. Pengujian korosi dengan waktu ekspos 72 jam. Setelah melewati 72 jam, spesimen dipindahkan dan dikeringkan. Kemudian difoto dan produk corrosion (karat) yang menempel pada spesimen dibersihkan. Sehingga specimen dapat dilihat nilai Rush Rate-nya [7].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Kekerasan

Pada pengujian kekerasan dengan metode Brinell ini dilakukan terhadap spesimen plat baja murni dan yang sudah melalui proses elektroplating dengan variasi lama waktu electroplating dan tegangan yang digunakan. Dengan lama proses elektroplating 20menit, 30menit, dan 40menit dan juga dengan Tegangan 4volt, 5volt, dan 6volt. Pengujian kekerasan dengan metode Brinell ini dilakukan di laboratorium pengujian bahan Politeknik Negeri Jakarta. Pengujian dilakukan dengan beban 500 [kg], diameter indentor 5 [mm].

Tabel 1 Nilai Uji Kekerasan Brinell

Material	Titik	Diameter Indentasi	Diameter Bekas Lekukan Indentor (mm)	Nilai Rata-Rata Lekukan Indentor (mm)	Harga Kekerasan Brinell
Tanpa Coating	1	5 (mm)	2,15	2,2	124,646 BHN
	2	5 (mm)	2,2		
	3	5 (mm)	2,25		
20 Menit 4 volt	1	5 (mm)	2,15	2,166	129,735 BHN
	2	5 (mm)	2,2		
	3	5 (mm)	2,15		
20 Menit 5 volt	1	5 (mm)	2,15	2,15	131,058 BHN
	2	5 (mm)	2,15		
	3	5 (mm)	2,15		
20 Menit 6 volt	1	5 (mm)	2,2	2,2	124,464 BHN
	2	5 (mm)	2,2		
	3	5 (mm)	2,2		
30 Menit 4 volt	1	5 (mm)	2,15	2,133	133,811 BHN
	2	5 (mm)	2,1		
	3	5 (mm)	2,15		
30 Menit 5 volt	1	5 (mm)	2,15	2,15	131,058 BHN
	2	5 (mm)	2,15		
	3	5 (mm)	2,15		
30 Menit 6 volt	1	5 (mm)	2,15	2,133	133,811 BHN
	2	5 (mm)	2,15		
	3	5 (mm)	2,1		
40 Menit 4 volt	1	5 (mm)	2,1	2,116	136,390 BHN
	2	5 (mm)	2,15		
	3	5 (mm)	2,1		
40 Menit 5 volt	1	5 (mm)	2,1	2,15	131,058 BHN
	2	5 (mm)	2,2		
	3	5 (mm)	2,15		
40 Menit 6 volt	1	5 (mm)	2,2	2,166	129,723 BHN
	2	5 (mm)	2,15		
	3	5 (mm)	2,15		

Pengujian kekerasan bahan bertujuan untuk menentukan ketahanan suatu bahan apabila bahan tersebut diberi beban dari luar. Dari data hasil pengujian kekerasan permukaan spesimen dapat ditunjukkan dalam bentuk tabel untuk membandingkan kekerasan permukaan spesimen sebelum dilapisi dan

sesudah dilapisi permukaannya. Tabel 1 memperlihatkan nilai kekerasan permukaan sebesar 124,646 BHN. Setelah dilapisi Ni, meningkat secara signifikan sebesar 136,390 BHN. Hal ini disebabkan karena lapisan nikel mempunyai fungsi untuk meningkatkan kekerasan lapisan permukaan. Pada proses electroplating dengan variasi tegangan listrik dan waktu menyebabkan perbedaan nilai kekerasan permukaan pada spesimen. Nilai kekerasan permukaan spesimen ST. 45 cenderung meningkat setelah dilapisi permukaannya. Hasil uji kekerasan mempunyai nilai optimum pada spesimen ST.45 dengan tegangan listrik 4volt dan lama pencelupan 40 menit sebesar 136,390 BHN. Sedangkan pada Tegangan 6 volt dan waktu pencelupan 20 menit tidak terjadi peningkatan nilai kekerasan yaitu tetap dengan nilai 124,464BHN.

Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 4 volt dan lama 40 menit electroplating memberikan konduktivitas arus terbaik dan mobilitas ion-ion nikel menuju katoda untuk membentuk endapan menjadi optimum. Semakin lama waktu pelapisan maka semakin banyak ion nikel yang menempel pada permukaan spesimen, sehingga lapisan nikel lebih padat yang menyebabkan kerapatan permukaan pada spesimen meningkat. Lama waktu pelapisan mempunyai nilai yang optimal pada waktu 40 menit dan tegangan 4volt dan apabila dinaikkan lagi dapat menurunkan nilai kekerasan permukaan spesimen. Hal ini disebabkan karena ion-ion nikel yang menempel pada permukaan spesimen mempunyai sifat jenuh, sehingga dapat merusak ikatan lapisan spesimen yang mengakibatkan penurunan kekerasan permukaan spesimen.

2. Uji Salt Spray

Pengujian Salt Spray bertujuan untuk menentukan ketahanan suatu bahan apabila bahan tersebut diberi kondisi yang memungkinkan terjadinya korosi melalui suatu alat. Dari data hasil pengujian salt spray permukaan spesimen dapat ditunjukkan dalam bentuk gambar untuk membandingkan kondisi permukaan spesimen sebelum pengujian dan sesudah pengujian permukaannya.



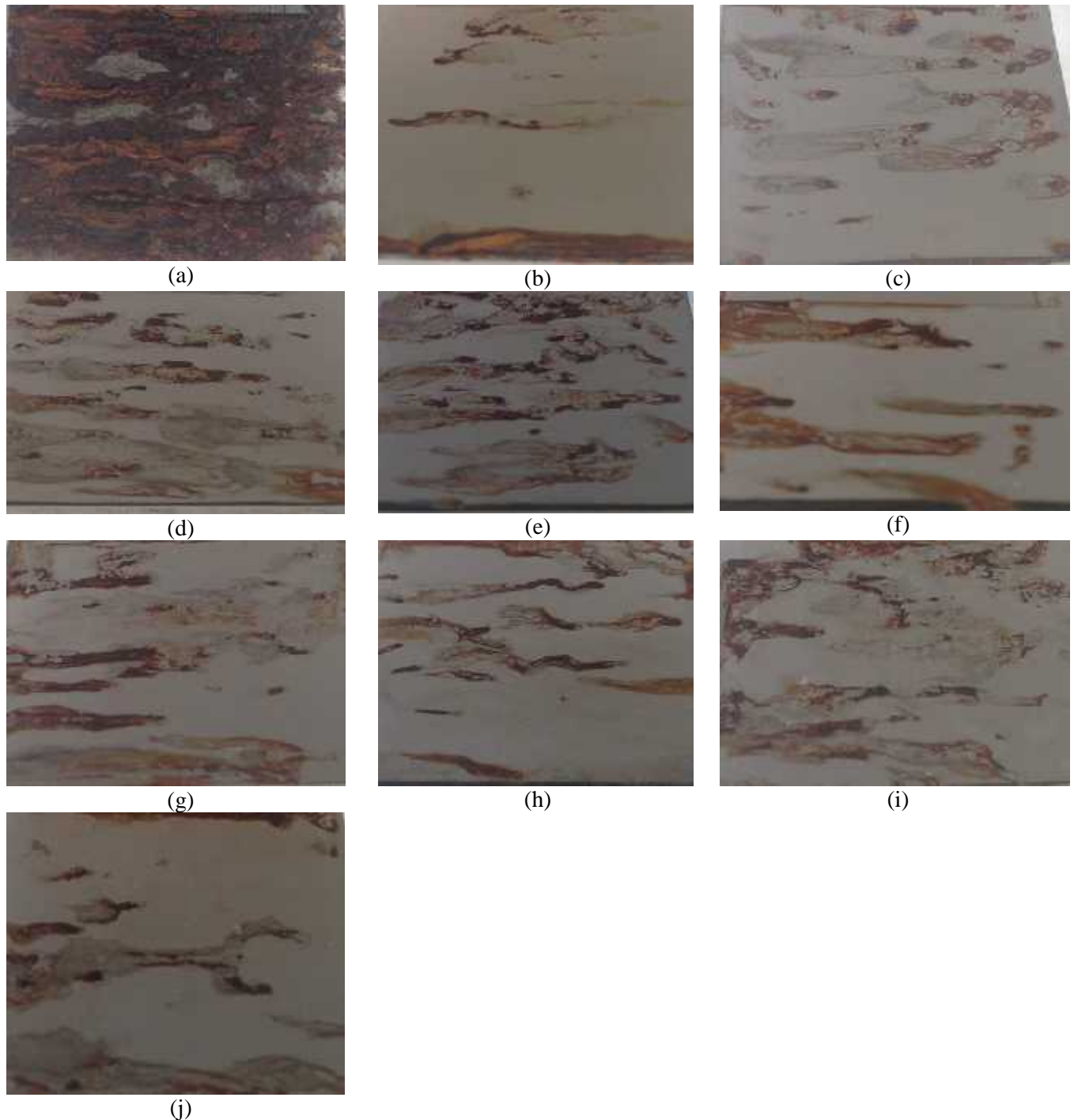
(a)

(b)

Gambar 1 a) Kondisi Plat Murni sesudah Uji Salt Spray dan b) sebelum uji Salt Spray

memperlihatkan nilai Rush Rate 1-G (General) sebesar 33% sampai 50% . Setelah dilapisi Ni, permukaan secara signifikan berubah menjadi lebih tahan korosi yaitu pada Material uji dengan Tegangan 4volt dan waktu electroplating 20 menit dengan nilai Rush Rate 7-G (General) sebesar 0,1% sampai 0,3%. Hal ini disebabkan karena lapisan nikel mempunyai fungsi untuk meningkatkan ketahanan korosi lapisan permukaan. Pada proses

elektroplating dengan variasi tegangan listrik dan waktu menyebabkan perbedaan nilai kekerasan permukaan pada spesimen.



Gambar 2 : Kondisi permukaan spesimen setelah uji Salt Spray (a) Tanpa Elektroplating, (b) Spesimen $t = 20$ menit, $V=4$ volt, (c) Spesimen $t = 20$ menit, $V = 5$ volt, (d) Spesimen $t = 20$ menit, $V = 6$ volt, (e) Spesimen $t = 30$ menit, $V = 4$ volt, (f) Spesimen $t = 30$ menit, $V = 5$ volt, (g) Spesimen $t = 30$ menit, $V = 6$ volt, (h) Spesimen $t = 40$ menit, $V = 4$ volt, (i) Spesimen $t = 40$ menit, $V= 5$ volt, (j) Spesimen $t = 40$ menit, $V= 6$ volt.

Pada permukaan spesimen baja karbon ST. 45 ketahanan terhadap korosi cenderung meningkat setelah dilapisi permukannya. Hasil uji salt spray mempunyai nilai optimum pada spesimen ST.45 dengan tegangan listrik 4volt dan lama pencelupan 20 menit sebesar 0,1% sampai 0,3% daerah yang terkorosi . Sedangkan pada Tegangan 5 volt dan waktu pencelupan 40 menit daerah permukaan yang terkorosi cukup luas dengan nilai Rush Rate 3-G (General) sebesar 10% sampai 16%.

Hal ini menunjukkan bahwa pada tegangan 4 volt dan lama 20 menit elektroplating memberikan proteksi terhadap korosi terbaik dan mobilitas ion-ion nikel menuju katoda untuk membentuk endapan menjadi optimum. Semakin lama waktu pelapisan maka semakin banyak ion nikel yang menempel pada permukaan spesimen, sehingga lapisan nikel lebih padat yang menyebabkan kerapatan permukaan pada spesimen meningkat. Lama waktu pelapisan mempunyai nilai yang optimal pada waktu 20 menit dan tegangan 4volt dan apabila dinaikkan lagi dapat menurunkan nilai ketahanan korosivitas permukaan spesimen. Hal ini disebabkan karena ion-ion nikel yang menempel pada permukaan spesimen mempunyai sifat jenuh, sehingga dapat merusak ikatan lapisan spesimen yang mengakibatkan penurunan korosifitas permukaan spesimen.

IV. KESIMPULAN

Dari proses yang dilakukan dengan variasi tegangan listrik dan waktu pelapisan pada proses elektroplating nikel untuk uji tampak fisik, salt spray dan uji kekerasan dari baja ST. 45 didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan dan lama waktu saat pelapisan berpengaruh pada tampak fisik, ketebalan lapisan dan kekerasan. Semakin tinggi tegangan dan lama waktu pelapisan menghasilkan lapisan yang semakin keras. Hasil uji kekerasan menghasilkan hasil pelapisan yang paling keras menurut metode brinell adalah pada material 40 menit 4 volt dibandingkan dengan spesimen yang lainnya.
2. Ketahanan korosi lapisan juga dipengaruhi oleh ion nikel saat pelapisan elektroplating. Semakin rapat ion tersebut akan membuat ketebalan lapisan semakin meningkat. Akan tetapi pada spesimen spesimen uji 40 menit 5 volt, terjadi penurunan ketahanan terhadap korosi yang diidikasi dengan daerah yang terjadi korosi cukup luasdengan nilai 10% sampai dengan 16%. Hal ini dikarenakan adanya kejenuhan ion untuk menempel pada spesimen yang mulai timbul pada tegangan dan lama waktu tertentu. Tegangan dan lama waktu pelapisan yang optimum untuk melakukan elektroplating didapatkan pada spesimen uji 20 menit 4 volt, diindikasi daerah yang terjadi korosi cukup kecil dengan presentase sebesar 0,1% sampai dengan 0,3% .

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crane Packing Company, Packing and Mechanical seals, Norton Grove, Illinois, 1973 Arne Kjolle, Hydropower in Norway, Mechanical Equipment, Trondheim, Dec. 2001.
- [2] M. B. Kermani, J. C. Gonzales, G. L. Turconi, T. Perez, dan C. Morales, Material Optimisation in Hydrocarbon Production, Corrosion paper 2005 No. 05111, NACE International, 2005.
- [3] Arsianto, Ashar, Mengenal Teknologi Pelapisan Logam, Balai Besar Logam dan Mesin: Bandung.
- [4] Arsianto, Ashar, Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik (Elektroplating), Balai Besar Logam dan Mesin: Bandung.

- [5] Abu.M, Gunawan.A.D, Triadi.N.D, Subagyo.D, Wibowo.E., 2006, Elektroplating Dekortif Protektif dengan Kapasitas Larutan Elektrolit Nikel 20 L dan Khrom 10 L, Vol. 14, No. 2, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [6] ASTM E 10-01. 2004. Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials. ASTM International.
- [7] ASTM D601-01 Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surface.

ANALISIS PERFORMA INTERCOOLER TYPE PLATE HEAT EXCHANGER UNIT 1 PLTP DARAJAT

Andi Sulaiman¹, Fajar Syaputra², Cecep Slamet Abadi³

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

andi.sulaiman666@gmail.com; fajarsyaputra380@gmail.com

Abstrak

Intercooler merupakan bagian dari sistem pendingin Bantu yang berfungsi mendinginkan water secondary menggunakan water primary secara non direct contact. Media pendinginan intercooler di pembangkit listrik panas bumi Darajat ini menggunakan tipe Plate Heat Exchanger (PHE). Proses pendinginan pada Intercooler tidak selamanya berlangsung baik seperti di pembangkit listrik panas bumi Darajat. Proses pendinginan Intercooler pada tanggal 30 maret 2017 s/d 4 April 2017 sedang mengalami penurunan performa dikarenakan temperatur masuk dan keluar baik dari sisi primary atau secondary masih tinggi dan banyaknya kotoran yang menempel pada plat sehingga proses heat transfer yang dihasilkan tidak maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperature terhadap performa intercooler dan mengetahui pengaruh kebersihan plat terhadap performa intercooler. Metode pengambilan data yang digunakan adalah pengambilan data secara langsung, yaitu pengambilan data operasi pembangkit yang terekam di control room pembangkit listrik panas bumi Darajat. Untuk metode secara tidak langsung dilakukan dengan perhitungan sesuai rumus yang dibutuhkan. Hasil dari analisis ini berupa kondisi perbandingan antara temperature terhadap kalor yang dihasilkan baik dalam bersih maupun kotor. Kalor yang dilepas atau diterima pada kondisi plat bersih $\pm 50\%$ dari kondisi plat dalam keadaan kotor dan perbandingan temperature masuk dan keluar terutama pada sisi secondary yang tinggi menyebabkan penurunan performa pada intercooler.

Kata Kunci : Heat Exchanger, Plate Heat Exchanger, Intercooler, Heat Transfer

Abstract

Intercooler is part of an auxillary cooling system that serves cools secondary water used primary water in non direct contact . Cooling media intercooler in Darajat geothermal power plant it uses plate heat exchanger type (PHE) . The process of cooling on intercooler never lasted that well as in geothermal power plant Darajat. The process of cooling intercooler on march 30th 2017 until 4th april 2017 was drop performance because the in and out temperature on both of primary or secondary still high and dirt attached to the plate so that the heat transfer is not well produced. The purpose of this research is to find the influence of temperature for performance and also to knows the influence of hygiene plate for intercooleer performance. The method for collecting data is by collecting the data directly , that mean collecting the data plant operation that recorded in geothermal power plant Darajat control room. For indirect method is done by calculation of appropriate formula that needed. The result of this analysis is the comparison between temperature of heat in clean and dirty . Heat transfer is released or accepted plate in clean condition is around 50% plate in dirty condition and comparison in and out temperature especially with secondary high performance cause the intercooler to drop.

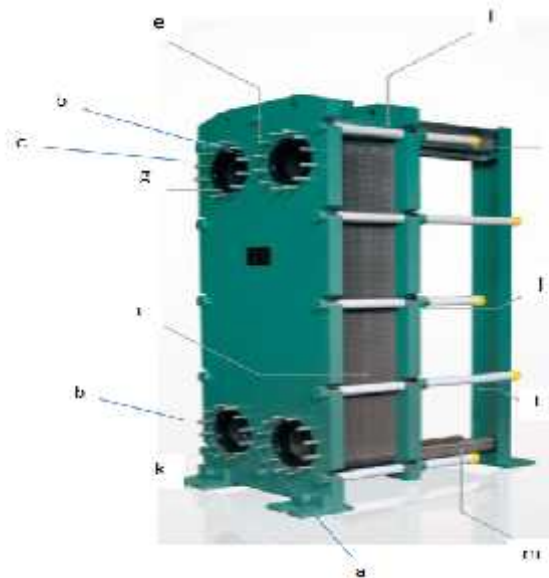
keyword : Heat Exchanger, Plate Heat Exchanger, Intercooler, Heat Transfer

I. PENDAHULUAN

Sistem pada PLTP terbagi menjadi beberapa macam, salah satunya sistem pendingin bantu yang terdiri dari *Primary Intercooler Pump*, *Backwash Primary Intercooler*, *Secondary Intercooler Pump*, dan *Intercooler*. *Intercooler* merupakan bagian dari Sistem Pendingin Bantu yang berfungsi mendinginkan air *secondary* menggunakan air *primary* secara *non direct contact*. Media pendinginan *intercooler* di PLTP Darajat ini menggunakan tipe *Plate Heat Exchanger* (PHE).^[1] Proses pendinginan pada *Intercooler* tidak selamanya berlangsung baik seperti di PLTP Darajat. Proses pendinginan *Intercooler* pada tanggal 30 maret 2017 s/d 4 April 2017 sedang mengalami penurunan performa dikarenakan *temperature* masuk dan keluar baik dari sisi *primary* atau *secondary* masih tinggi dan banyaknya kotoran yang menempel pada plat sehingga proses *heat transfer* yang dihasilkan tidak maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *temperature* terhadap performa *intercooler* dan mengetahui pengaruh kebersihan plat terhadap performa *intercooler*.

II. METODE PENELITIAN

Jenis *Intercooler* pada PLTP Darajat menggunakan tipe *Plate Heat Exchanger* (PHE). *Plate Heat Exchanger* (PHE) adalah alat penukar kalor dengan bentuk plat. Komponen utama dari PHE (*Plate Heat Exchanger*) adalah plat-plat yang tersusun berjajar sebagai tempat perpindahan panas. Nama lain dari unit *plate heat exchanger* adalah *plate and frame heat exchanger*. Adanya nama "*frame*" disebabkan karena memang selain plat-plat sebagai komponen utama ada komponen "*frame*" yang berfungsi sebagai penyangga unit yang terletak di bagian pinggir.^[4]

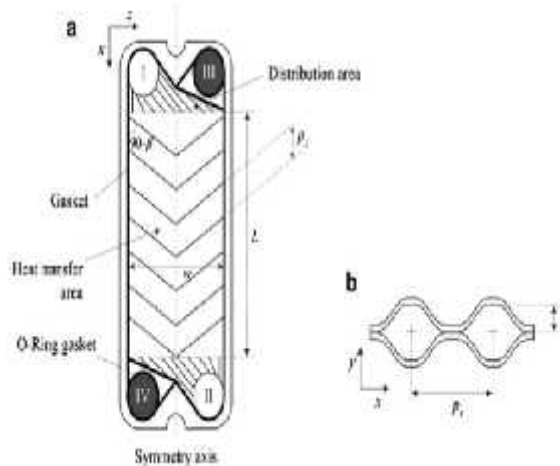


Gambar.1 Intercooler Type Plate Heat Exchanger

Komponen *Intercooler* :

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| a) Sisi Suction Primary | h) Upper Guide Bar |
| b) Sisi Discharge Primary | i) Plate with Gasket |
| c) Sisi Suction Secondary | j) Tightening Bolts/Nuts |
| d) Sisi Discharge Secondary | k) Base Plate |
| e) S-Frame | l) Guide Bar Support |
| f) E-Frame | m) Lower Guide |
| g) Nozzle | |

2.1 Perhitungan Plate Heat Exchanger (PHE) ^[3]



Gambar 2. Geometri PHE tipe plat chevron ^[2]

a. Plate Geometry

) *Effective Number OF plate*

$$N_e = N_t - 1 \quad [\text{Persamaan. 1}]$$

) *Plate Pitch*

$$p = \frac{L_c}{N_t} \quad [\text{Persamaan. 2}]$$

) *Number Channel Per Pass*

$$N_{cp} = \frac{N_e}{2 \times N_p} \quad [\text{Persamaan. 3}]$$

) *Mean Flow Channel Gap*

$$b = p - t \quad [\text{Persamaan. 4}]$$

) *Single Plate Heat Transfer Area*

$$A_1 = \frac{A_c}{N_e} \quad [\text{Persamaan. 5}]$$

) *Projected Plate Area*

$$A_{1p} = (LV - DP) \times LW \quad [\text{Persamaan. 6}]$$

) *Enlargement Factor*

$$\phi = \frac{A_1}{A_{1p}} \quad [\text{Persamaan. 7}]$$

) *Channel Hydraulic Diameter*

$$D_h = \frac{2b}{\phi} \quad [\text{Persamaan. 8}]$$

b. Heat Transfer Analysis

) *Mass Flow Rate Per Channel*

$$\dot{m}_{cp} = \frac{\dot{m}}{N_{cp}} \quad [\text{Persamaan. 9}]$$

) *Mass Velocity*

$$G_c = \frac{\dot{m}}{N_{cp} \times b \times L_w} \quad [\text{Persamaan. 10}]$$

) *Reynold Number*

$$Re = \frac{G_c \times D_h}{\mu} \quad [\text{Persamaan. 11}]$$

) *Nusselt Number*

$$Nu = Ch \times Re^{N_x} Pr^{0.4} \times \left(\frac{\mu_c}{\mu_h}\right)^{0.17} \quad [\text{Persamaan. 12}]$$

) *Heat Transfer Coefficient*

$$h = \frac{Nu_{ak}}{D_c} \quad [\text{Persamaan. 13}]$$

) Fouled surface Overall Heat Transfer Coefficient

$$\frac{1}{U_{of}} = \frac{1}{h_{tot}} + \frac{z}{k_p} + \frac{1}{h_{cold}} + R_f \quad [\text{Persamaan. 14}]$$

c. Logarithmic Mean Temperature Different (LMTD)

$$TLMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad [\text{Persamaan. 15}]$$

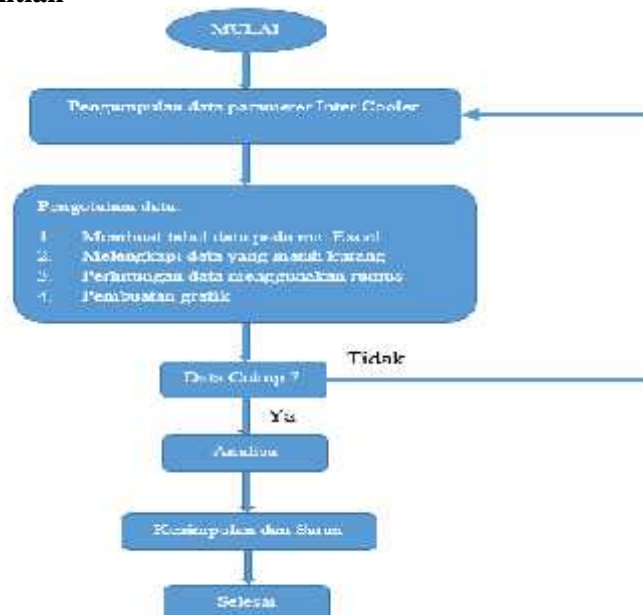
d. Heat Required

$$\dot{Q} = U_{of} \times A_c \times \Delta T_{LMTD} \quad [\text{Persamaan. 16}]$$

Keterangan:

- ϕ = faktor perpanjangan
- A_c = Total luas efektif plat [m]
- L_p = selisih jarak *port* vertikal dengan diameter *port* [m]
- L_w = jumlah jarak *port* horizontal dengan diameter *port* [m]
- L_v = jarak *port* vertikal [m]
- L_h = jarak *port* horizontal [m]
- b = jarak rata-rata kanal [m]
- p = *pitch* plat [m]
- t = tebal plat [m]
- L_c = tebal plat yang terkompresi [m]
- N_t = jumlah total plat
- G_c = percepatan laju alir pada kanal [kg/m².s]
- D_e = diameter ekuivalen [m]
- N_p = jumlah laluan [pass]
- μ = viskositas dinamis [Ns/m²,Pa.s]
- U_{of} = Overall Heat Transfer Coefficient [W/m².°C]
- h = heat transfer coefficient [W/m².°C]
- K_p = koefisien konduksi plat [W/m.°C]
- \dot{Q} = heat required [KW]

2.2 Metode Penelitian



Gambar.3 flow Chart Metode Penelitian

Penelitian dimulai dari melakukan pengumpulan data parameter *Intercooler*, setelah data terkumpul maka akan dibuat tabel data pada Ms. Excel dan dilakukan perhitungan data menggunakan rumus serta dibuat grafik agar lebih jelas dan di analisa sehingga dapat ditarik kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan.

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Awal

ket	Tanggal	Temp Masuk Sisi Primary	Temp Keluar Sisi Primary	Temp Masuk Sisi Secondary	Temp Keluar Sisi Secondary
bersih	13-Mar	29,453	32,880	35,867	33,873
	14-Mar	29,180	32,192	35,544	33,564
	15-Mar	29,272	32,240	35,704	33,660
	16-Mar	29,328	32,368	36,016	34,008
	17-Mar	29,768	32,828	36,616	34,680
	18-Mar	29,636	32,628	36,692	34,656
kotor	30-Mar	29,352	32,348	38,464	36,536
	31-Mar	29,852	32,848	39,220	37,224
	01-Apr	29,648	32,688	39,412	37,456
	02-Apr	29,536	32,536	39,628	37,732
	03-Apr	29,548	32,596	39,984	38,020
	04-Apr	29,200	32,173	39,864	37,955

Tabel.1 Data *intercooler* dari Control Room

No	<i>fluid Properties</i>	Simbol	Nilai	Satuan
1	<i>Plate Material</i>	Ti	-	-
2	<i>Plate Thickness</i>	t	0,6	mm
3	<i>Chevron Angle</i>		60	<°>
4	<i>Total Number of Plates</i>	Nt	97	buah
5	<i>Enlargement Factor</i>		1,024	-
6	<i>Number Of passes</i>	Np	1	Pass
7	<i>Total Effective Area</i>	Ac	71,3	m ²
8	<i>All Port Diameter</i>	D	0,2	m
9	<i>Compressed Plate Pack Lenght</i>	Lc	0,624	m
10	<i>Vertical Port Distance</i>	Lv	1,45	m
11	<i>Horizontal Port Distance</i>	Lh	0,37	m
12	<i>Effective Channel Width</i>	lw	0,58	m
13	<i>Thermal Conductivity of Plate</i>	Kp	21,9	W/m. °C

Tabel.2 Spesifikasi Plate Heat Exchanger

3.2 Contoh Perhitungan *Plate Heat Exchanger*

1. *Plate Geometry*

a. *Effective Number OF plate*

$$N_t = N_t - 1$$

$$N_t = 97 - 1$$

$$N_t = 96$$

b. *Number Channel Per Pass*

$$N_{cp} = \frac{N_s}{2 \times N_T}$$

$$N_{cp} = \frac{96}{2 \times 1}$$

$$N_{cp} = 48$$

c. *Plate Pitch*

$$P = \frac{L_c}{N_t}$$

$$P = \frac{0,624}{97}$$

$$P = 0,00643 \text{ m}$$

d. *Mean Flow Channel Gap*

$$b = p - t$$

$$b = 0,00643 - 0,0006$$

$$b = 0,00583 \text{ m}$$

e. *Single Plate Heat Transfer Area*

$$A_1 = \frac{A_c}{N_s}$$

$$A_1 = \frac{71,3}{96}$$

$$A_1 = 0,743 \text{ m}^2$$

f. *Projected Plate Area*

$$A_{1p} = L_p \times L_w$$

$$A_{1p} = (L_v - D_p) \times L_w$$

$$A_{1p} = (1,45 - 0,2) \times 0,58$$

$$A_{1p} = 0,725 \text{ m}^2$$

g. *Enlargement Factor*

$$\phi = \frac{A_1}{A_{1p}}$$

$$\phi = \frac{0,743}{0,725}$$

$$\phi = 1,024$$

h. *Channel Hydraulic Diameter*

$$D_h = \frac{2b}{\phi}$$

$$D_h = \frac{2 \times 0,00583}{1,024}$$

$$D_h = 0,0114 \text{ m}$$

2. *Heat Transfer Analysis*

a. *Mass Flow Rate Per Channel*

$$\dot{m}_{cp} = \frac{\dot{m}}{N_{cp}}$$

$$\dot{m}_{cp,hot} = \frac{97,222}{48} = 2,025 \text{ Kg/s}$$

$$\dot{m}_{cp,cold} = \frac{277,78}{48} = 5,787 \text{ Kg/s}$$

b. *Mass Velocity*

$$G_c = \frac{\dot{m}_{cp}}{A_{CH}}$$

$$G_c = \frac{\dot{m}}{N_{cp} \times b \times L_w}$$

$$G_{c,hot} = \frac{2,025}{(0,00583 \times 0,58)} = 599 \text{ Kg/m}^2 \text{ s}$$

$$G_{c,cold} = \frac{5,787}{(0,00583 \times 0,58)} = 1712 \text{ Kg/m}^2 \text{ s}$$

c. *Reynold Number*

$$Re = \frac{G_c \times De}{\mu}$$

$$Re_{hot} = \frac{599 \times 0,011}{7,210 \times 10^{-4}} = 9460,899$$

$$Re_{cold} = \frac{1711,446 \times 0,011}{7,790 \times 10^{-4}} = 25018,81$$

d. *Nusselt Number*

	60
Re	> 400
C _h	0,108
N	0,703

$$Nu = C_h \times Re^N \times Pr^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{\mu_c}{\mu_h}\right)^{0,17}$$

$$Nu_{hot} = 0,108 \times 9460,899^{(0,703)} \times 4,84^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{7,790 \times 10^{-4}}{7,210 \times 10^{-4}}\right)^{0,17}$$

$$Nu_{hot} = 115,478$$

$$Nu_{cold} = 0,108 \times 25018,810^{(0,703)} \times 5,26^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{7,790 \times 10^{-4}}{7,210 \times 10^{-4}}\right)^{0,17}$$

$$Nu_{cold} = 235,205$$

e. *Heat Transfer Coefficient*

$$h = \frac{Nu \times k}{D_c}$$

$$h(\text{hot}) = \frac{115,478 \times 0,623}{0,011}$$

$$h(\text{hot}) = 6317,504 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$h(\text{cold}) = \frac{235,205 \times 0,617}{0,011}$$

$$h(\text{cold}) = 12743,55 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

f. Overall Heat Transfer Coefficient

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_{tot}} + \frac{t}{k_p} + \frac{1}{h_{cold}}$$

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{6317,504} + \frac{0,0006}{21,9} + \frac{1}{12743,55}$$

$$U_o = 3789,314 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

g. Fouled surface Overall Heat Transfer Coefficient

$$\frac{1}{U_{of}} = \frac{1}{h_{tot}} + \frac{t}{k_p} + \frac{1}{h_{cold}} + R_f$$

$$U_{of} = 1602,157 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

3. Logarithmic Mean Temperature Different (LMTD)

$$\Delta T_1 = 35,867 - 32,880 = 2,987 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 33,873 - 29,453 = 4,429 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$TLMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

$$TLMTD = \frac{2,987 - 4,429}{\ln\left(\frac{2,987}{4,429}\right)}$$

$$TLMTD = 3,657 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. a. Heat Required pada kondisi operasi

$$Q = U_o \times A_c \times \Delta T_{LMTD}$$

$$Q = 3785,603 \times 71,3 \times 4,067$$

$$\dot{Q} = 986,974 \text{ KW}$$

b. Heat Required Pada kondisi Operasi dengan Faktor Pengotoran (R_f)

$$\dot{Q} = U_{of} \times A_c \times \Delta T_{LMTD}$$

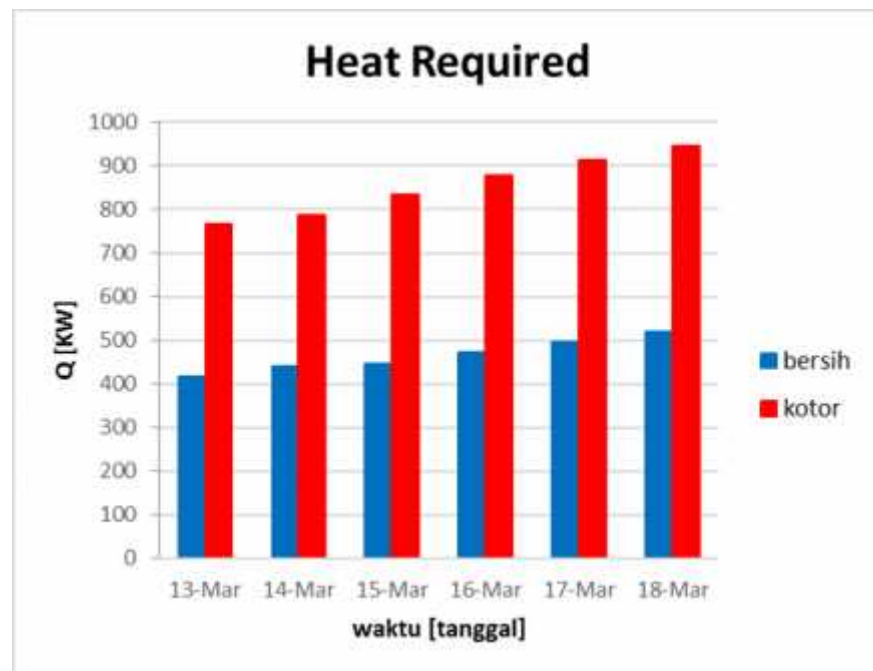
$$Q = 1602,157 \times 71,3 \times 4,067$$

$$\dot{Q} = 417,710 \text{ KW}$$

3.3 Perbandingan *Heat Required* Dalam Kondisi Bersih dan Kotor

ket	Tanggal	Temp Masuk Sisi	Temp Keluar Sisi	Temp Masuk Sisi	Temp Keluar Sisi	heat required (Q)
bersih	13-Mar	29,453	32,880	35,867	33,873	417,71
	14-Mar	29,180	32,192	35,544	33,564	438,561
	15-Mar	29,272	32,240	35,704	33,660	446,354
	16-Mar	29,328	32,368	36,016	34,008	473,566
	17-Mar	29,768	32,828	36,616	34,680	495,554
	18-Mar	29,636	32,628	36,692	34,656	518,438
kotor	30-Mar	29,352	32,348	38,464	36,536	765,092
	31-Mar	29,852	32,848	39,220	37,224	786,347
	01-Apr	29,648	32,688	39,412	37,456	832,673
	02-Apr	29,536	32,536	39,628	37,732	877,273
	03-Apr	29,548	32,596	39,984	38,020	911,927
	04-Apr	29,200	32,173	39,864	37,955	945,824

Tabel.3 hasil *Heat Required* Dalam Kondisi Bersih dan kotor



Grafik 1. *Heat required* dalam kondisi bersih dan kotor

Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa kondisi plat dalam keadaan bersih lebih cepat untuk menerima atau melepaskan kalor sedangkan kondisi plat dalam keadaan kotor relatif lebih lama untuk menerima atau melepaskan kalor dikarena pada tanggal 30 Maret 2017 s/d 4 April 2017 banyaknya kotoran yang menempel pada plat sehingga proses *heat transfer* yang terjadi relatif lebih lama.

1. Terdapat 2 kondisi pada tanggal 13 maret 2017 s/d 18 maret 2017 kondisi *Intercooler* masih dalam keadaan baik sehingga performa *Intercooler* masih sangat baik terlihat pada data operasi bahwa suhu pada tanggal tersebut baik *temperature* pada sisi *primary* maupun *secondary* masih dalam toleransi normal sesuai dengan batasan *temperature design* sedangkan pada tanggal 30 maret 2017 s/d 4 April 2017 kondisi *Intercooler* sudah dalam penurunan performa terlihat pada data operasi dimana *temperature* pada sisi *secondary* sudah melebihi batasan dari *temperature design*.
2. Penurunan performa pada *intercooler* terjadi karena banyaknya kotoran yang menempel pada plat *Intercooler* sehingga *temperature* meningkat dan menyebabkan penurunan performa pada *intercooler*.
3. Kebersihan plat sangat berpengaruh terhadap performa *intercooler* dapat dilihat besar kalor yang dilepas atau diterima oleh *Plate Heat Exchanger*. Pada kondisi plat *intercooler* dalam keadaan bersih kalor yang harus dilepas atau diterima relatif lebih kecil sebesar 417,711 – 518,438 KW. Sedangkan, pada kondisi plat *intercooler* dalam keadaan kotor besar kalor yang diterima atau dilepas relatif lebih besar sebesar 765,092 - 945,824 KW. Dapat disimpulkan bahwa kalor yang dilepas atau diterima pada kondisi plat *intercooler* dalam keadaan bersih $\pm 50\%$ dari kondisi plat dalam keadaan kotor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://id.scribd.com/doc/139154224/laporan-PLTP-DARAJAT>
- [2] Saunders, E. A. D. *Heat Exchangers – Selection, Design and Contruction*. New York : John Wiley & Sons. 1988.
- [3] *Hand book Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*, Third Edition.
- [4] *Design and Cost Optimization of Plate Heat Exchanger, Research Inveny: Internasional Jurnal Of Engineering and science*, Vol. 4, issue 10 (oktober 2014), PP 43-48.

INVESTIGASI PERMASALAHAN VIBRASI PADA SEA WATER BOOSTER PUMP (B) MENGGUNAKAN METODE ANALISA SPEKTRUM

Dwi Cahyanti Putri¹, Andi Ulfiana², Cecep Slamet Abadi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia,

Telp: (62-21) 7270036, Fax: (62-21) 7270034

dwicahyantiputri@gmail.com

Abstrak

Sea Water Booster Pump (SWBP) merupakan salah satu pompa jenis sentrifugal yang digunakan di Industri Pembangkitan Tenaga Listrik. Pompa ini digunakan untuk menambah tekanan pada air laut yang berasal dari Circulating Water Pump (CWP) dan mengalirkan air laut menuju Close Cooling Water Heat Exchanger (CCWHE) yang berfungsi sebagai media pendingin di cooling water system. Dari peninjauan di lapangan saat kegiatan preventive maintenance dilakukan, ditemukan suatu indikasi suara dan temperatur yang tidak normal di bearing house sisi bebas pada Sea Water Booster Pump. Berdasarkan pengalaman di lapangan, apabila ditemukan indikasi tersebut maka diketahui bahwa pompa tersebut mengalami vibrasi yang berlebih atau tidak dalam batasan aman. Untuk memastikan bahwa vibrasi berlebih merupakan penyebab indikasi tersebut, maka metode Root Cause Failure Analysis (RCFA) dapat digunakan. Setelah penyebab indikasi ketidak normalan pada pompa diketahui, maka dilakukan proses pengukuran dan analisis penyebab vibrasi dengan menggunakan analisa spektrum untuk mengetahui komponen apa yang mengalami vibrasi berlebih, tingkat keparahan vibrasi yang terjadi, serta mengindikasikan diperlukan atau tidak nya tindakan perbaikan sebagai solusi permasalahan. Proses analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA). Dari penelitian ini, hasil yang didapatkan yaitu menentukan rekomendasi nilai vibrasi pada range 0.28 – 4.50 [mm/s] pada Sea Water Booster Pump dan mengembalikan kondisi vibrasi pompa menjadi normal kembali.

Kata Kunci: *Vibrasi, Analisis Spektrum, Sea Water Booster Pump, RCFA, FMEA.*

Abstract

Sea Water Booster Pump (SWBP) is one of the centrifugal pumps type used in Powerplant Industry. This pump is used to increase the pressure on seawater from Circulating Water Pump (CWP) and drain it to Close Cooling Water Heat Exchanger (CCWHE) as a cooling media in cooling water system. From field observations during preventive maintenance activities, an indication of abnormal sounds and temperatures was recorded in free-side bearing house of Sea Water Booster Pump. Based on field experience, if indication like that can be found, it can be known that the pump has excessive vibration or not in safe limits. To ensure that excessive vibration is cause of indication, the Root Cause Failure Analysis (RCFA) method can be used. After the cause of abnormalities indication at the pump is known, the process of measuring and analyzing the causes of vibration by using spectrum analysis to know what components which has an excessive vibration, the severity of the vibration that occurs, and indicate whether or not to do corrective action as a solution to the problem. The analysis process can doing by using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. From this study, the result is to determine the recommendation of vibration value with range 0.28 – 4.50 [mm/s] in Sea Water Booster Pump and return the vibration conditions in pump to normal again.

Keywords: *Vibration, Spectrum Analysis, Sea Water Booster Pump, RCFA, FMEA*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk menjamin ketersediaan listrik selama 24 jam tiap hari nya, peran industri pembangkitan listrik dibutuhkan demi kelancaran aktivitas dan produktivitas masyarakat. Dalam industri pembangkitan listrik, berbagai macam komponen dibutuhkan dalam proses produksi listrik.

Pompa digunakan untuk memindahkan fluida cair dari tekanan rendah, ke tekanan yang lebih tinggi atau dari tempat yang rendah, ke tempat yang lebih tinggi. Pompa merupakan salah satu komponen penunjang yang banyak digunakan dalam industri pembangkitan listrik[1]. Dari sekian banyak jenis pompa, jenis yang sering digunakan adalah pompa sentrifugal. Hal ini terkait karena keunggulannya dibandingkan dengan pompa yang lain yaitu, harga yang murah, konstruksi sederhana, pemasangannya mudah, kapasitas dan head yang tinggi, operasional serta proses pemeliharaannya cukup mudah [2] .

Salah satu jenis pompa sentrifugal yang digunakan di PLTGU Blok II PT. Pembangkitan Jawa Bali UP Muara Karang yaitu Sea Water Booster Pump. *Sea Water Booster Pump* merupakan pompa yang digunakan untuk memompa air laut yang akan dialirkan menuju *closed cooling water heat exchanger* sebagai media perpindahan panas untuk mendinginkan *cooling water* pada *closed cooling system*[3].

Pada *rotating equipment* seperti pompa, vibrasi atau getaran berlebih yang dihasilkan adalah hal yang sering terjadi sehingga tingkat keandalan pompa menurun bahkan mengalami kerusakan[4]. Untuk mendeteksi awal gejala kerusakan pada pompa sendiri yaitu dengan menggunakan respon vibrasi berupa spektrum lalu dilakukan analisis serta perbaikan terhadap pompa untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan pada komponen lain yang mengganggu proses produksi listrik dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis melakukan analisis vibrasi pada *Sea Water Booster Pump* agar pompa dapat kembali beroperasi secara normal. Pembuatan rekomendasi dari hasil analisis juga diharapkan menjadi referensi dan pertimbangan perusahaan agar permasalahan yang terjadi dapat diatasi.

II. METODE PENELITIAN

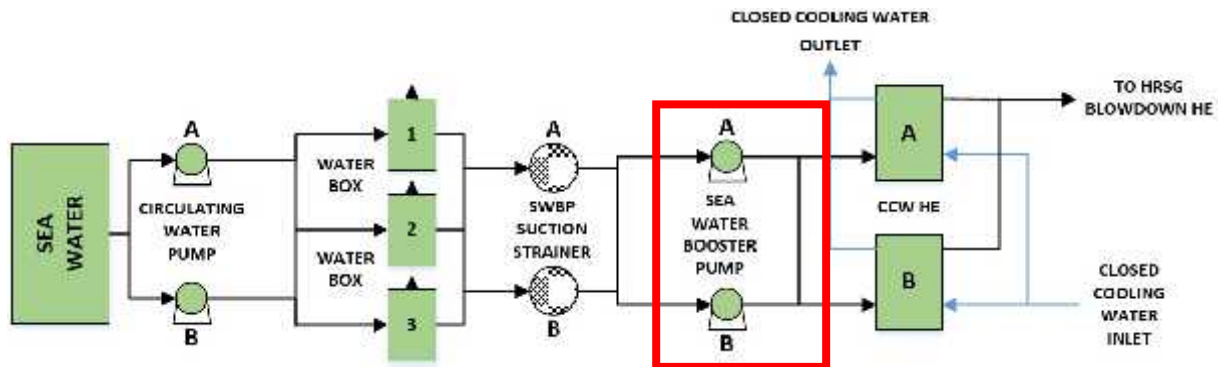
Untuk mencapai tujuan penelitian sebagaimana telah disebutkan diatas, maka dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data

Dilakukan pengumpulan data berupa spesifikasi pada *Sea Water Booster Pump*, *condition monitoring (history)* pada *Sea Water Booster Pump*, Rekomendasi berupa *Work Order* untuk perbaikan *Sea Water Booster Pump*, dan nilai vibrasi pada *Sea Water Booster Pump*.

b. Identifikasi Sistem dan Komponen

Sistem yang akan diidentifikasi adalah sistem pendingin, dimana terdapat pompa yang berfungsi untuk menambah tekanan pada air laut di dalamnya yang berasal dari *Circulating Water Pump (CWP)* dan mengalirkan air laut yang berfungsi sebagai media pendingin menuju *Close Cooling Water Heat Exchanger*. Gambar 2.1 dibawah ini merupakan *flow diagram* dari sistem pendingin



Gambar 2.1 Cooling System Flow Diagram

Pada Gambar 2.1, terdapat *Sea Water Booster Pump* sebagai komponen yang akan diidentifikasi lebih lanjut untuk mengetahui penyebab permasalahan vibrasi dan penyelesaian terhadap masalah yang ditimbulkan.

c. Pengolahan dan Analisis Data

1. Analisis Kualitatif

➤ Root Cause Failure Analysis (RCFA)

Metode ini digunakan untuk mencari penyebab permasalahan dengan mengklasifikasikan ke dalam empat bagian, antara lain dari segi material, metode, lingkungan dan mesin .

➤ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dampak yang diakibatkan dari munculnya indikasi kerusakan suatu komponen dalam melaksanakan fungsinya .

2. Analisis Kuantitatif

Pada analisis kuantitatif, penggunaan formula untuk mengetahui kerusakan komponen (*ball bearing*) terbesar hingga terkecil dilakukan untuk membuktikan bahwa hasil pengujian berdasarkan spektrum vibrasi sama dengan hasil perhitungan. Adapun formula yang digunakan terdapat pada Persamaan[5]:

$$BPF1 = \frac{Nb}{z} \times fr \times \left(1 + \frac{Ba}{Pa} \times \cos \alpha \right) \quad \text{[Persamaan.1]}$$

Dimana:

BPFI = *Ball Pass Frequency Inner*

Nb = Jumlah Bola (*Number of Balls*)

Fr = Frekuensi relatif antara *inner race* dan *outer race* [Hz]

Bd = Diameter bola (*Ball Diameter*) [mm]

Pd = Diameter Pitch (*Pitch Diameter*) [mm]

= Sudut kontak (*Contact angle*) [°]

$$BPFO = \frac{Nb}{2} \times fr \times \left(1 - \frac{Bd}{Pd} \times \cos \alpha\right) \quad [\text{Persamaan.2}]$$

Dimana:

BPFO = *Ball Pass Frequency Outer*

$$BSF = \frac{Pd}{2Bd} \times fr \times \left(1 - \left(\frac{Bd}{Pd} \times \cos \alpha\right)^2\right) \quad [\text{Persamaan.3}]$$

Dimana:

BSF = *Ball Spin Frequency*

$$FTF = \frac{fr}{2} \times \left(1 - \frac{Bd}{Pd} \times \cos \alpha\right) \quad [\text{Persamaan.4}]$$

Dimana:

FTF = *Fundamental Train Frequency*

d. Alternatif Solusi

Setelah diketahui penyebab permasalahan dan bentuk kerusakan, maka diperlukan alternatif solusi berupa perbaikan komponen dengan melakukan penggantian beberapa komponen yang rusak seperti, *ball bearing*, *shaft sleeve* dan *gland packing*. Rekomendasi berupa usaha memperpanjang *lifetime bearing* juga dipaparkan sebagai acuan pertimbangan perusahaan dalam mengatasi permasalahan vibrasi yang ada.

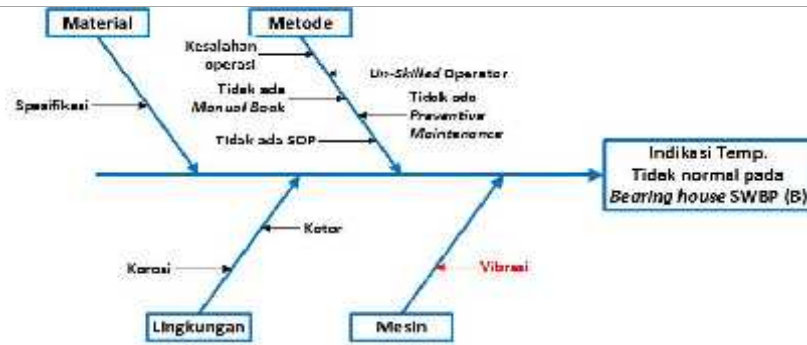
e. Pengujian

Setelah dilakukan proses perbaikan beberapa komponen pada *Sea Water Booster Pump* berupa penggantian komponen yang baru. Dilakukan pengujian vibrasi menggunakan *vibration portable analyzer* CSI 2140. Pengambilan data diambil pada *outboard* pompa vertikal, horizontal dan aksial yang terdapat pada *Sea Water Booster Pump* dengan range nilai batasan aman vibrasi yaitu 0.28 – 4.50 [mm/s].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

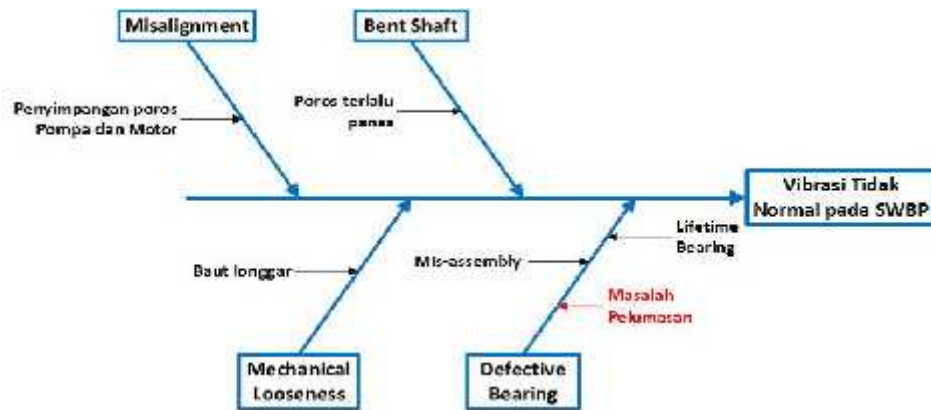
a. Analisis Penyebab Permasalahan

Pada saat dilakukan kegiatan *preventive maintenance* pada tanggal 15 September 2016, ditemukan indikasi temperatur yang tidak normal pada *bearing caps* sisi bebas. Temperatur normal pada *bearing caps* sisi bebas yaitu sekitar 35°C, sedangkan kondisi aktual yang terjadi temperatur mengalami peningkatan menjadi 65°C. Untuk mengetahui apa yang menjadi penyebab dari indikasi tersebut, maka diperlukan analisis lebih lanjut. Berikut, analisis penyebab permasalahan dalam bentuk diagram *fishbone* pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram *Fishbone* – Analisis Indikasi Permasalahan

Untuk membuktikan bahwa vibrasi merupakan faktor penyebab permasalahan tersebut, maka diperlukan proses analisis lebih lanjut. Berikut analisis masalah vibrasi yang disajikan dalam Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram *Fishbone* – Analisis Vibrasi pada SWBP

Dari analisis diagram *fishbone* diatas, maka masalah pelumasan merupakan penyebab dari kerusakan *bearing* yang menjadi penyebab timbulnya vibrasi tidak normal pada pompa. Untuk membuktikan penyebab tersebut, maka analisis lebih lanjut diperlukan.

b. Analisis Pembuktian Masalah

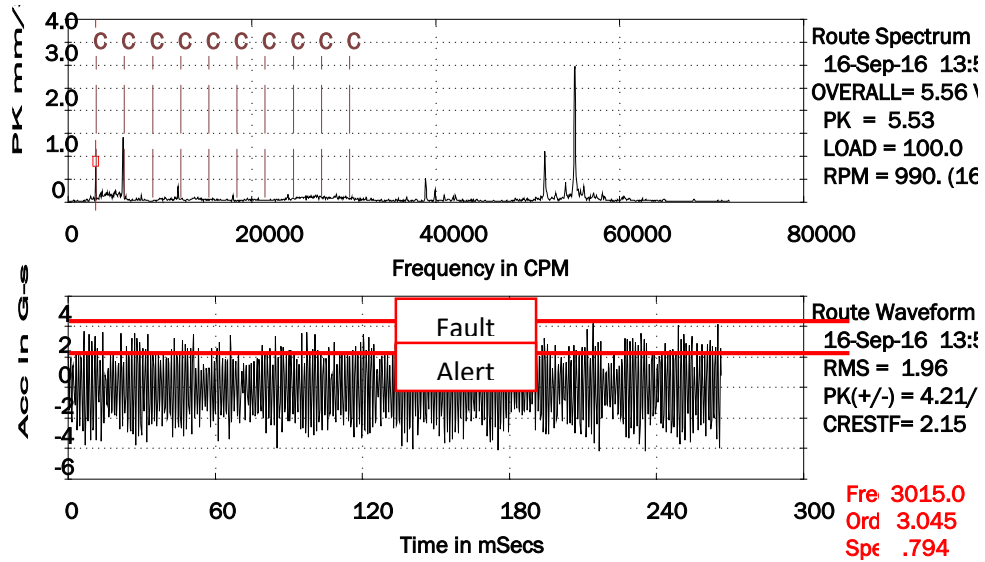
Proses penelitian ini dilanjutkan dengan pengukuran nilai vibrasi pada SWBP, proses penentuan parameter yang digunakan ditentukan sebelum melakukan pengukuran vibrasi. Penentuan parameter tergantung pada komponen yang akan diukur. Parameter *velocity* digunakan untuk mesin seperti pompa dan motor. Maka untuk melakukan pengukuran vibrasi pada SWBP, parameter jenis *velocity* yang digunakan. Hasil pengukuran vibrasi terdapat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Vibration Monitoring SWBP (B)

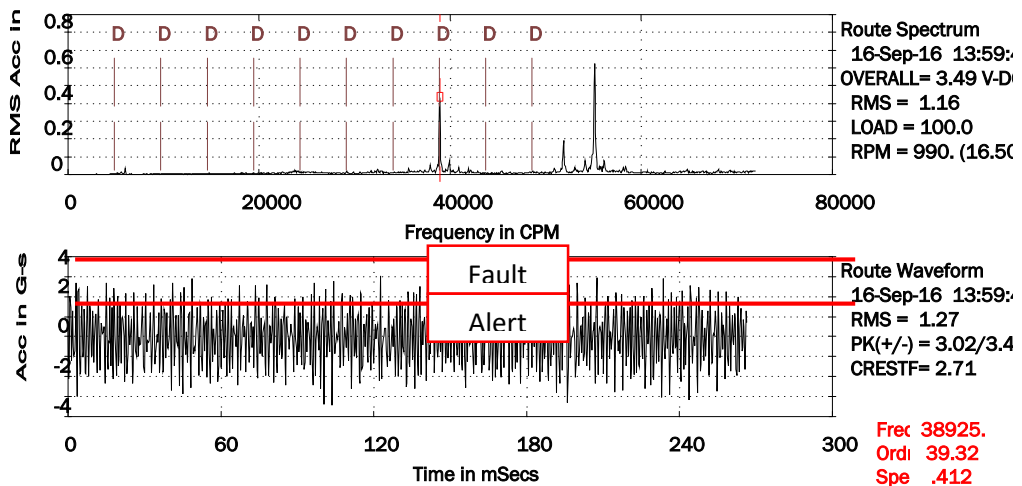
Monitoring Tools : CSI 2140 Taken By: A. Doni Rintoko								
Equipment : Sea Water Booster Pump (B)								
Tanggal	Pompa (NDE) [mm/s]				Pompa (DE) [mm/s]			
	1H	1P	1V	1A	2H	2P	2V	2A
09/08/16	3,199	0,648	1,856	2,052	3,332	0,595	1,939	3,436
19/08/16	3,459	0,723	1,954	2,356	3,648	0,545	1,913	3,390
24/08/16	3,199	0,528	2,028	2,373	3,284	0,588	2,155	3,604
02/09/16	2,827	0,431	1,851	2,288	2,792	0,338	1,813	2,936
06/09/16	2,902	0,721	1,882	2,414	2,602	0,319	1,758	2,381
16/09/16	2,949	0,595	1,959	2,406	5,555	0,380	3,493	11,17
20/09/16	2,868	0,667	1,829	2,339	2,799	0,323	1,642	2,556

Pada tanggal 16 September 2016, nilai vibrasi melonjak dari 2,381 mm/s (Pada tanggal 06 September 2016) menjadi 11,17 mm/s dimana melebihi batas proteksi yaitu 4,50 mm/s.

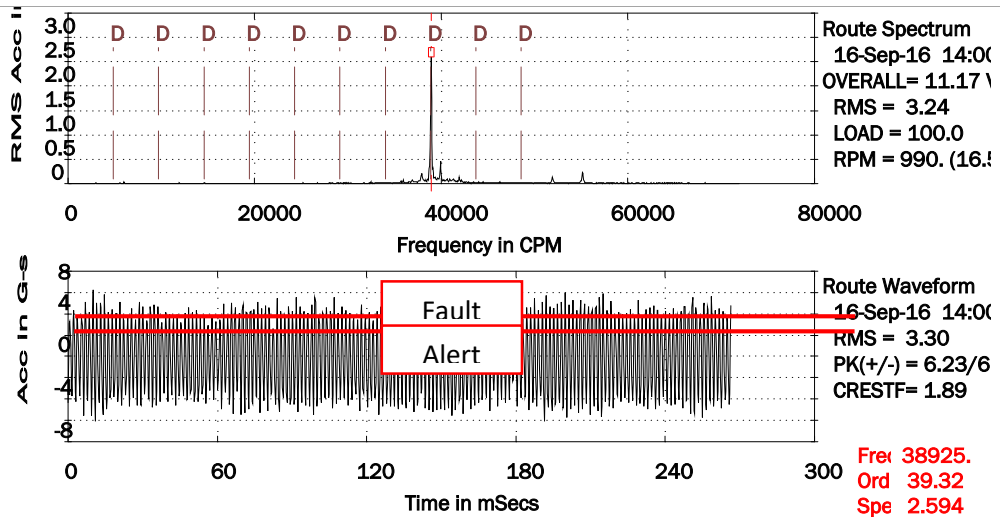
Setelah dilakukan pengukuran vibrasi, maka diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui jenis kerusakan yang terdapat pada pompa sehingga nilai vibrasi melebihi batas proteksi. Analisis berupa spektrum dan kaitannya dengan *Vibration Severity Chart* terdapat pada Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5 dan Gambar 3.6



Gambar 3.3 Pompa *Outboard Horizontal*



Gambar 3.4 Pompa *Outboard Vertical*



Gambar 3.5 Pompa *Outboard Axial*

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816						
Machine	Vibration Velocity Vrms		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
	in/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28	good	satisfactory	unsatisfactory	unacceptable
	0.02	0.45				
	0.03	0.71				
	0.04	1.12				
	0.07	1.80				
	0.11	2.80				
	0.18	4.50				
	0.28	7.10				
	0.44	11.2				
	0.70	18.0				
0.71	28.0					
1.10	45.0					

Gambar 3.7 *Vibration Severity Chart* (Kondisi Tidak Normal)

Berdasarkan analisa spektrum yang dihasilkan, nilai vibrasi pada pompa *sea water booster pump* yaitu sebesar 11.17 mm/s dan termasuk dalam tingkat keparahan *unsatisfactory* sehingga perlu dikeluarkan rekomendasi untuk dilakukan proses perbaikan pada komponen pompa.

c. Analisis Dampak Permasalahan

Setelah adanya rekomendasi untuk segera dilakukan perbaikan pompa, proses pembongkaran pompa dilakukan. Kerusakan komponen yang menyebabkan terjadinya vibrasi pada SWBP terdapat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 *Bearing Sisi Bebas dan Kopling*



Gambar 3.9 Pelumas Bercampur Air pada *Bearing Caps*

Dari permasalahan pelumasan tersebut, dapat diketahui bahwa kebocoran air laut pada pompa disebabkan karena *gland packing* tidak bisa berfungsi dengan baik. Akibatnya, kerusakan juga terjadi pada *shaft sleeve* yang terdapat pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 *Shaft Sleeve* sisi bebas dan kopling

Berdasarkan pengamatan tersebut, diperlukan pengamatan lebih lanjut terhadap kerusakan *bearing*. dilakukan pengujian visual/*fractography* untuk mengetahui kerusakan bearing yang terdapat pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 *Cage Bearing* Patah

Berdasarkan Gambar 3.10, terlihat bahwa permukaan *bearing* mengalami pengikisan, hal ini terlihat dari permukaan yang tidak rata. Pengikisan pada *outer ring* dan *inner ring* pun terjadi dikarenakan pelumas pada bearing bercampur dengan air laut dan kotoran berupa pasir, sehingga terdapat goresan-goresan dan hal tersebut juga menjadi faktor penyebab patahnya *cage bearing*.

Berdasarkan spesifikasi *Bearing* SKF 6318 C3 yaitu, ($N_b = 8$, $BD = 1.25$, $PD = 5.511$, dan $\dots = 0$) maka hasil perhitungan tingkat kerusakan bearing terdapat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Jenis Kerusakan

Jenis Kerusakan	Hasil Perhitungan
BPFI	4.92
BPFO	3.08
BSF	2.09
FTF	0.385

Berdasarkan keterangan dari teknisi, bearing sebelumnya diganti pada tanggal 21 Juli 2016. Tetapi dalam kurun waktu dua bulan setelah pemakaian, pada tanggal 16 September 2016, bearing kembali mengalami kerusakan.

d. Solusi Permasalahan

Setelah dilakukan analisis penyebab dan dampak permasalahan vibrasi yang terjadi, maka perlu dilakukan proses perbaikan dengan mengganti komponen yang mengalami kerusakan. Adapun komponen yang mengalami perbaikan yaitu ada pada Gambar 3.11

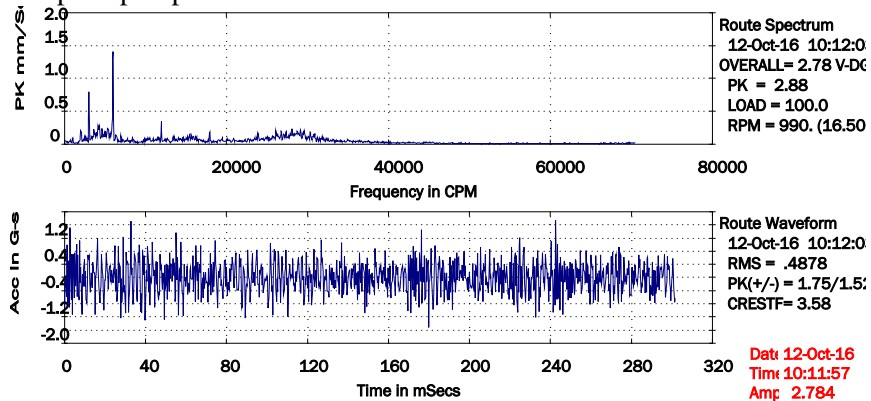


Gambar 3.11 Bearing dan Shaft Sleeve dalam kondisi baru

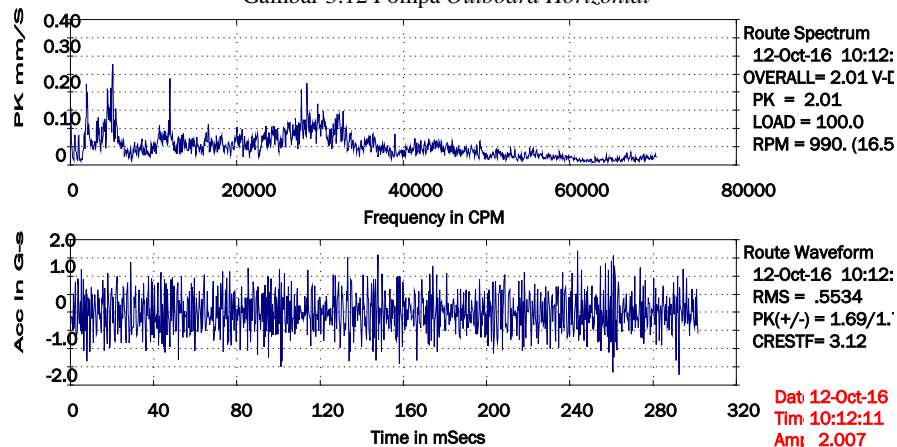
Dengan penggantian bearing dan shaft sleeve yang baru, maka kebocoran pada pompa akan terhindari sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada bearing.

e. Pengujian Vibrasi

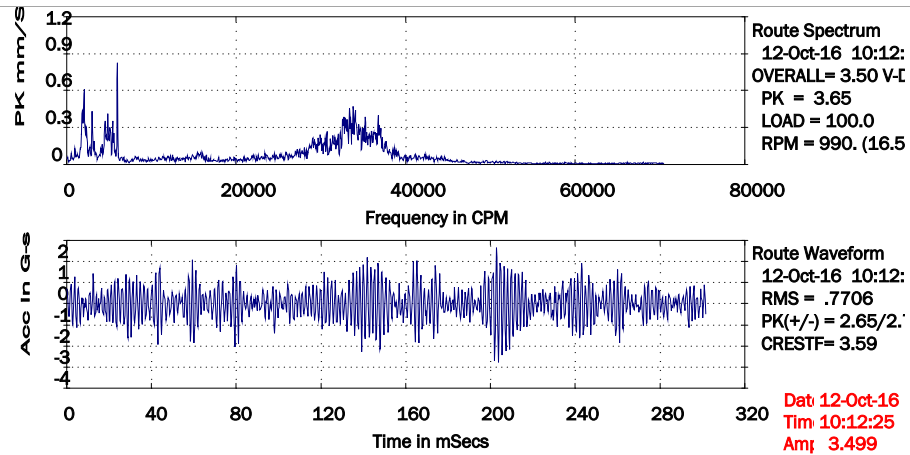
Setelah dilakukan perbaikan pompa, maka pengujian vibrasi dilakukan kembali untuk memastikan bahwa nilai vibrasi pada pompa sudah dalam batasan aman. Berikut hasil pengujian vibrasi setelah dilakukan perbaikan pada pompa



Gambar 3.12 Pompa Outboard Horizontal

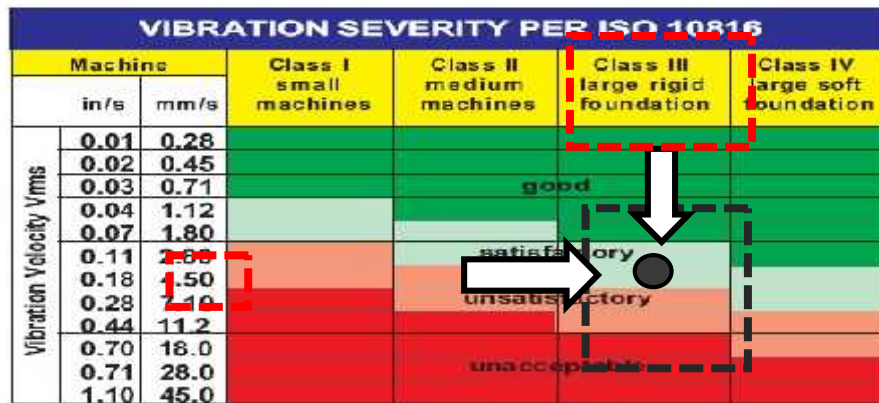


Gambar 3.13 Pompa Outboard Vertical



Gambar 3.14 Pompa *Outboard Axial*

Berdasarkan analisa spektrum yang dihasilkan, nilai vibrasi pada pompa *sea water booster pump* yaitu sebesar 3.50 mm/s dan termasuk dalam tingkat keparahan *satisfactory* sehingga dapat dinyatakan bahwa vibrasi yang dialami oleh *sea water booster pump* masih dalam batas toleransi. Hal ini terbukti pada *vibration severity chart* berdasarkan standarisasi vibrasi yang didapat dari divisi Engineering (Predictive Maintenance) pada gambar 3.15



Gambar 3.15 *Vibration Severity Chart* – Kondisi Setelah Perbaikan

IV. KESIMPULAN

1. Berdasarkan *history* data dari kegiatan *Vibration Monitoring* pada *Sea Water Booster Pump*, terjadi peningkatan nilai vibrasi secara signifikan dari 2.381 mm/s menjadi 11.17 mm/s
2. Berdasarkan hasil pengukuran vibrasi berupa spektrum, penyebab peningkatan nilai vibrasi disebabkan oleh kerusakan *bearing*, *shaft sleeve* dan *gland packing*.
3. Berdasarkan ISO 10186-3, tingkat keparahan vibrasi yaitu kategori *unsatisfactory* dengan nilai 11.17 mm/s
4. Tindakan penyelesaian masalah yang dilakukan yaitu dengan melakukan *corrective maintenance* dengan melakukan penggantian beberapa komponen pompa seperti *bearing*, *shaft sleeve* dan *gland packing*.
5. Rekomendasi yang dapat diberikan untuk permasalahan ini adalah, usaha untuk optimalisasi *lifetime bearing* agar tidak terjadi kerusakan pada beberapa bulan pemakaian.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas seluruh dukungan yang telah diberikan oleh kedua orang tua, dosen-dosen dan rekan Jurusan Teknik Mesin PNJ serta kepada seluruh pegawai PT. Pembangunan Jawa Bali, UP Muara Karang yang telah membantu demi kelancaran penelitian ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Farandy Afrizal, M.N.Y., *Analisa Kerusakan Centrifugal Pump P951E di PT. Petrokimia Gresik*. JURNAL SAINS DAN SENI POMITS, 2013. **2**.
- [2] Soelarso, H.T., *Pompa & Kompresor : Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. 2000, Jakarta: Pradnya Paramita.
- [3] Mitsubishi Heavy Industries, L., *5. Steam Turbine Auxiliaries*, in *Circulating Water System (Sea Water Booster Pump)*. 2008. p. 12.
- [4] Paresh, G.S.C., *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. 2004.
- [5] Suhardjono, *Analisis Sinyal Getaran untuk Menentukan Jenis dan Tingkat Kerusakan Bantalan Bola (Ball bearing)*. JURNAL TEKNIK MESIN, 2004. **6**.

ANALISIS VIBRASI KERUSAKAN *BEARING* POMPA SENTRIFUGAL RAW SEA WATER BOOSTER

Windu prayoga¹, Dianta Kamal Mustofa²

^{1,2}Prodi Pembangkit Tenaga Listrik Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel : (62-21) 7863530, Fax : (62-21) 78633530

Email : prayogawindu48@yahoo.com

Abstrak

Sebuah mesin yang baik idealnya mempunyai sedikit getaran, karena seluruh energi yang dihasilkan diubah menjadi kerja. Namun aktual dilapangan, ditemukannya adanya getaran sehingga sebagian energi mekanik berubah menjadi energi getaran. Getaran timbul akibat transfer gaya siklik melalui elemen-elemen mesin yang ada dimana elemen-elemen tersebut saling bereaksi satu sama lain dan energi didisipasi melalui struktur dalam bentuk getaran. Analisis vibrasi digunakan untuk menentukan kondisi mekanis dan operasional dari peralatan. Kemampuan ini bisa membantu perusahaan mereduksi terjadinya downtime dan dapat meningkatkan keuntungan baik dari segi produksi maupun dari umur mesin yang lebih panjang. Salah satu contoh mesin rotasi yang memiliki peran sangat penting dalam proses produksi adalah mesin pompa. Dampak dari getaran adalah terjadinya bising, turunnya kinerja dari performa pompa serta dapat merusak komponen pada pompa terutama pada poros dan bantalan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penyebab kerusakan bearing. Media kegiatan memonitor dibutuhkan CSI 2140 yang terhubung dengan transducer serta program untuk menganalisis data berupa pola vibrasi mesin pompa. Kemudian setelah mendapatkan pola dikonversikan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT). Hasil penelitian ini dijadikan untuk mencegah kerusakan ke komponen lain, pemilihan bearing, untuk mengetahui lifetime bearing.

Kata Kunci : Pompa, Vibrasi, Bearing, Lifetime

Abstract

A good machine ideally has little vibration, because all the energy produced is converted into work. But the actual field, the discovery of the vibration so that some of the mechanical energy turned into vibration energy. Vibration arises from the transfer of cyclic forces through the existing engine elements in which the elements react to one another and energy is dissipated through the structure in the form of vibration. Vibration analysis is used to determine the mechanical and operational conditions of the equipment. This ability can help companies reduce downtime and can increase profits both in terms of production and from longer machine life. One example of a rotation machine that has a very important role in the production process is a pump engine. The impact of vibration is the occurrence of noise, decreased performance of the pump performance and can damage the components on the pump, especially on the shaft and bearings. This research aims to determine the cause of bearing damage. Media monitoring activities required CSI 2140 connected with transducer and program to analyze data in the form of vibration pattern of pump machine. Then after getting the pattern converted using Fast Fourier Transform (FFT). The results of this study were made to prevent damage to other components, bearing selection, to determine the lifetime bearing.

Keywords: Pump, Vibration, Bearing, Lifetime

1. PENDAHULUAN

Analisis vibrasi adalah salah satu teknik yang sering digunakan dalam melakukan teknik prediktif mesin berputar. Teknik ini memanfaatkan karakteristik getaran yang dibangkitkan oleh mesin berputar[2]. Vibrasi adalah gerak bolak-balik atau gerak osilasi dari suatu benda yang mempunyai massa dan mempunyai elastivitas. Kemampuan ini bisa membantu perusahaan mereduksi terjadinya *downtime* dan dapat meningkatkan keuntungan baik dari segi produksi maupun dari umur mesin yang lebih panjang[5].

Bantalan (*bearing*) adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai tumpuan pada poros yang berputar agar tidak mengalami gesekan yang besar. Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur.

Salah satu contoh mesin rotasi yang memiliki peran sangat penting dalam proses produksi adalah mesin pompa. Dampak dari getaran adalah terjadinya bising, turunnya kinerja dari performa pompa serta dapat merusak komponen pada pompa terutama pada poros dan bantalan. Permasalahan yang sering terjadi pada *bearing* adalah umur pakai *bearing* yang lebih cepat ini dari umur idealnya, kurangnya penanganan yang khusus agar *bearing* berumur panjang.

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan pada *bearing* pompa *raw sea water booster* yaitu menghitung umur ideal *bearing* dan membandingkan umur pergantian *bearing*. Konsep ini akan menentukan penyebab kerusakan *bearing* sehingga penyebab yang biasa terjadi di *bearing* bisa diketahui dan meningkatkan umur *bearing*.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini terbagi ke dalam tahapan

2.1 Pengambilan Data

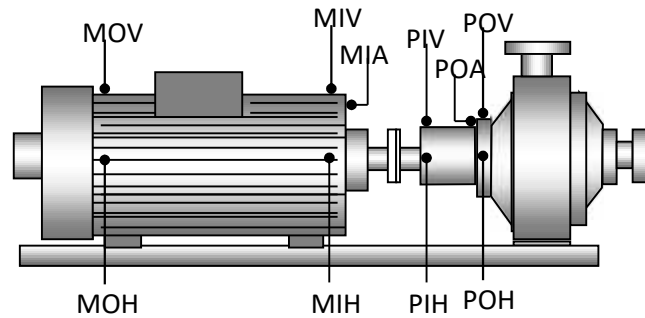
Observasi lapangan merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan untuk mendapatkan data seperti *spectrum vibration* yang dapat dianalisis untuk mendapatkan penyebab kerusakan yang sebenarnya. Pengambilan data dengan menggunakan alat vibrasi CSI 2140



Gambar.1 CSI 2140

CSI 2140 *Machinery Health Analyzer* adalah penganalisis getaran portabel yang memungkinkan agar cepat dan mudah mengumpulkan data dari peralatan yang berputar di pembangkit. Sebelum mengambil data alat vibrasi harus di *Route* terlebih dahulu, ini berfungsi untuk memasukan data yang akan diambil di lapangan. Caranya yaitu dengan menggunakan kabel komunikasi[1]. Setelah itu sambungkan kabel komunikasi di CSI 2140 dan komputer pastikan komputer sudah mempunyai data *Route* setelah terkoneksi ke komputer bisa langsung di *Route* dan data akan pindah ke CSI 2140 dan siap untuk pengambilan data vibrasi.

2.2 Titik Pengukuran



Gambar.2 Titik Pengukuran Vibrasi

Secara umum dianjurkan untuk mengukur vibrasi dekat dengan sumbernya untuk meminimalisasi pengaruh-pengaruh yang dikhawatirkan akan merubah sinyal vibrasi. Titik pengukuran yang disesuaikan biasanya adalah komponen yang kaku, seperti ruah bantalan atau *gearbox*. Pada poros yang dipasang horizontal, titik pengukuran yang paling besar. Tetapi pengukuran pada komponen kaku pada arah horizontal akan mendapatkan hasil pengukuran yang paling besar. Tetapi pengukuran vibrasi pada sambungan fleksibel pada mesin akan mendapatkan hasil yang besar pada arah vertikal.

Pada titik pengukuran ini menempatkan alat pada tiga posisi yaitu posisi PH(Pompa Horizontal), PV (pompa Vertikal), PA (Pompa Axial). Pengambilan pada tiga sumbu berfungsi untuk melihat kondisi vibrasi pada masing-masing sumbu seperti yang sudah dibahas diatas karena disetiap sumbu mempunyai vibrasi yang berbeda. Dan pada setiap kondisi dapat ditentukan karakteristik kerusakan dengan melihat sinyal vibrasi dari masing-masing sumbu pengukuran.

2.3 Pengolahan Data

Pengumpulan data vibrasi yang dilakukan telah cukup maka bisa lihat *history* pergantian *bearing* pada pompa *raw sea water booster* dan bisa lihat umur pakai *bearing*. Untuk membandingkan umur pakai *bearing* harus menghitung umur pakai *bearing* yang idealnya. *Raw sea water booster* menggunakan bearing SKF 6309-2Z .

) Menentukan *Equivalent dynamic bearing load*

Tabel.1 kalkulasi faktor untuk bantalan bola[4]

Calculation factors for deep groove ball bearing Single row and double row bearings normal clearance			
$f_0 \cdot F_a / C_0$	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,3
0,345	0,22	0,56	1,99
0,689	0,26	0,56	1,71
1,03	0,28	0,56	1,55
1,38	0,3	0,56	1,45
2,07	0,34	0,56	1,31
3,45	0,38	0,56	1,15
5,17	0,42	0,56	1,04
6,89	0,44	0,56	1

) Menghitung Equivalent dynamic bearing load[4]

$$P = X.F_r + Y.F_a \quad \text{[Persamaan 1]}$$

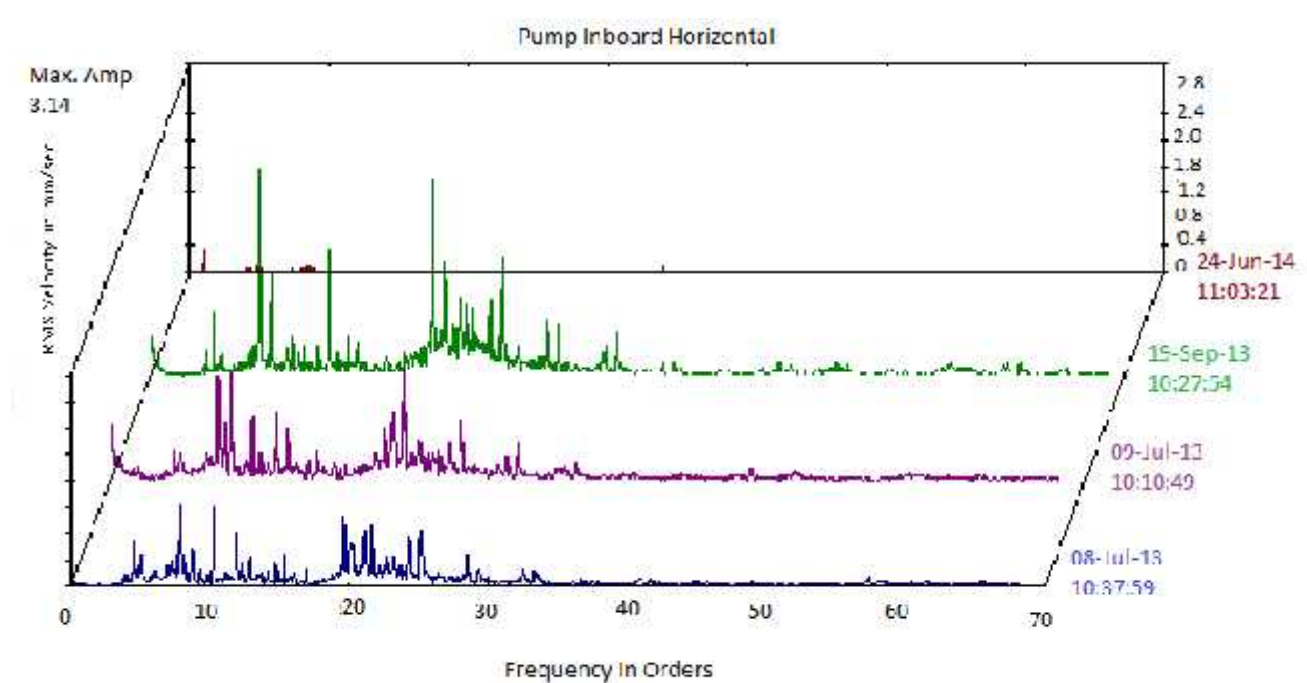
) Menghitung umur pakai bearing [3]

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad \text{Persamaan [2]}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10} \quad \text{Persamaan [3]}$$

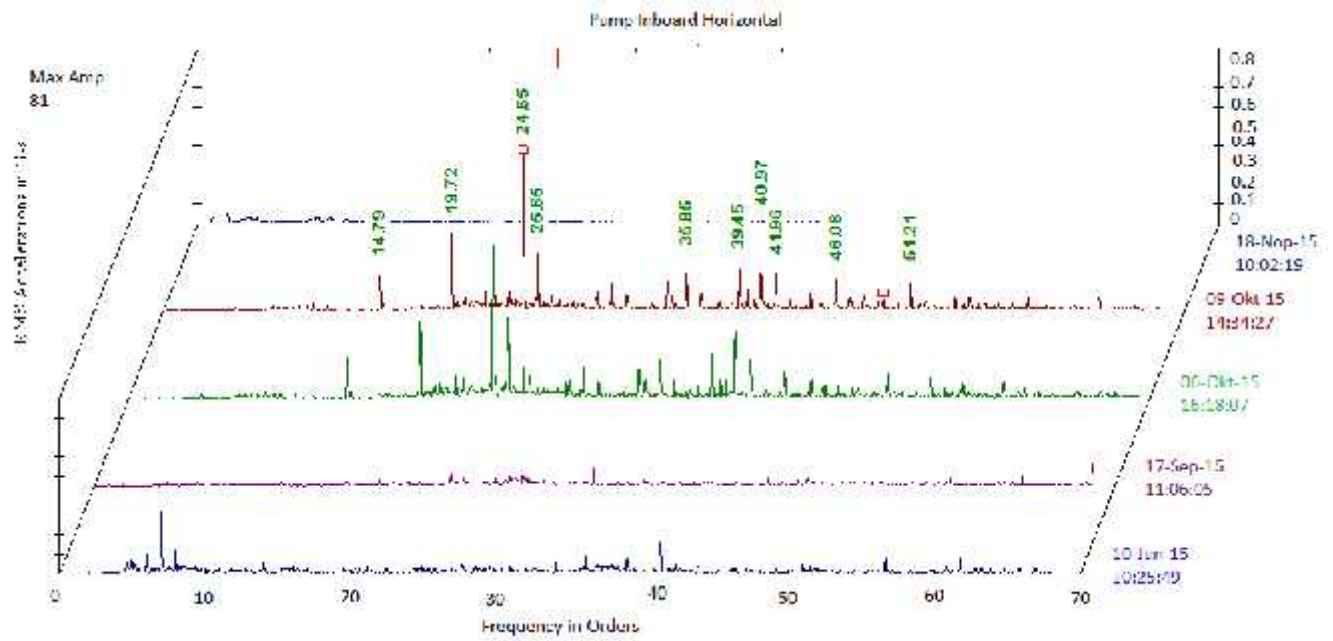
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan pergantian *bearing* pada pompa bisa dilihat dari *Machinery Health Manager*



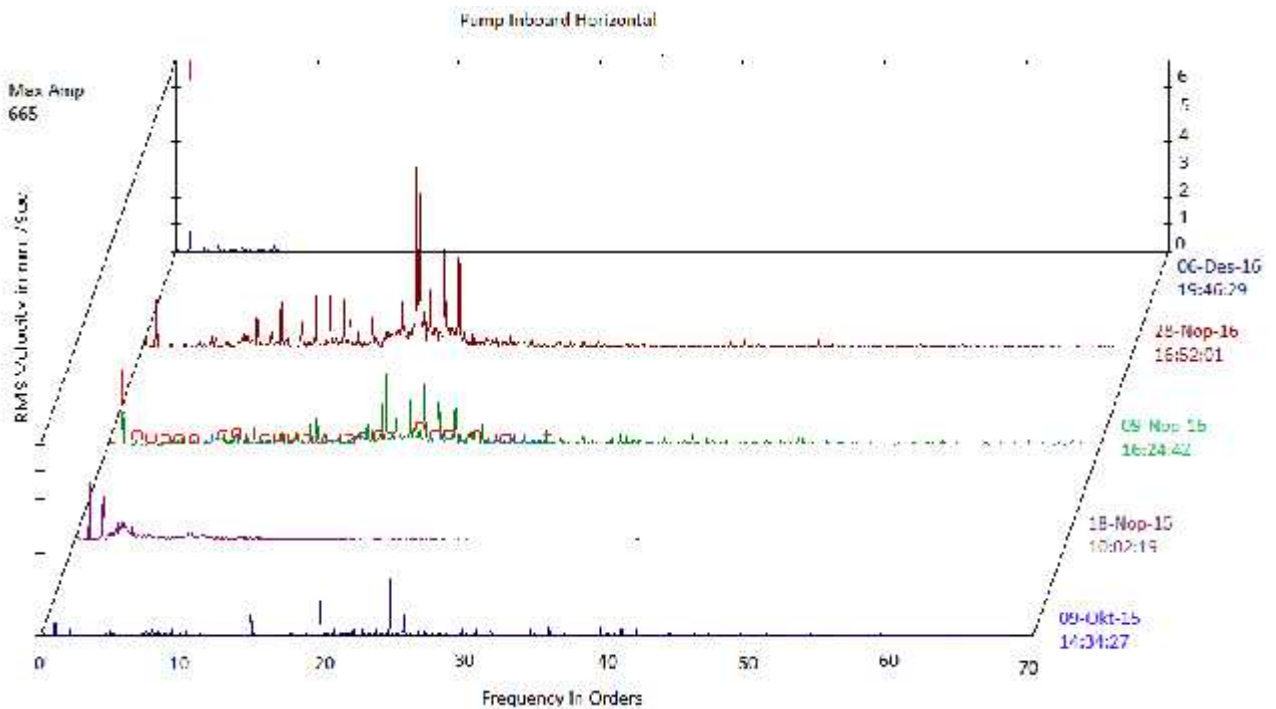
Gambar.3 Spektrum *Raw sea water booster*

Pada gambar menjelaskan bahwa pompa mengalami vibrasi tinggi dengan nilai 5,20 mm/s pada tanggal 18 september 2013 selama vibrasi tinggi pompa tidak beroperasi dari gambar spektrum terindikasi kerusakan *bearing* dan telah dilakukan pergantian *bearing* pada tanggal 24 Juni 2014.



Gambar.4 Spektrum *Raw sea water booster*

Pada tanggal 8 Oktober 2016 terjadi vibrasi dibagian pompa *inboard* horizontal dengan nilai 3,64 mm/s, terjadi vibrasi tinggi juga dibagian pompa *outboard* horizontal dengan nilai 5,55 mm/s pada kasus ini terjadi kerusakan *bearing* dan telah diganti pada tanggal 18 November 2016.



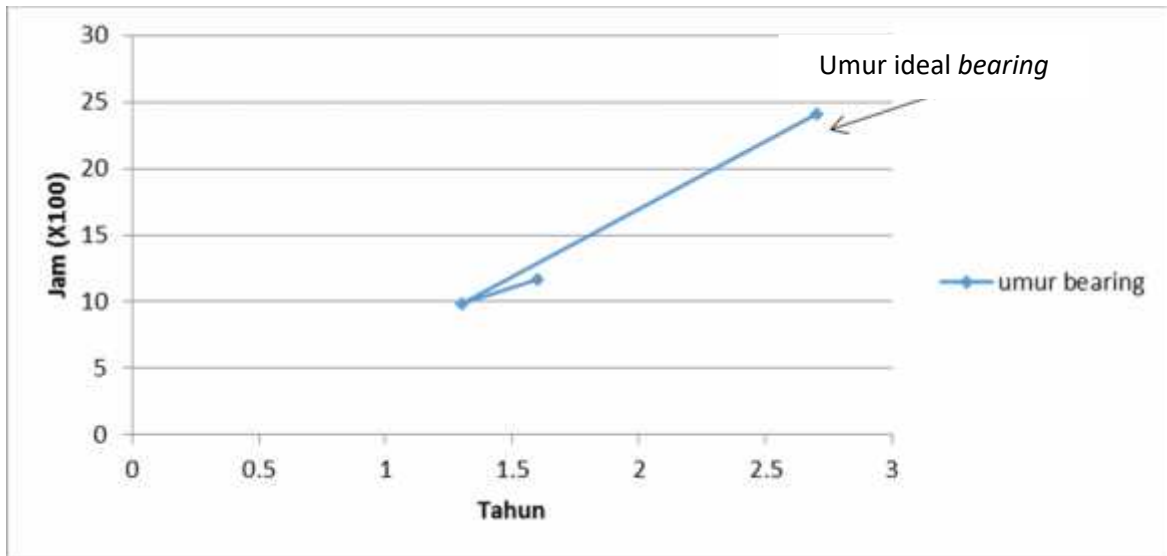
Gambar.5 Spektrum *Raw sea water booster*

Tabel.2 Perbandingan aktual *bearing* dengan ideal *bearing*

No		Tahun	Jam beroperasi
1	24 Juni 14/9 Okt 15	1,6	11.664
2	9 Okt 15/28 Nov 16	1,3	9.864
3	Ideal Umur bearing	2,7	24.105

Pada nomer 1 pada tanggal 24 Juni 2014 sampai dengan 9 Oktober 2015 *bearing* bisa bertahan dengan beroperasi selama 1,6 tahun dengan jam beroperasi adalah 11.664 jam. Pada nomer 2 pada tanggal 9 Oktober 2015 sampai dengan 28 November 2016 *bearing* bertahan dengan beroperasi selama 1,3 tahun dengan jam beroperasi adalah 9.864 jam. Ini tidak sesuai dengan ideal umur bearing yang bisa bertahan 2,7 tahun dan mempunyai jam operasi selama 24.105 jam.

Gambar.6 Grafik Perbandingan aktual *bearing* dengan ideal *bearing*.



4. KESIMPULAN

Dari data hasil analisis dan perhitungan umur pakai *bearing* adalah 24.105 jam operasi dan *bearing* aktual mengalami kerusakan lebih cepat dari umur idealnya. Diliat dari gambar spektrum vibrasi tinggi terjadi pada tahap *Defect Frequencies and Harmonics*. Efek yang ditimbulkan adalah temperatur meningkat, -5% umur *bearing*, level noise terdengar, vibrasi meningkat jelas. Penyebab kerusakan *bearing* adalah kesalahan pemasangan *bearing* dan kelebihan beban. Maka diperlukan pelatihan personal yang khusus untuk pemasangan *bearing* yang tepat sehingga bisa meningkatkan umur operasi *bearing*, keandalan mesin meningkat, kegagalan mesin dapat dikurangi dan biaya perawatan keseluruhan bisa dikurangi.

Daftar Pustaka

- [1] Emerson Process Management. (2011). *CSI 2130 Machinery Health Analyzer*.
- [2] Ganong Zainal Abidin, I. W. (2017). Deteksi Kerusakan Bearing pada Condensate Pump. *P. Studi dan T.Mesin*, 60-67.
- [3] Gupta, R. K. (2005). *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House (P) Ltd.
- [4] SKF Group dan S.K.F Group . (2012). *Rolling bearings*.
- [5] Suhardjono. (2004). Analisis Sinyal Getaran untuk Menentukan Jenis dan Tingkat Kerusakan Bantalan Bola (Ball Bearing). *J. Tek Mesin*, 39-48.

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROLING *DEHUMUDIFIER* BERBASIS DHT 11 PADA PEMODELAN AREA *RETURN PUMP* UBOH JPR

Fardan Adharizal, Muhammad Ridho, Songky Prasetya

Jurusan Teknik mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tek: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

Abstrak

Atmospheric corrosion pada bahan material logam terjadi diakibatkan oleh faktor lingkungan. Diantaranya adalah faktor humiditas. Tingkat humiditas yang tinggi di lingkungan permesinan menyebabkan: 1) kegagalan coating, 2) hubungan singkat pada permesinan dibagian peralatan listrik, dan penurunan life time. Penemuannya adalah nilai Relative Humidity (RH) tinggi 79% di area Return Water Pump di PLTU X; padahal, a) nilai standar RH kelistrikan sebesar 50%-60%, b) nilai standar RH permesinan sebesar 50%-55%. Berdasarkan penemuan tersebut, sistem dehumidifier diperlukan untuk mengatasinya. Model dehumidifier yang digunakan adalah kombinasi antara lampu pijar sebagai heater dan exhaust-fan untuk menarik udara lembab keluar. Sistem ini dikontrol oleh Arduino UNO R3 dengan sensor DHT 11. Luaran dari penelitian ini adalah rancangan dan model system dehumidifier yang siap diaplikasikan.

Kata Kunci: *Atmospheric Corrosion, Dehumidifier, DHT 11, Relative Humidity*

Abstract

Atmospheric corrosion on a metal material occurs since enviroment factors. One of them is an Humidity. High humidity level in the machinery enviroment cause: 1) coating failure, 2) short circuit on machinery of electric equipment, 3) life time obstruction. The finding, at Return Water Pump in PLTU X, showed that Relative Humidity (RH) score was high 79%; in contrast, a) the standard score for electrical RH is 50%-60%, b) machenary RH is 50%-55%. Base on this explanation, dehumidifier system needs designing. The model used in this research is a combination of incandescent bulb as a heater and an exhaust-fan to take the moist air out. This system is controlled by Arduino UNO R3 with DHT sensor 11. The output of this research is designing and a model of dehumidifier system which is ready applied.

Keywords: *Atmospheric Corrosion, Dehumidifier, DHT 11, Relative Humidity*

1. PENDAHULUAN

Balance of Plant (BOP) merupakan area pada PLTU dimana serangkaian usaha dilakukan untuk memurnikan, menjamin kualitas, serta menjamin ketersediaan air untuk selanjutnya diumpankan ke boiler. Dalam area ini, dilakukan berbagai mekanisme permesinan dan perlakuan kimiawi. Keberadaan area BOP sangat penting mengingat fungsinya sebagai pemasok fluida kerja awal, air pendingin, *firefighting*, dan *service water*. Maka dari itu, keandalan dan umur dari sistem tersebut perlu dijaga dan ditingkatkan. Salah satu faktor yang mempengaruhi keandalan dan umur mesin adalah korosi. Serangkaian usaha dapat dilakukan untuk mencegah korosi seperti: pelapisan logam, pengecatan, pelapisan coating epoxy, dan rekayasa lingkungan [4]. Mekanisme pelapisan epoxy sudah dilakukan pada seluruh area pompa dan pemipaan, namun pada area Return Water Pump terjadi korosi dan kegagalan coating.

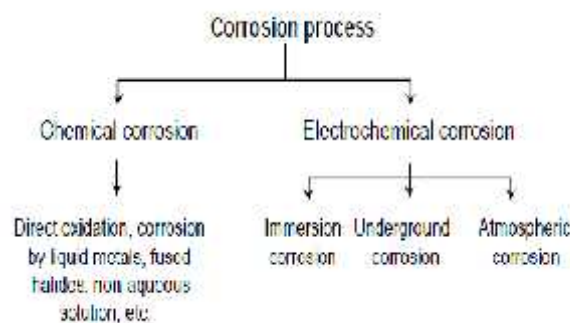
Pada analisa lebih lanjut, ditemukan indikasi bahwa faktor lingkungan (*atmospheric corrosion*) berupa kelembaban dan letak ruangan merupakan faktor penyebab korosi dan kegagalan coating pada area *return water pump*. Indikasi ini didasarkan pada serangkaian langkah perbandingan antara beberapa pompa dengan parameter: sirkulasi udara, letak ruang, pencahayaan, kelembaban, dan upaya proteksi yang sudah dilakukan. Indikasi ini juga didasarkan pada “kelembaban merupakan faktor utama pada proses *atmospheric corrosion*” [3]. Indikasi ini didukung oleh hasil pengukuran lapangan dimana, RH tertinggi dan terendah yang tercatat pada pengambilan data adalah 79% dan 60%. Nilai ini berada diatas standar RH untuk permesinan yaitu: 50%-60% dan berada diatas standar RH untuk kelistrikan yaitu: 50%-55% [2]. Letak ruangan yang berada di bawah tanah menyebabkan nilai RH pada area *Return Water Pump* berada diatas nilai RH udara yang menyebabkan udara lembab terperangkap di dalam ruangan.

Maka dari itu, diperlukan sebuah mekanisme rekayasa *humidity management* berupa *dehumidifier* yang mampu mereduksi kelembaban dalam ruangan tersebut secara otomatis. Dehumidifier sendiri dapat berupa heater, AC, fan, exhaust fan, turbin ventilator, dan perangkat *dehumidifier kit*. Mekanisme yang dilakukan adalah dengan penambahan lampu pijar sebagai pemanas ruangan dan penggunaan kembali exhaust fan untuk menggerakkan udara. Mekanisme ini diaktifkan oleh relay berbasis Arduino UNO R3 dan DHT 11. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk merancang sistem *dehumidifier* serta membangun model *dehumidifier* yang siap diaplikasikan. Dengan demikian, resiko kerusakan mesin dan kegagalan coating akibat *atmospheric corrosion* dapat diminimalisir.

2. METODE PENELITIAN

2.1 KOROSI

Korosi merupakan degradasi logam melalui reaksi kimia antara permukaan logam dengan lingkungan sekitarnya yang diakibatkan oleh ketidakstabilan termodinamika pada lingkungan [5]. Natesan (1995) dalam (Syed, 2006) mengklasifikasikan korosi menjadi dua proses, yaitu: *chemical corrosion* dan *electrochemical corrosion* [1]. *Chemical corrosion* didefinisikan sebagai proses korosi akibat reaksi antara permukaan logam dengan oksigen atau udara kering. Sedangkan *electrochemical corrosion* merupakan proses korosi yang terjadi dengan adanya elektrolit. *Electrochemical corrosion* dapat diklasifikasikan menjadi tiga proses yaitu: *immersion corrosion*, *underground corrosion*, dan *atmospheric corrosion*. *Atmospheric corrosion* merupakan korosi akibat faktor lingkungan seperti: cuaca, temperatur, kelembaban, *moisture*, hujan, polusi dan radiasi [1]. Selengkapnya dapat dilihat pada “Gambar.1” Pencegahan korosi secara umum dapat dilakukan melalui berbagai mekanisme seperti: pelapisan logam, *coating*, dan rekayasa ruangan [4].

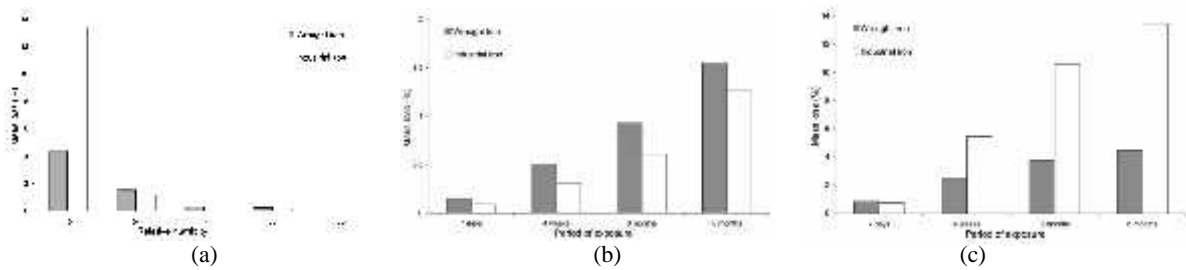


Gambar.1 klasifikasi korosi
Sumber: [1]

2.2 KELEMBABAN UDARA

Kelembaban (*specific humidity*) merupakan besaran yang menyatakan komposisi massa uap air (dalam lb atau kg) per unit massa udara kering (dalam lb atau kg). Ukuran kelembaban biasanya dinyatakan dalam Kelembaban Relatif. Kelembaban relatif atau *Relative Humidity* (RH), merupakan besaran yang menyatakan perbandingan antara jumlah uap air pada udara dengan jumlah uap air maksimum di udara pada suhu yang sama [6]. Kelembaban relatif, sangat erat hubungannya dengan temperature ruangan. RH dinyatakan dalam satuan persen (%). RH dan temperature ruangan dapat diukur sekaligus menggunakan Higrometer.

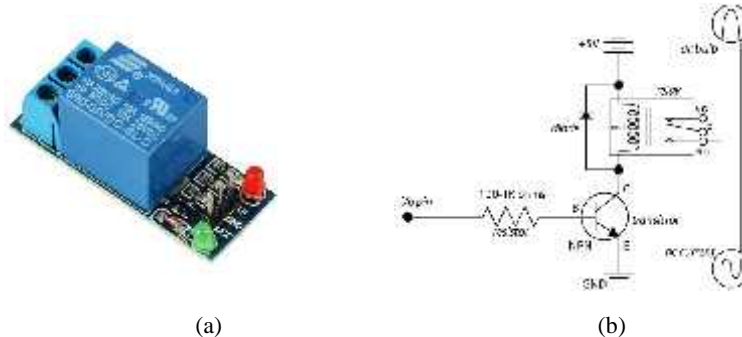
Kelembaban udara merupakan faktor utama pada *atmospheric corrosion* yang dapat menyebabkan korosi [7] dan kegagalan *coating* [6]. Pada nilai yang lebih tinggi, dapat mengganggu infrastruktur kontrol dan kelistrikan, karena sifat air yang konduktif akan mengurangi tahanan udara dan meningkatkan konduktifitas permukaan [4]. Nilai standar RH untuk permesinan secara umum adalah 50%-60%, dan untuk kelistrikan adalah 50%-55% [2]. Semakin tinggi nilai RH, maka laju korosi akan semakin tinggi yang menyebabkan *mass loss* pada logam semakin besar.



Grafik.1(a) Perbandingan *Mass loss* antara besi tempa dengan besi industri dalam RH yang berbeda selama 6 bulan; 1(b) *Mass loss* pada RH 54% terhadap waktu; 1(c) *Mass Loss* pada RH 75% terhadap waktu
Sumber: [3]

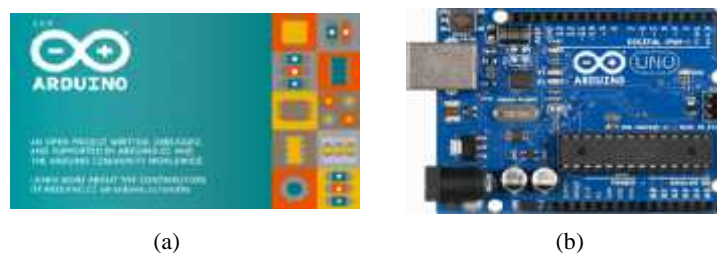
2.3 RANCANGAN DEHUMIDIFIER

Dehumidifier merupakan alat yang berfungsi untuk mereduksi kelembaban udara dalam suatu ruangan. Jenisnya bermacam-macam seperti: pengering, pendingin, pemanas, dan penghisap udara [8]. Dehumidifier dijual secara komersil sebagai sebuah unit yang menggunakan heater tipe plat (kisi) sebagai pemanas dan fan untuk menghisap udara, namun harganya cukup mahal [9]. Pada tugas akhir ini, Perancangan dibuat dengan penggunaan lampu pijar sebagai pemanas dan mengaktifkan kembali exhaust fan yang tidak berfungsi untuk menghisap udara lembab. Teknik ini-lah yang paling memungkinkan. Hal ini dikarenakan letak ruangan yang sangat lembab dan basah berada di bawah tanah, dan kelembaban udaranya lebih tinggi daripada udara atmosfer. Akibatnya udara dalam ruangan akan lebih berat dan terperangkap didalam ruangan. Dehumidifier berupa fan dan lampu pijar menggunakan sumber listrik PLN 220 volt yang diaktifkan oleh relay. Mekanisme kerja relay 5 Volt akan diatur oleh mikrokontroler Arduino UNO R3. Relay 5 Volt dan wiring diagram-nya dapat dilihat pada “Gambar.2”.



Gambar.2(a) Relay 5V, Sumber: tokopedia.com; 2(b) Wiring diagram relay 5V
Sumber: <http://www.wiringdiagrams21.com/>

Arduino UNO merupakan papan mikrokontroler yang berbasis pada ATmega328P. Arduino Uno mempunyai 14 pin digital input/output, 6 diantaranya bisa digunakan sebagai output PWM. Arduino uno bekerja pada input tegangan 7-12 DC Volt. Arduino Uno dapat deprogram dengan bahasa programnya sendiri yaitu bahasa arduino. Pemrograman dapat dilakukan dengan software Arduino IDE. Arduino akan dikombinasikan dengan sensor DHT 11 sebagai pengindra kelembaban.



Gambar.3(a) Arduino IDE; 3(b) Arduino Board
Sumber: www.arduino.cc

DHT 11 merupakan sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara sekaligus. Sensor ini terdiri dari pengukur kelembababn tipe resistif dan pengukuran temperature NTC. DHT 11 sangat mudah digunakan bersama dengan Arduino, namun diperlukan penambahan library DHT 11 (D-Robotics UK, 2010). Data teknis sensor DHT 11 dapat dilihat pada “Tabel.1”

Tabel.1 Data teknis DHT 11

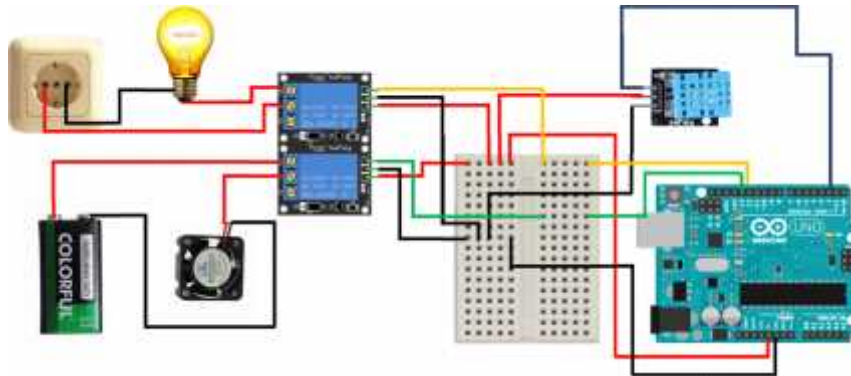
Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT 11	20-90% RH 0-50° C	±5%RH	±2°C	1	4 Pin Single Row

Gambar sensor DHT 11 dapat dilihat pada “Gambar.4”



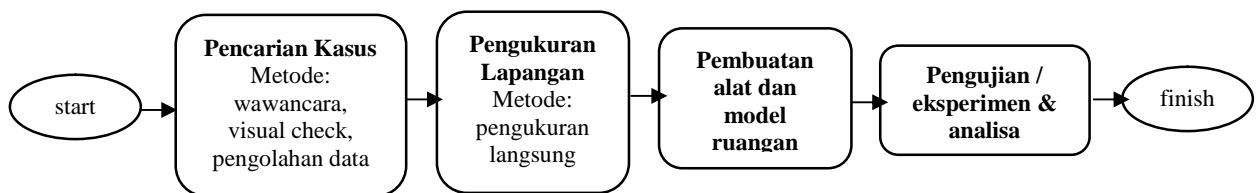
Gambar.4(a) DHT 11
Sumber: <http://modtronix.com/>

Komponen-komponen diatas, dirakit menjadi satu buah modul kontroling dehumidifier. Gambar pengawatan (wiring diagram) dapat dilihat pada “Gambar.5”.



Gambar.5 Wiring diagram modul kontroling dehumidifier

2.4 LANGKAH PENELITIAN



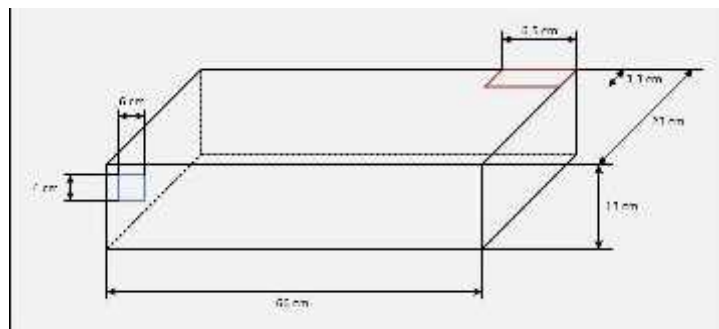
Gambar.6 Alur penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pencarian kasus yang terdapat di PLTU Jabar II Palabuhan Ratu. Metode yang digunakan adalah wawancara dengan berbagai narasumber yang berasal dari beberapa latar belakang. Selanjutnya dilakukan visual check ke lokasi serta analisa data commissioning. Setelah kasus ditemukan dan ditentukan sebagai objek permasalahan, langkah selanjutnya adalah melakukan berbagai pengukuran lapangan secara langsung. Setelah data terkumpul dan inti masalah ditemukan, langkah selanjutnya adalah studi literature untuk menemukan penyelesaian dari permasalahan tersebut. Langkah selanjutnya adalah pembuatan alat dan model. Terakhir, dilakukan pengujian untuk dapat memastikan bahwa alat tersebut berfungsi. Selengkapnya bisa dilihat pada “Gambar.6”.

Langkah pencarian kasus hingga sebagian studi literature, dilakukan di PLTU Jabar II Palabuhan Ratu dengan memanfaatkan masa On The Job Training (OJT). Berbagai data diambil untuk memastikan tidak ada kekurangan data sebagai bahan analisa di kampus. Langkah pembuatan alat, eksperimen, hingga analisa dilakukan di kampus. Total waktu penelitian adalah 2 bulan 14 hari terhitung dari awal bulan april.

2.5 PEMODELAN RUANGAN

Model ruangan diperlukan untuk melakukan pengujian alat. Pemodelan dilakukan dengan membuat sebuah maket dengan skala 1 : 0,066 dengan pertimbangan dimensi ruangan yang cukup besar. Maket ini dibuat menggunakan bahan kardus dengan pertimbangan finansial. Setiap sudut maket, diberikan lem plastik untuk memastikan tidak adanya celah bagi udara selain celah yang sudah ditentukan. Bagian dalam kardus, dilapisi dengan menggunakan aluminium foil untuk mencegah rembesan udara lembab dari dalam ruangan serta memastikan cahaya dan panas lampu pijar tetap terkurung di dalam maket. Dimensi maket dapat dilihat pada “Gambar.7”.



Gambar.7 Dimensi maket

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 DESKRIPSI DATA LAPANGAN

Masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah korosi pada pompa di Area 3 (Return Water Pump & UF Lifting Pump), dimana korosi tidak terjadi atau lebih sedikit ditemukan pada ruangan lain. Berdasarkan hasil analisa data lapangan terhadap tiga ruangan, didapat hasil “Tabel.2” sebagai berikut:

Tabel.2 Perbandingan kondisi antara tiga ruangan

Parameter	Area 1	Area 2	Area 3
	Service Water Pump	Regeneration Pump	Return Water Pump & UF Lifting Pump
Coating	v	v	v
Ruangan	Terbuka	Terbuka	Tertutup
Letak	Permukaan	Permukaan	Bawah tanah
Sirkulasi udara	v	v	-
Pencahayaan	v	v	v
Kelembaban	Standar	Standar	Tinggi

Berdasarkan hasil analisa lapangan, ditemukan indikasi bahwa penyebab korosi pada area 3 (Return Water Pump & UF Lifting Pump) termasuk dalam kategori *electrochemical corrosion* dengan atmosfer sebagai faktor utama (*atmospheric corrosion*). Indikasi ini didukung oleh nilai kelembaban yang tinggi dengan lokasi tertutup (dibawah tanah) tanpa sirkulasi udara. Akibatnya, udara lembab terperangkap didalam ruangan karena massa jenisnya lebih tinggi dari-pada massajenis udara kering di lingkungan luar. Pada tahapan ini, pengukuran nilai RH hnya untuk mengetahui apakah kelembaban ruangan tersebut berada dibawah standar atau diatas standar.

Penelitian dilanjutkan dengan meneliti nilai RH secara lebih spesifik pada 4 buah ruangan yang berbeda. Hasilnya dapat dilihat pada “Tabel.3”. Dari hasil pengukuran RH pada 4 buah ruangan yang berbeda, ditemukan data bahwa nilai RH pada area Return Water Pump dan UF Lifting Pump berada pada angka 59% yang termasuk pada kategori tinggi. Data diambil pada tanggal 11 April 2017, pukul 14.00 WIB.

Tabel.3 Perbandingan nilai RH pada 4 ruangan

Area	RH (%)	Keterangan
Service Water Pump	58	RH Standar
Regeneration Pump	60	RH Standar
UF Lifting Pump-Return Water Pump	69	RH Tinggi
Ruang terbuka	56	RH Standar

Penelitian dilanjutkan dengan mengukur nilai RH pada are Return Water Pump & UF Lifting Pump secara spesifik dan berkala. Pengukuran diukur pada 4 titik dengan setiap titik dilakukan 4 kali pengambilan data pada waktu yang berbeda. Lokasi sampling dapat dilihat pada “Gambar.4”.



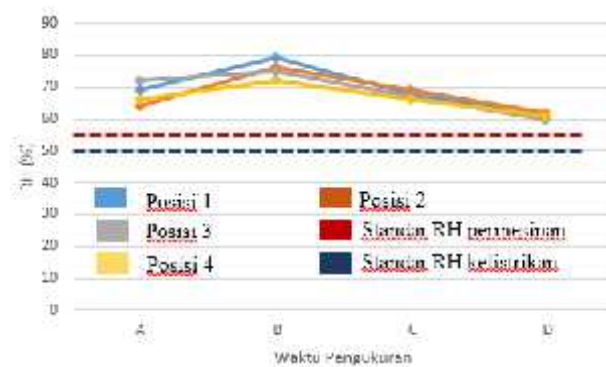
Gambar.8 Titik pengambilan data pada area UF Lifting Pump dan Return Water Pump

Data hasil pengukuran pada ke-empat titik diatas dapat dilihat pada “Tabel.4”

Tabel.4 Hasil pengukuran lapangan

Hasil Pengukuran Suhu Dan Kelembaban													
No	Hari	Tanggal	Jam	Udara		Titik							
						1		2		3		4	
				T	RH	T	RH	T	RH	T	RH	T	RH
A	Selasa	11-Apr	14:00	33	59	31	69	30	64	30	72	30	66
B	Rabu	12-Apr	14:30	35	57	32	79	32	76	32	75	32	72
C	Kamis	13-Apr	8:15	29	72	31	68	31	69	30	67	31	66
B	Kamis	13-Apr	11:20	39	50	34	61	34	62	35	60	34	61

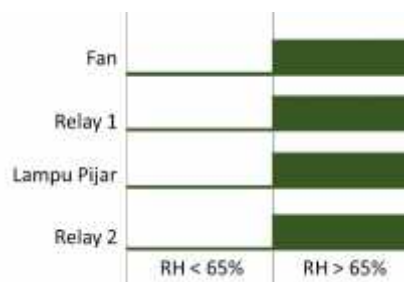
Grafik kecenderungan nilai RH pada tabel diatas serta perbandingannya dengan standar RH untuk material permesinan dan kelistrikan, dapat dilihat pada “Grafik.2”.



Grafik.2 Kecenderungan RH pada 4 kali pengambilan data dan perbandingan dengan standar [2]

3.2 CARA KERJA ALAT

Dehumidifier didesain untuk bekerja pada nilai kelembaban relative (RH) diatas 65% dengan pertimbangan kelembaban udara luar (atmosfir) berada pada nilai 60%. Untuk menaikan nilai kelembaban, digunakan air yang disemprot ke seluruh ruangan secara berkala. Cara kerja alat dapat dilihat pada “Gambar.9” dan “Tabel.5”.



Gambar.9 Diagram kerja alat

Tabel.5 Tabel kerja

Komponen	Nilai Kerja		
	Posisi Awal	RH<65	RH>65
Fan	0	0	1
Relay 1	0	0	1
Lampu Pijar	0	0	1
Relay 2	0	0	1

Pada percobaan ini, air hangat disemprotkan secara menyeluruh kebagian dalam ruangan untuk menaikan Humiditas. Pada saat nilai RH > 65% maka relay 1 dan relay 2 akan berada pada kondisi ON (bernilai 1). Relay akan menghubungkan lampu pijar dan fan dengan sumber listrik sehingga mengaktifkan keduanya (bernilai 1). Lampu pijar akan memanaskan ruangan. Lapisan aluminium foil akan menjaga dan menyebarkan panas secara menyeluruh. Pemanasan ruangan bertujuan untuk mengurangi kadar air dan meringankan massa jenis udara sehingga lebih mudah dan cepat dihisap oleh fan. Kombinasi lampu pijar dan fan merupakan mekanisme pengondisian ruangan untuk menurunkan nilai RH. Setelah nilai RH turun pada nilai RH < 65%, maka relay 1 dan relay 2 akan berada pada kondisi OFF (bernilai 0). Akibatnya, lampu pijar dan fan akan mati. Kondisi ini akan bertahan hingga nilai RH kembali naik diatas 65 %.

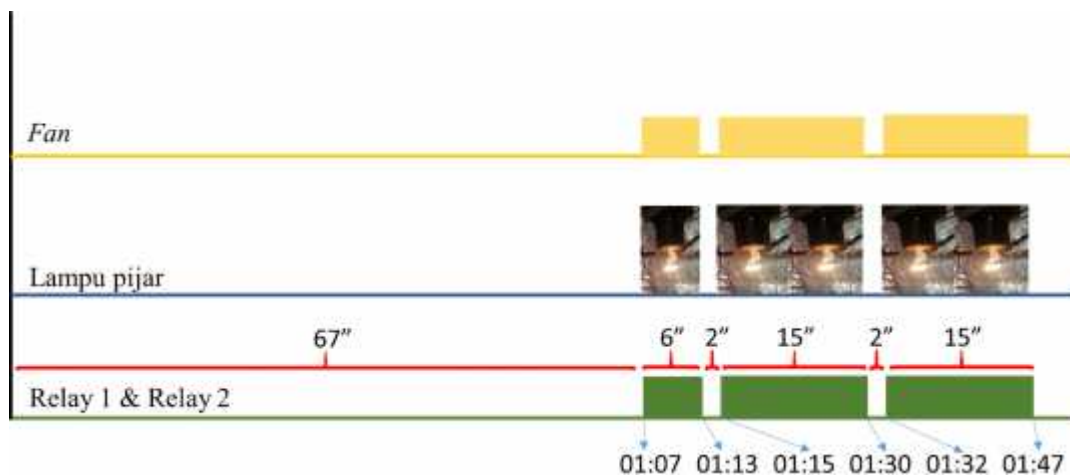
Kondisi didalam ruangan pada saat nilai RH > 65% dapat dilihat pada “Gambar.10a”. Kondisi didalam ruangan pada saat nilai RH < 65% dapat dilihat pada “Gambar.10b”. Dokumentasi didapat dengan meletakkan kamera didalam maket untuk memantau dinamika perubahan kondisi lampu.



Gambar.10(a) Keadaan dalam maket ketika sistem dalam kondisi ON;
10(b) Keadaan dalam maket ketika sistem dalam keadaan OFF

3.3 HASIL DAN ANALISA

Percobaan ini dilakukan hingga mencapai 6 kali perubahan kondisi untuk memastikan responsivitas alat. Hasil dari percobaan ini dapat dilihat pada “Gambar.11” dan “Tabel.6”.



Gambar.11 Dinamika perubahan relay, lampu, dan fan

Pada saat *starting* (kondisi 1), kelembaban dalam ruangan terus meningkat akibat keberadaan molekul air dalam udara dan disekitar ruangan hingga mencapai nilai RH > 65%. Kondisi 1 bertahan selama 67 detik. Pada saat nilai RH > 65% (kondisi 2), sistem *dehumidifier* aktif untuk mereduksi kelembaban. Kondisi 2 bertahan selama 6 detik, dan nilai RH kembali turun (kondisi 3). Kondisi 3 membuktikan bahwa sistem *dehumidifier* mampu menurunkan nilai humiditas dalam ruangan. tetapi dapat bertahan selama 2 detik. Hal ini membuktikan bahwa nilai humiditas dalam ruangan kembali naik dengan cepat (kondisi 4). Kondisi 4 bertahan selama 15 detik sebelum kembali direduksi oleh *dehumidifier* (kondisi 5). Kondisi 5 hanya bertahan selama 2 detik sebelum akhirnya kelembaban ruangan kembali naik.

Tabel.6 Hasil percobaan hingga 6 kondisi

Kondisi	Waktu	Range Waktu	RH	Relay 1	Relay 2	Lampu Pijar	Fan
1	00:00 – 01:07	67''	<65	OFF	OFF	OFF	OFF
2	01:07 – 01:13	6''	>65	ON	ON	ON	ON
3	01:13 – 01:15	2''	<65	OFF	OFF	OFF	OFF
4	01:15 – 01:30	15''	>65	ON	ON	ON	ON
5	01:30 – 01:32	2''	<65	OFF	OFF	OFF	OFF
6	01:32 – 01:47	15''	>65	ON	ON	ON	ON

Hasil percobaan membuktikan bahwa rancang bangun sistem *dehumidifier* mampu mengurangi kelembaban dalam suatu ruangan dan mampu merespon dinamika perubahan nilai RH secara cepat. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa peningkatan nilai RH setelah kondisi 2, lebih cepat dari penurunannya. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa sistem ini responsif dalam pengendalian humiditas dalam suatu ruangan.

4. KESIMPULAN

- a. Input (sensor kelembapan), Proses set point RH 65%, dan output (lampu pijar dan *exhaust fan*) berhasil bekerja secara terintegrasi dan juga memiliki respon kerja alat yang baik.
- b. Sistem *dehumidifier* yang terdiri dari *heater* (lampu pijar) dan *exhaust fan* dapat mereduksi kelembaban dalam suatu ruangan.
- c. *Heater* (lampu pijar) dan *exhaust fan* pada kerja alat yang telah diuji coba, berhasil dalam menurunkan massa jenis uap air dan mampu mengeluarkan udara lembab dari dalam ke luar ruangan
- d. Sistem *dehumidifier* mampu merespon perubahan nilai RH dalam suatu ruangan dengan cepat.

Daftar Pustaka

- [1] S. Syed, "Atmospheric corrosion of materials," *Emirates Journal for Engineering Research*, vol. 11, pp. 1-24, 2006.
- [2] W. Arismunandar and H. Saito, *Penyegaran udara: Pradnya Paramita*, dengan bantuan Association for International Technical Promotion, 1980.
- [3] Q. Wang, "Effects of relative humidity on the corrosion of iron: an experimental view," *British Museum technical research bulletin*, vol. 1, pp. 65-73, 2007.
- [4] R. Hienonen and R. Lahtinen, *Corrosion and climatic effects in electronics: VTT*, 2007.
- [5] U. Hribšek, "Introduction to corrosion," 2014.
- [6] R. Francis, "Humidity and Dew Point: Their Effect on Corrosion and Coatings," *ACA Annual Conference*, vol. Paper 16, pp. Pages 1-10, 2002.
- [7] COTES.COM. *Wind Turbines Need Protecting Against The Effect of Humidity*. Available: <https://cotes.com/wp-content/uploads/2015/11/Cotes-Wind-On-Shore.pdf> [Accessed 5 May 2017]
- [8] A. A. Pesaran, "Review of Desiccant Dehumidification Technology," National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO.1994.
- [9] MGE.COM. *Dehumidifiers and Humidifiers*. Available: <https://www.mge.com/images/PDF/Brochures/residential/Dehumidifiers.pdf> [Accessed 5 May 2017]

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TEKANAN VAKUM TERHADAP KINERJA KONDENSOR DI PLTU PT. PJB UNIT PEMBANGKITAN MUARA KARANG

Yordy Rafsanjani¹, Paulus Sukusno²

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Kampus Baru UI Depok, 16425, Indonesia,

Telp: (62-21) 7863530 / (62)85779955995 Fax: (62-21) 7863530

Email: yordy.rafsan@gmail.com

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah salah satu pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber panas. PLTU merupakan pembangkit yang paling efisien untuk dikembangkan di Indonesia dibandingkan dengan tenaga lainnya. Dalam memenuhi sumber energi listrik, pengelola perusahaan pembangkit harus mampu mengoptimalkan efisiensi dari setiap pembangkit dengan harapan dapat menurunkan biaya produksi yang dikeluarkan dalam segi bahan bakar maupun perawatan setiap komponen dan produksi listrik dapat mencapai kapasitas maksimum, sehingga memperoleh keuntungan yang tinggi. Salah satu komponen penting dan harus dijaga dalam sebuah unit PLTU yaitu tekanan vakum dalam kondensor, yang dapat mempengaruhi efisiensi pada sebuah PLTU. Oleh karena itu perlu diperhatikan tekanan vakum yang terjadi pada kondensor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan tekanan vakum kondensor terhadap kinerja kondensor. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data, pembahasan dan analisa data, serta pengambilan kesimpulan. Hasil analisis menunjukkan efektivitas kondensor terbesar adalah 42,26% pada tekanan 688 mmHg, yaitu bahwa semakin kecil tekanan pada kondensor, maka semakin besar efektivitas atau kinerja pada kondensor tersebut yaitu.

Kata Kunci: PLTU, Kondensor, Vakum, Efektivitas

Abstract

Steam power plant (PLTU) is one of the plants that use fossil fuel as a heat source. PLTU is the most efficient generator to be developed in Indonesia compared to other personnel. In fulfilling the source of electrical energy, power plant managers must be able to optimize the efficiency of each plant in the hope of reducing the production costs incurred in terms of fuel and maintenance of each component and electricity production can reach maximum capacity, thus gaining high profits. One of the important components and must be maintained in a steam power plant unit is the vacuum pressure in the condenser, which can affect the efficiency of a steam power plant. Therefore it is necessary to note the vacuum pressure that occurs in the condenser. This study aims to determine the effect of vacuum condenser pressure changes on the performance of condensers. The methodology used in this research is by way of literature study, data collection and processing, discussion and data analysis, and conclusion. The result of the analysis shows that the greatest condenser effectivity is 42,26 percent at 688 mmHg pressure, that is, the less pressure on the condenser, the greater the effectivity or the performance of the condenser.

Keywords: PLTU, Condenser, Vacuum, Effectiveness.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini.[1] Seiring dengan tingkat populasi penduduk di Indonesia yang semakin tinggi maka permintaan akan energi listrik juga meningkat, oleh karena itu berbagai upaya yang dilakukan oleh pemerintah agar memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. Salah satunya dengan melaksanakan program pembangunan pembangkit listrik 10.000 MW yang tersebar diseluruh Indonesia.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah salah satu pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber panas. PLTU merupakan pembangkit yang paling efisien untuk dikembangkan di Indonesia dibandingkan dengan tenaga lainnya. Salah satu perusahaan pembangkit listrik tenaga uap yaitu PLTU PT. PJB Unit Pembangkitan Muara Karang unit 4 dan 5 dengan kapasitas 2x200 MW. Dalam memenuhi sumber energi listrik, pengelola perusahaan pembangkit harus mampu mengoptimalkan efisiensi dari setiap pembangkit dengan harapan dapat menurunkan biaya produksi yang dikeluarkan dalam segi

bahan bakar maupun perawatan setiap komponen dan produksi listrik dapat mencapai kapasitas maksimum, sehingga memperoleh keuntungan yang tinggi.

Salah satu komponen yang penting dan harus dijaga yaitu tekanan vakum dalam kondensor, yang menyebabkan tidak sempurnanya proses kondensasi. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan membahas tentang perubahan tekanan vakum kondensor terhadap kinerja kondensor pada PLTU PT. PJB Unit Pembangkitan Muara Karang unit 4 dan 5, sehingga dapat diketahui besar nilai tekanan vakum di dalam kondensor yang perlu dijaga agar mendapat kinerja kondensor yang baik.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka masalah yang dapat diambil, yaitu apa yang menyebabkan perubahan tekanan vakum pada kondensor dan berapa tekanan vakum yang harus dijaga agar kondensor bekerja optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan tekanan vakum terhadap kinerja kompresor.

II. METODE PENELITIAN

Pengambilan data untuk penelitian ini bertempat di PT. PJB Unit Pembangkitan Muara Karang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan cara pengambilan data ke lapangan. Data yang diambil antara lain beban aktual, vakum kondensor, temperatur inlet dan outlet air laut, temperatur uap keluaran LP turbin uap, dan temperatur air *hotwell*. Kemudian data diolah secara kuantitatif dengan menggunakan beberapa metode perhitungan.

Metode perhitungan data yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode perpindahan panas LMTD (*Log Mean Temperature Difference*) aliran *crossflow* [2] dan *NTU-Effectiveness*. *Tlmtd* merupakan persamaan yang menggambarkan perbedaan temperatur rata-rata yang digunakan untuk menganalisa alat penukar panas dalam hal ini adalah kondensor. [3] Dimana nilai *effectiveness* yang didapat nilainya, diasumsikan sebagai kinerja kondensor. Dari metode perhitungan yang digunakan, maka akan didapatkan laju perpindahan panas, koefisien perpindahan panas total, dan nilai *NTU-Effectiveness*. Data-data yang telah diolah selanjutnya dibandingkan dengan tekanan vakum pada kondensor, kemudian dianalisa dan digambarkan dalam bentuk grafik. Dari analisa tersebut maka dapat diketahui pengaruh perubahan tekanan vakum pada kondensor.

Rumus Perhitungan

Tlmtd (*Log Mean Temperature Difference*) merupakan persamaan yang menggambarkan perbedaan temperatur rata-rata yang digunakan untuk menganalisa alat penukar panas dalam hal ini kondensor.

$$\Delta T_{lmtd} = \frac{(T_{hi} - T_{co}) - (T_{ho} - T_{ci})}{\ln\left(\frac{T_{hi} - T_{co}}{T_{ho} - T_{ci}}\right)} \dots\dots\dots \text{[Persamaan 1] [3]}$$

Dimana *Tci* adalah temperatur air pendingin masuk kondensor ($^{\circ}\text{C}$); *Tco* adalah temperatur air pendingin keluar kondensor ($^{\circ}\text{C}$); *Thi* adalah temperatur uap masuk kondensor berasal dari LP turbin ($^{\circ}\text{C}$); *Tho* adalah temperatur air hasil kondensasi pada kondensor ($^{\circ}\text{C}$).

Panas yang dilepas oleh fluida panas kemudian diterima oleh fluida dingin dengan menembus luasan sebesar *A* dengan koefisien *U* dan beda temperatur rata-rata *Tm* yang dinyatakan dalam bentuk persamaan.

$$q = U.A. \Delta T_{lmtd} \dots\dots\dots \text{[Persamaan 2] [3]}$$

$$q = \dot{m}_s \cdot C_{ps} (Thi - Tho) \dots\dots\dots \text{[Persamaan 3] [1]}$$

Dimana *q* adalah laju perpindahan kalor (*W*); *U* adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh ($\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$); *A* adalah permukaan penukar kalor yang mengalami perpindahan panas (m^2).

Dalam kaitannya dengan efektivitas dari kondensor maka dapat dihubungkan dengan metode *NTU* (*Number Of Transfer Unit*).

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}} \dots\dots\dots \text{[Persamaan 4] [3]}$$

Sehingga untuk menentukan besarnya efektivitas (*effectiveness*, ϵ), dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

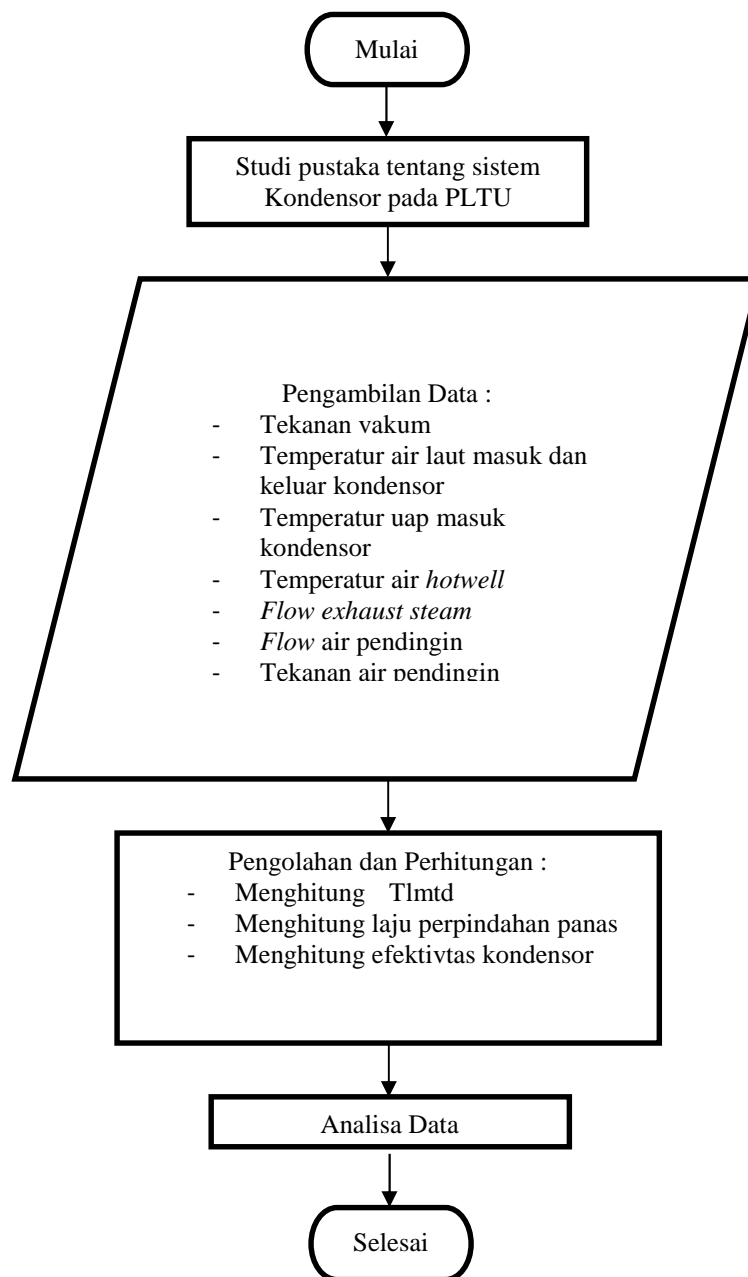
$$\epsilon = 1 - \exp\left\{-\frac{1}{C} [1 - \exp(-C.NTU)]\right\} \dots\dots\dots \text{[Persamaan 5] [3]}$$

$$C = \frac{C_{min}}{C_{max}} = \frac{\dot{m}_s.C_{ps}}{\dot{m}_{cw}.C_{pcw}} \dots\dots\dots \text{[Persamaan 6] [3]}$$

Dimana ϵ adalah efektivitas kondensor; C adalah *capacity ratio*; s adalah *steam low at rated operation* (kg/s); c_w adalah *cooling water flow* (kg/s); C_{ps} adalah *CP (Heat Capacity at Constant Pressure) Steam* (kJ/(kg°C)); C_{pcw} = *CP (Heat Capacity at Constant Pressure) Cooling Water* (kJ/(kg°C)).

Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Penelitian dimulai dengan melakukan studi pustaka terkait sistem kondensor pada PLTU. Kemudian dilakukan pengambilan data berupa tekanan vakum, temperatur air laut masuk dan keluar kondensor, temperatur uap masuk kondensor, temperatur air *hotwell*, *flow steam exhaust*, *flow* air pendingin kondensor, dan tekanan air pendingin kondensor. Selanjutnya data diolah dan dihitung sehingga didapatkan perhitungan T_{lmtd} , laju perpindahan panas, dan efektivitas kondensor. Kemudian data yang didapat dibandingkan dengan tekanan vakum kondensor dan dianalisa untuk mengetahui pengaruh perubahan tekanan vakum terhadap kinerja kondensor.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengumpulan Data

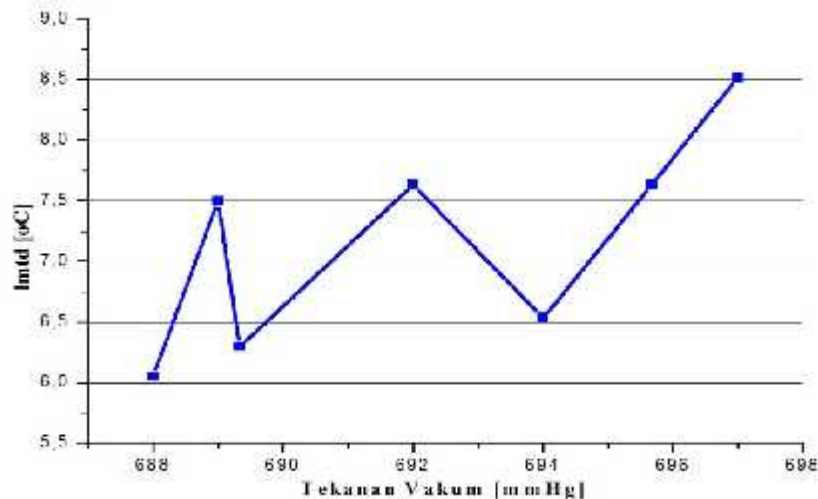
Tabel 1. Data Aktual Kondensator PLTU Muara Karang unit 5

Vakum (mmHg)	T _{ci} (°C)	T _{co} (°C)	T _{hi} (°C)	T _{ho} (°C)	P _{ew} (kg/cm ²)	i _{is} (kg/hr)	i _{kw} (ton/hr)
689,33	26,5	37	39,27	40	0,375	467444,1223	24288,96523
697	22,5	37	40,2	40,33	0,37	475345,3594	17829,3571
694	29	38	40,8	41,67	0,39	443688,4791	28594,07093
692	30	38	42	43	0,38	467148,3434	31729,50886
689	30	38,5	42,33	43	0,39	470019,3097	29980,46956
695,67	28,5	37	41	41,5	0,415	424595,0479	27139,3959
688	30	38,5	42,33	39	0,41	426051,1393	28860,78115

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Perbandingan Tekanan Vakum terhadap T_{lmtd}

Berdasarkan hasil perhitungan T_{lmtd}, didapatkan grafik sebagai berikut :

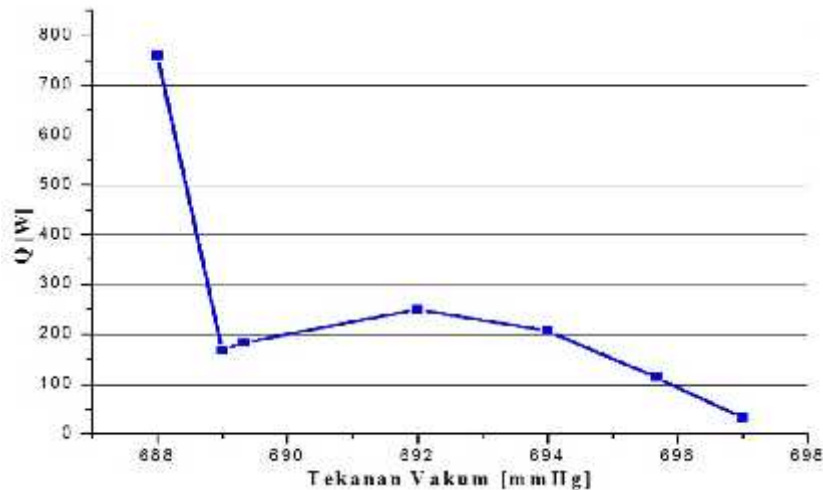


Gambar 2. Grafik Tekanan Vakum vs T_{lmtd}

Pada grafik di atas menyatakan hubungan tekanan vakum terhadap T_{lmtd} yaitu perbedaan temperatur rata-rata pada kondensator, dimana secara keseluruhan terlihat bahwa nilai T_{lmtd} yang semakin besar mengakibatkan nilai tekanan di dalam kondensator semakin besar juga yang dapat menurunkan efisiensi kinerja kondensator itu sendiri. Tekanan vakum tertinggi dihasilkan pada T_{lmtd} sebesar 8,52°C yaitu 697 mmHg, sedangkan tekanan vakum terendah dihasilkan pada T_{lmtd} sebesar 6,05°C yaitu 688 mmHg. Nilai tekanan vakum sendiri sangat dipengaruhi oleh temperatur air pendingin yang masuk ke dalam kondensator. Temperatur air pendingin yang diharapkan sendiri harus serendah mungkin, hal ini yang akan mempengaruhi tekanan vakum di dalam kondensator yang akan jenuh apabila temperatur air pendingin rendah. Namun temperatur air pendingin yang di peroleh dari air laut sendiri tidak bisa dipertahankan nilai temperatur yang rendah, sehingga keadaan ini tergantung musim lingkungan yang terjadi pada saat itu.

3.2. Analisis Perbandingan Tekanan Vakum terhadap Laju Perpindahan Panas

Berdasarkan hasil perhitungan laju perpindahan panas, didapatkan grafik sebagai berikut :

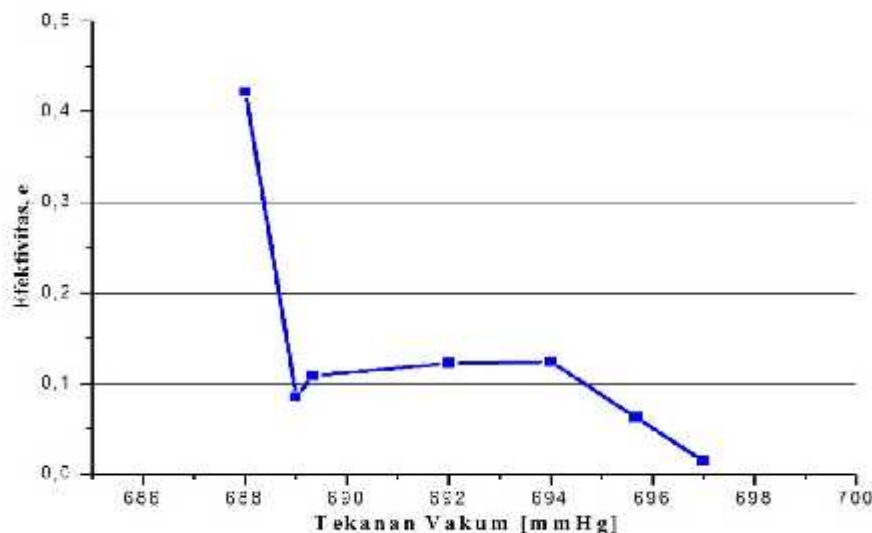


Gambar 3. Grafik Tekanan Vakum vs Laju Perpindahan Panas

Pada grafik di atas menyatakan hubungan tekanan vakum terhadap laju perpindahan panas, dimana semakin kecil laju perpindahan panas mengakibatkan tekanan pada kondensor semakin besar. Untuk nilai laju perpindahan panas terbesar dihasilkan pada tekanan vakum kondensor 688 mmHg yaitu sebesar 760,61 kW. Dan laju perpindahan panas terkecil terjadi pada tekanan vakum 697 mmHg yaitu sebesar 33,16 kW. Laju perpindahan panas yang besar menunjukkan bahwa semakin besarnya kalor yang dibutuhkan untuk mengkondensasikan uap hasil pembuangan ekstrasi turbin menjadi air. Padahal untuk sistem di dalam kondensor dibutuhkan penghematan kalor sekecil mungkin agar uap dapat terkondensasi menjadi air semaksimal mungkin. Untuk nilai vakum 697 mmHg sendiri mampu menghasilkan laju perpindahan panas yang lebih kecil yaitu 33,16 kW, sehingga mampu menghemat kalor yang lebih besar 727,45 kW apabila dibanding dengan kondisi tekanan di dalam vakum mencapai 688 mmHg. Laju perpindahan panas ini tergantung pada aliran air pendingin, kebersihan pipa-pipa dan perbedaan temperatur antara uap dan air pendingin. Proses perubahan uap menjadi air terjadi pada tekanan dan temperatur jenuh, dalam hal ini kondensor berada pada kondisi vakum.

3.3. Analisis Perbandingan Tekanan Vakum terhadap Efektivitas

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas kondensor, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik Tekanan Vakum vs Efektivitas

Grafik di atas menyatakan hubungan tekanan vakum kondensor terhadap efektivitas pada kondensor, dimana semakin besar tekanan pada kondensor mengakibatkan semakin kecil nilai efektivitas kondensor. Efektivitas kondensor terbesar dihasilkan pada tekanan 688 mmHg yaitu sebesar 0,4226. Sedangkan efektivitas

kondensor terkecil dihasilkan pada tekanan 697 mmHg yaitu sebesar 0,0151. Efektivitas kondensor sendiri dinyatakan dalam perhitungan perpindahan panas NTU-*effectiveness*. Besar kecilnya nilai tekanan vakum kondensor sendiri dipengaruhi beberapa hal seperti temperatur air pendingin yang rendah, karena semakin rendah temperatur air pendingin, maka semakin cepat uap hasil pembuangan ekstraksi turbin terkondensasi, sehingga tekanan di dalam kondensor akan menurun atau vakum. Adanya gas-gas yang tidak dapat terkondensasi dapat menyebabkan penurunan tingkat kevakuman. Gas-gas yang tidak terkondensasi ini bisa merupakan gas dari luar yang masuk ke kondensor, hal ini karena kondensor di desain memiliki tekanan di bawah atmosfer maka akan mungkin ada udara dari luar yang masuk ke kondensor. Selain itu penyebab dari gas-gas yang tidak terkondensasi ini juga berasal penguraian air menjadi gas oksigen dan gas hidrogen. Sehingga gas-gas yang tidak dapat terkondensasi tersebut harus dikeluarkan menggunakan bantuan pompa vakum dari kondensor untuk menjaga kevakuman kondensor dan memperluas area perpindahan panas uap dengan air pendingin.

IV. KESIMPULAN

- a. Semakin cepat suatu kondensor ini melakukan proses kondensasi mengubah uap pembuangan dari turbin tekanan rendah menjadi air kondensat maka tingkat vakum kondensor akan semakin tinggi.
- b. Semakin besar tekanan pada kondensor mengakibatkan semakin kecil nilai efektivitas kondensor. Oleh karena itu perlu dijaga tingkat kevakuman kondensor agar mendapatkan kinerja kondensor yang maksimal.
- c. Temperatur air pendingin (air laut) akan mempengaruhi tekanan kondensor (vakum kondensor) temperatur air pendingin ini akan berpengaruh pada kecepatan suatu steam berkondensasi. Semakin rendah temperatur, uap pembuangan dari turbin tekanan rendah akan lebih cepat terkondensasi sehingga tekanan kondensor akan rendah (vakum maksimal) dan nantinya akan berpengaruh pada kinerja kondensor.
- d. Kinerja terbaik kondensor adalah pada efektivitas sebesar 0,4226 atau 42,26% dengan tekanan kondensor sebesar 688 mmHg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. I. Rotary *et al.*, "Penentuan Nilai Efektivitas Kondensor," vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [2] Ltd. Mitsubishi Heavy Industries, "General & Turbine Proper & Turbine Auxiliary Equipment," 2010.
- [3] A. S, Bono, and B. P, "Perubahan Tekanan Vakum Kondensor," vol. 10, no. 2, pp. 65–71, 2014.

ANALISIS *HEAT RATE* TERHADAP EFESIENSI PADA TURBIN UAP PADA BEBAN OPERASI 135 MW DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

Eno Vilianto¹, Adi Syuriadi², Deby Mardiansah³

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta

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

Telp. (021) 7270036, 7270044, Faks. (021) 7270034

enovilianto10@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Kemajuan teknologi membuat kebutuhan listrik semakin meningkat. Maka dibutuhkan pembangkit tenaga listrik yang handal dan efisien. Untuk mengetahui performa PLTU, maka penting peninjauan terhadap heat rate. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa turbin uap dengan dilakukan perhitungan heat rate turbin terhadap efisiensi turbin menggunakan beban yang sama (135 MW). Metodologi yang digunakan dengan mengambil langsung data performance test yang dilakukan selama 5 bulan. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai efisiensi turbin tertinggi sebesar 39,08 % dengan nilai turbin heat rate sebesar 9.211 kJ/kWh pada bulan Januari 2017 dan nilai efisiensi turbin terendah sebesar 37,38 % dengan nilai turbin heat rate sebesar 9.629 kJ/kWh pada bulan September 2016. Dapat disimpulkan bahwa efisiensi turbin berbanding terbalik dengan nilai turbin heat rate.

Kata kunci: turbin heat rate, efisiensi turbin uap, beban tetap, performance test, pltu

Abstract

The advancement in technology makes the electricity has increased. Then, reliable and efficient power plant are required. This research aims to know the performance of steam turbine, it must to calculate the turbine heat rate and turbine efficiency with the constant load (135MW). The methodology used by taking the direct performance test data conducted for 5 months. The results are the highest turbine efficiency is 39,08% with the value of turbine heat rate is 9.211kJ/kWh in January 2017 and the lowest turbine efficiency is 37,38% with the value of turbine heat rate is 9.629 kJ/kW in September 2016. The conclusion is steam turbine efficiency inversely proportional to the value of turbine heat rate..

Key words: turbine heat rate, steam turbine efficiency, constant load, performance test, pltu

I. PENDAHULUAN

Merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi [1]. Energi listrik dengan kapasitas besar serta penggunaan secara terus menerus berdampak dengan meningkatnya kebutuhan listrik oleh karena itu dibutuhkannya pembangkit tenaga listrik yang handal dan efisien. Salah satu unit yang bergerak dalam bidang pembangkitan listrik yang dimiliki oleh PT X.

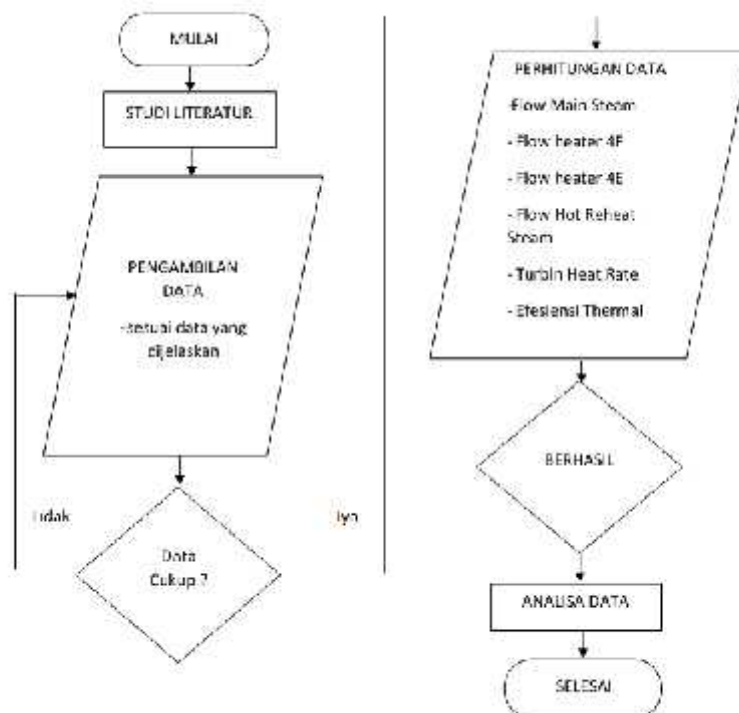
Komponen utama pada PLTU salah satunya adalah turbin uap. Turbin uap adalah suatu mesin panas (*heat engine*) dimana energi uap dikonversikan menjadi kerja. Energi dalam uap diekspansikan melalui nosel dan dikonversikan menjadi energi kinetik yang kemudian dikonversikan menjadi kerja pada sudu rotor yang berputar dan di kopel dengan generator untuk menghasilkan listrik [2].

Heat rate merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui karakteristik dan keandalan dari suatu unit pembangkit sebagai dasar pertimbangan pengoperasian dan perawatan suatu unit pembangkit tenaga uap. Sedangkan turbin *heat rate* didefinisikan sebagai sebagai jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik sebesar 1kWh [2].

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis melakukan analisis *performance* PLTU PT X yang bertujuan untuk mengetahui nilai *heat rate* tertinggi dan terendah terhadap efisiensi turbin pada beban yang sama (135 MW) selama 5 bulan.

II. METODE PENELITIAN

Gambar 1. Menjelaskan tentang Diagram Alir Penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PLTU PT X untuk membandingkan performa *heat rate* terhadap beban sama (135MW), metode penelitian yang digunakan sebagai berikut:

2.1 Studi Literatur

Metode penyelesaian masalah skripsi ini dimulai dari mencari *manual book* dan jurnal. Setelah mendapatkan manual book dan spesifikasi turbin uap PLTU PT X.

2.2 Pengambilan data

Data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan *turbin heat rate*:

- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap utama (*main steam*)

- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap (*hp heater-f outlet feedwater*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap (*hp heater-f inlet feedwater*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap (*hp heater-e extraction steam*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap (*hp heater-e inlet feedwater*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran (*hp heater-e drain*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap (*hot reheat*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran uap masuk pemanas ulang (*cold reheat*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap (*dearator extraction steam*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran (*dearator outlet water*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran (*lp heater-c outlet condensate water*)
- laju aliran massa (*condensate flow*)
- laju aliran massa (*superheater spray*)
- laju aliran massa (*Reheater spray*)
- Temperatur, tekanan, dan laju aliran massa uap keluar (*Steam out LP turbin to kondensor*)
- Generator output (Mega Watt)

2.3 Pengolahan Data

Data yang didapatkan diolah secara kuantitatif dengan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

2.3.1 Konversi dan Perhitungan Properties

Pada tahap ini dilakukan konversi satuan dari data yang telah dikumpulkan ke dalam satuan umum digunakan untuk mempermudah proses perhitungan.

2.3.2 Perhitungan Heat Rate Turbin Dan Efisiensi

Setelah dilakukan konversi dan didapatkan data properties pada masing-masing parameter. Maka selanjutnya adalah perhitungan *heat rate* turbin dengan menggunakan data dan properties tersebut. Perhitungan *heat rate* turbin tersebut antara lain:

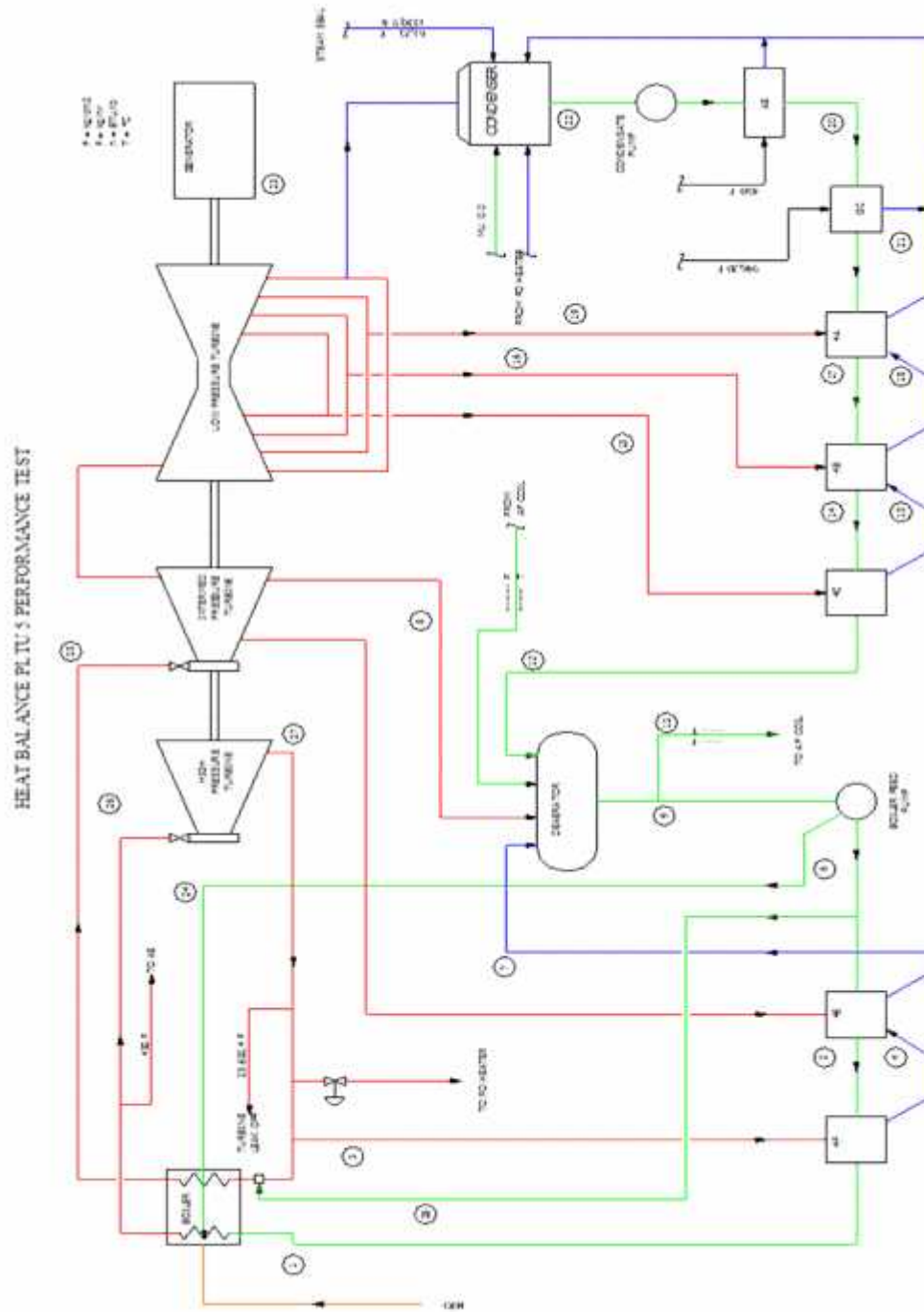
- *Heat balance on heater 4F*
- *Heat balance on heater 4E*
- *Heat balance on Dearator*
- *Determination of Reheat Flow*
- *Turbin heat rate*
- *Efisiensi*

2.3.3 Pengeplotan Pada Grafik Dan Analisis

Setelah didapatkan data turbin *heat rate* dan efisiensi. Selanjutnya data disajikan dalam grafik. Pengeplotan ini berguna untuk mempermudah pembacaan dan analisis turbin *heat rate* dan efisiensi.

2.4 Laju Panas Pembangkit (*Heat rate*)

Secara umum laju panas pembangkit (*heat rate*) menjelaskan seberapa besar energi input yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi dari generator. Semakin besar nilai laju panas pembangkit (*heat rate*) maka semakin jelek efisien pembangkit tersebut, dan sebaliknya semakin kecil nilai laju panas pembangkit (*heat rate*) maka semakin efisiensi pembangkit tersebut. Uji laju panas pembangkit (*heat rate*) bertujuan untuk mengidentifikasi terjadinya penurunan kinerja thermal pembangkit serta menentukan penyebab bagian pembangkit yang menyebabkan kerugian daya dan efisiensi lebih rendah dari seharusnya. Dengan mengetahui kondisi pembangkit yang melebihi normal serta bagian mana dari pembangkit yang mengalami masalah maka dapat dilakukan langkah-langkah perbaikan untuk mengatasinya [3].



Gambar 2. Skema PLTU PT X

2.4.1 Heat Balance Heater 4F

Heat balance heater 4f digunakan untuk menentukan persamaan aliran *final feed water* dan ekstraksi heater 4F dari ekstraksi HP steam turbin sebagai pemanas *final feed water* (air umpan boiler) dimana rumus yang digunakan untuk mendapatkan persamaan nilai B [4]:

$$B = \frac{feedwater.(h1 - h2)}{h3 - h4} \dots\dots\dots[\text{Persamaan 1}]$$

Dimana

h1 = Entalpi hp heater f outlet feedwater

h2 = Entalpi hp heater f inlet feedwater

h3 = Entalpi hp heater f extraction steam

h4 = Entalpi heater f drain

2.4.2 Heat Balance Heater 4E

Heat balance heater 4E digunakan untuk menentukan persamaan aliran *final feedwater* dan ekstraksi heater 4E dari ekstraksi HP steam turbin sebelum *final feedwater* dimana rumus yang digunakan untuk mendapat persamaan nilai C [4]:

$$C = \frac{Fw(h2 - h6) - B(h4 - h7)}{h5 - h7} \dots\dots\dots[\text{Persamaan 2}]$$

Dimana

h2 = Entalpi HP heater f inlet feedwater

h6 = Entalpi HP heater e inlet feedwater

h4 = Entalpi heater f drain

h5 = Entalpi heater e extraction steam

h7 = Entalpi hp heater e drain

Dari persamaan diatas didapat nilai B dan C dimana nilai tersebut mendapat nilai X yang akan digunakan untuk menghitung *heat balance on Dearator*. Selain itu dibutuhkan nilai Q (*condensate flow*) yang di ambil dari data recording.

2.4.3. Heat Balance On Dearator

Heat balance dearator digunakan untuk mencari nilai *flow feedwater*, *flow heater 4F* dan *flow heater 4E*. Persamaan yang di dapat dari perhitungan ini adalah nilai D. Rumus yang digunakan untuk menghitung persamaan nilai C [4]:

$$Fw = \frac{Q.h10 - QA - (SHs + RHs).h9 + (D.h8)}{(h9 - x.h7)} \dots\dots\dots[\text{Persamaan 3}]$$

$$Fw = \frac{Q - SHs - RHs + D}{1 - x} \dots\dots\dots[\text{Persamaan 4}]$$

Dimana :

Q = Laju aliran massa *condensate water*

h10 = Entalpi LP *heater C outlet condensate water to dearator (kcal/kg)*

QA = *Air preheater coil load (digunakan saat menggunakan bahan bakar minyak) (kcal/h)*

SHs = Laju aliran massa *superheater spray (kg/h)*

RHs = Laju aliran massa *reheater spray (kg/h)*

h9 = Entalpi *dearator water (kcal/kg)*

h8 = Entalpi *dearator extraction steam (kcal/kg)*

h7 = Entalpi *HP heater E drain (kcal/kg)*

2.4.4 Hot Reheater Steam Flow

Adalah laju aliran massa uap *hot reheat* untuk mencari *reheat flow* data yang dibutuhkan aliran uap ke *air ejector, turbine leak off* yang didapat dari *manual book appendix* disesuaikan dengan beban generator [4]:

$$RHw = Fw + SHs + RHs - (K + R + Tlo + B) \dots\dots\dots[\text{Persamaan 5}]$$

Dimana :

K = Aliran massa *steam air ejector (kg/h)*

R = (Digunakan untuk bahan bakar minyak) (kg/h)

Tlo = Aliran massa *turbine leak off (kg/h)*

B = Aliran massa *heater 4F (kg/h)*

2.4.5 Turbine Heat Rate

Turbin *heat rate* adalah jumlah kalor yang dibutuhkan untuk memproduksi listrik sebesar 1kWh. Dan dinyatakan dalam (kJ/kWh). *Turbine heat rate* menunjukkan perbandingan energi total yang digunakan oleh turbin dengan energi listrik yang dihasilkan generator. Besarnya *heat rate* dapat dicari dengan menggunakan rumus [4]:

$$HRt = \frac{Fw(hs - h1) + SHs(hs - h6) + RHw(hro - hri) + RHs(hro - h6)}{Gen.Output - BFPoutput} \dots\dots\dots[\text{Persamaan 6}]$$

Dimana :

Fw : Laju aliran *feedwater (kg/h)*

Hs : Entalpi *main steam (uap keluar superheater) (kcal/kg)*

h1 : Entalpi *HP Heater F Feed water outlet to Eco T/P (kcal/kg)*

SHs : Laju aliran massa *desuperheater spray (kg/h)*

h6 : Entalpi *Feed water out BFP to HP HTR E (kcal/kg)*

RHw : Laju aliran massa *hot reheat steam (kg/h)*

Hro : Entalpi *hot reheat steam (kcal/h)*

Hri : Entalpi *cold reheat steam (kcal/h)*

RHs : Laju aliran massa *reheat spray (kg/h)*

2.4.6 Efisiensi Turbin

Efisiensi merupakan kemampuan suatu peralatan dengan menggunakan sumber daya (*input*) seminimum mungkin dan mampu menghasilkan keluaran (*output*) yang maksimum. Efisiensi turbin merupakan kemampuan turbin uap dalam mengkonversikan uap yang masuk (berekspansi) menjadi energi gerak yang selanjutnya digunakan untuk memutar generator [5]:

$$= \frac{3600}{H.R} \times 100\% \dots\dots\dots[\text{Persamaan 7}]$$

Dimana :

= *Steam* turbin efisiensi (%)

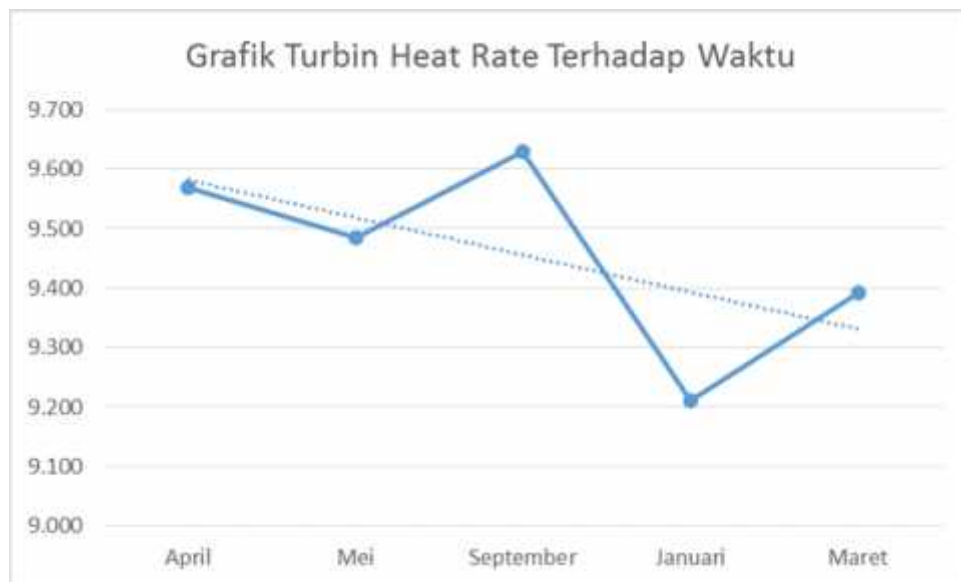
H.R = *Steam* turbin heat rate (kJ/kwh)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis pengaruh *heat rate* dan efisiensi terhadap beban tetap 135 MW

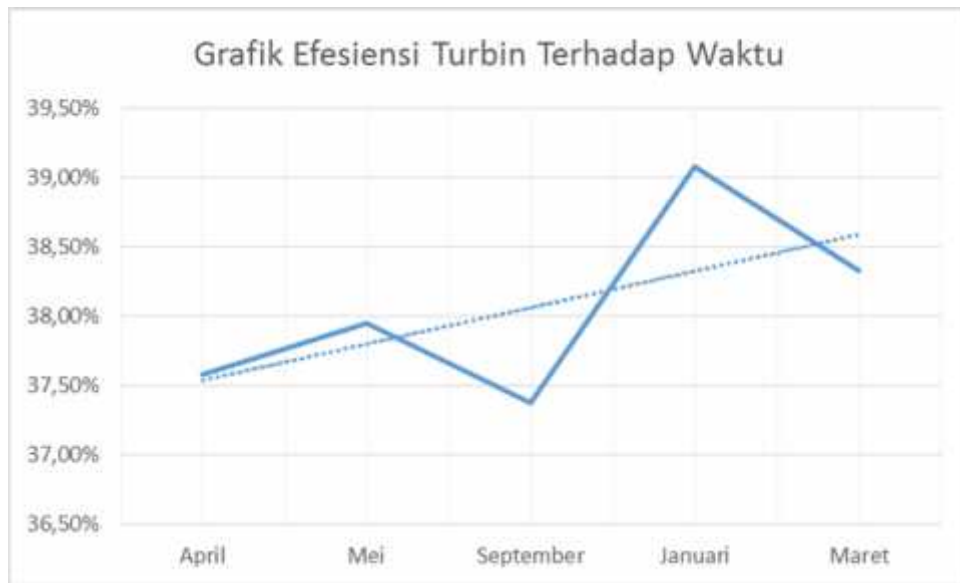
Tabel 1. Hasil perhitungan turbin *heat rate* dan efisiensi beban 135 MW

NO	BEBAN	TANGGAL	HEAT RATE kJ/kWh	EFISIENSI
1	135 MW	14/04/2016	9.568	37,58 %
2		23/05/2016	9.483,90	37,95 %
3		21/09/2016	9.629	37,38 %
4		27/01/2017	9.211	39,08 %
5		29/03/2017	9.392	38,33 %



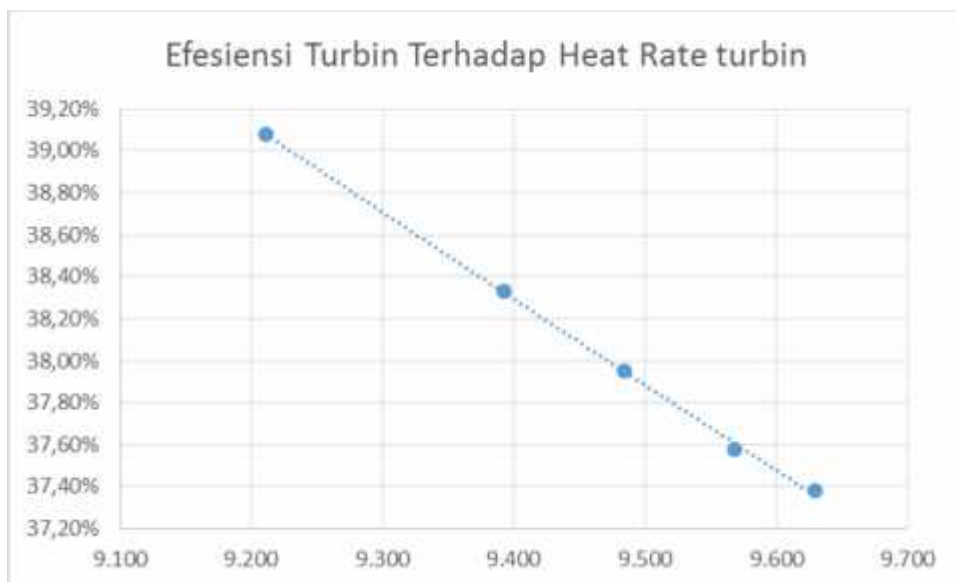
Gambar 3. Grafik *heat rate* turbin terhadap waktu dengan beban 135 MW

Dari hasil perhitungan *heat rate* turbin terhadap waktu pada bulan Januari 2017 didapat *heat rate* turbin sebesar 9211 kJ/kWh (terendah) dan pada bulan September 2016 didapat nilai *heat rate* turbin sebesar 9629 kJ/kwh (tertinggi).



Gambar 4. Grafik efisiensi turbin terhadap waktu dengan beban 135 MW

Dari hasil perhitungan efisiensi turbin terhadap waktu efisiensi turbin tertinggi pada bulan Januari 2017 sebesar 39,08 % dan efisiensi terendah pada bulan September sebesar 37,38 %.



Gambar 5. Grafik efisiensi turbin terhadap nilai turbin heat rate dengan beban 135 MW

Dari hasil perhitungan efisiensi turbin terhadap nilai turbin *heat rate*. Bahwa semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan oleh turbin akan berbanding terbalik dengan nilai turbin *heat rate*.

IV. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan pembahasan, dapat disimpulkan efisiensi turbin berbanding terbalik dengan nilai *heat rate* turbin. Pada bulan Januari 2017 diperoleh efisiensi turbin tertinggi sebesar 39,08% dengan nilai turbin *heat rate* sebesar 9211 kJ/kWh dan pada bulan September 2016 diperoleh efisiensi turbin terendah sebesar 37,38% dengan nilai turbin *heat rate* sebesar 9629 kJ/kWh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] LIPI, “Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Energi Aditif di Indonesia ”*LIPI*, 2017.[Online]. Available: www.esdm.go.id. [Accessed: 04-jun-2017].
- [2] Sunarwo, Supriyo, “ANALISA *HEAT RATE* PADA TURBIN UAP BERDASARKAN PERFORMANCE TEST PLTU TANJUNG JATI B UNIT 3,c vol. 11, no. 3, pp. 61–68, 2015.
- [3] Rahmattuloh, “Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Biaya Bahan Bakar Pembangkitan” Universitas Lampung.2016
- [4] Mitsubishi Heavy Industri LTD. 2010. *Formula Calculation Performance Test*
- [5] Slamet Priyoatmojo,Margana,“ANALISA EFISIENSI HRSG UNIT 1 DI PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKIT PLTGUCILEGON,” vol. 12, no. 2,pp.44-49,2016.

Analisis Efektivitas Air Cooler Generator Material Tube Stainless Steel dan CuNi Pada PLTA

Ryan Nugraha¹ Dewin Purnama²

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424
Telp. (021) 7270036, 7270044, Faks. (021) 7270034
Email: ryanugrahay@gmail.com

Abstrak

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berasal dari turbin menjadi energi listrik. Berbeda halnya dengan turbin, generator memerlukan pendinginan yang baik untuk memperpanjang umur pemakaian. Untuk menjaga agar suhu dalam generator tetap stabil sesuai dengan suhu yang diharapkan maka digunakan sebuah alat penukar kalor. Alat penukar kalor yang terdapat di generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah tipe compact heat exchanger yang biasa disebut air cooler generator dimana air sebagai media pendingin dan udara di dalam rumah generator sebagai media yang didinginkan. Terdapat 2 bahan dasar tube air cooler generator yaitu stainless steel dan CuNi.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas dari alat penukar kalor tipe compact heat exchanger material tube stainless steel dan CuNi. Penelitian ini menggunakan metode observasi dan wawancara, kemudian dilakukan pengolahan data dan analisa dengan menggunakan effectiveness-NTU method dan perhitungan manual yang bersesuaian bagi alat penukar kalor tipe compact heat exchanger. Data-data operasi dan data spesifikasi alat penukar kalor diambil dari suatu perusahaan pembangkit tenaga listrik yang dijadikan objek penelitian.

Hasil yang di dapatkan pada penelitian ini adalah bahwa efektivitas air cooler generator material tube stainless steel lebih baik di bandingkan material CuNi. Dikarenakan air cooler generator material stainless steel memiliki luas permukaan perpindahan panas yang lebih besar dengan luas sebesar 9,932 m² yang memiliki efektivitas sebesar 17,51%, dibandingkan dengan air cooler generator material CuNi yang memiliki luas permukaan perpindahan panas sebesar 8,0159 m² dengan efektivitas sebesar 17,45%.

Kata Kunci: Compact Heat Exchanger, Laju Perpindahan panas, Stainless Steel, CuNi, effectiveness-NTU method

Abstract

Generators function to convert mechanical energy from the turbine into electrical energy. Unlike the case with turbines, generators require good cooling to extend life time. To keep the temperature in the generator stable according to the expected temperature a heat exchanger is used. Heat exchanger contained in the generator on a Hydro Power Plant (PLTA) is a type of compact heat exchanger where water as a cooling medium and air in the home generator as a medium cooled. There are 2 basic materials of stainless steel water tuber generator that is stainless steel and CuNi.

This study aims to compare of effectiveness from heat exchangers type compact heat exchangers stainless steel tube material and CuNi. This research used observation and interview method, then data processing and were analyzed by using effectiveness-NTU method and manual calculation which suitable for heat exchanger compact heat exchanger type.. Data is taken from a power generating company which is the object of research.

The results obtained in this study is that the effectiveness of air cooler generator stainless steel tube material is better than CuNi material. Due to the air cooler the stainless steel material generator has a larger surface heat transfer area of 9.932 m² which has an effectiveness of 17.51%, compared to the air cooler generator CuNi material which has a heat transfer surface area of 8,0159 M² with effectiveness of 17.45%.

Keywords: Compact Heat Exchanger, Heat Transfer, Stainless Steel, CuNi, effectiveness-NTU method

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu komponen utama PLTA adalah generator. Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berasal dari turbin menjadi energi listrik. Komponen utama generator terdiri dari bagian berputar yang dinamakan *rotor* dan bagian yang diam yang dinamakan *stator*. berbeda halnya dengan turbin, generator memerlukan pendinginan yang baik untuk memperpanjang umur pemakaian. hal ini disebabkan karena temperatur kerja yang sangat tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada komponen generator. [1]

Temperatur panas yang berlebihan pada generator perlu dicegah, hal ini dapat mengakibatkan kerusakan isolasi penghantar atau terbakar, oleh sebab itu perlu adanya pendinginan. Untuk

menjaga agar suhu dalam generator tetap stabil sesuai dengan suhu yang diharapkan maka digunakan sebuah alat penukar kalor [2].

Air cooler generator adalah sistem pendinginan udara yang berada di dalam rumah generator dengan air sebagai media pendinginnya. Udara yang berada di dalam rumah generator didinginkan oleh radiator (*compact HE*) sejumlah 12 buah pada setiap unit generator [4]. Terdapat 2 bahan dasar *tube air cooler* generator yaitu *stainless steel* dan *CuNi*. Dipilih bahan dasar *tube air cooler* generator tersebut dikarenakan 2 bahan tersebut memiliki sifat tahan korosi pada kondisi air waduk saat ini.

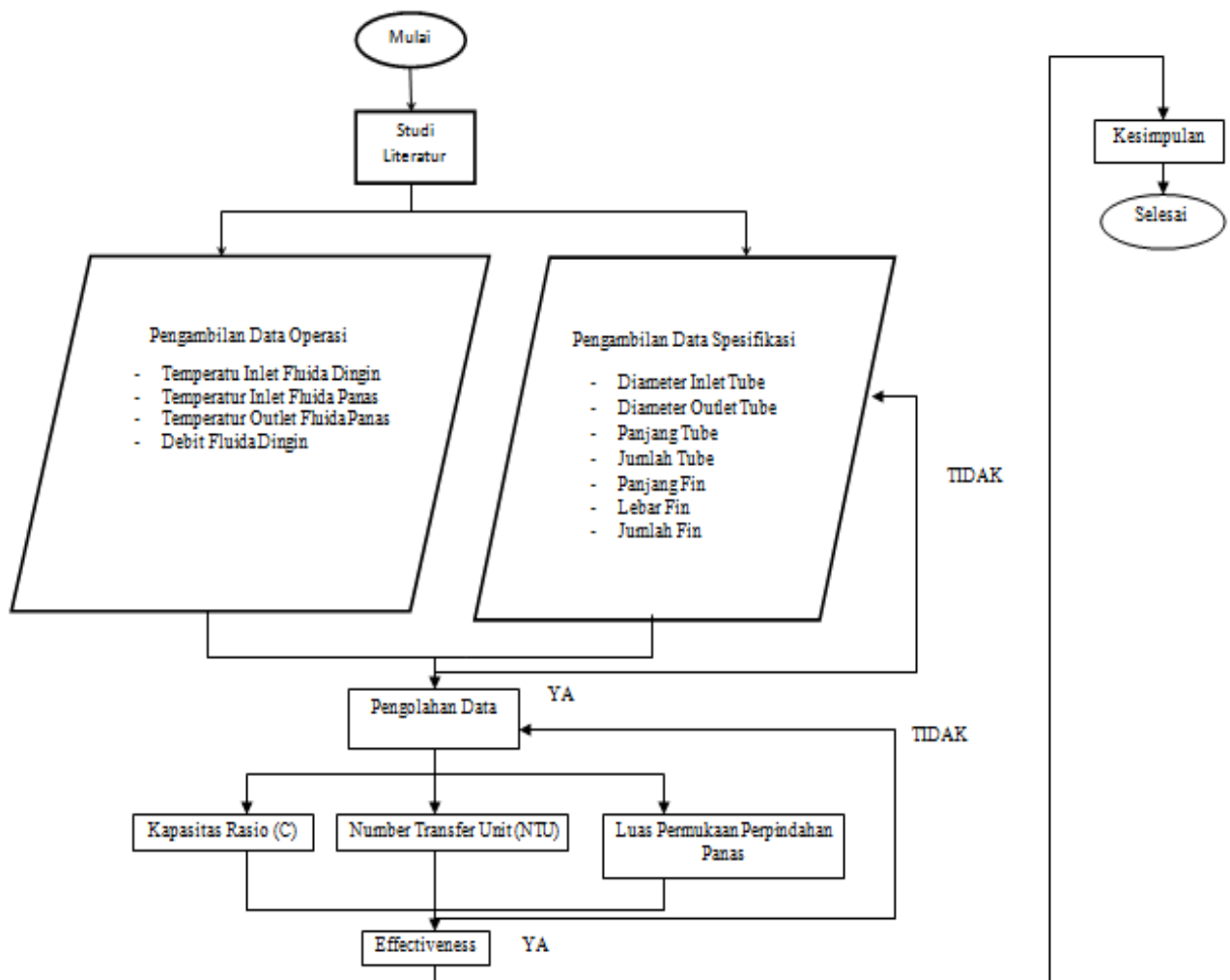
Permasalahan yang akan timbul pada penelitian ini adalah bagaimanakah efektivitas dari masing-masing bahan *tube air cooler stainless steel* dan *CuNi*. Lalu lebih baik mana efektivitas dari kedua bahan dasar *tube* tersebut. Dan, tujuan yang akan dicapai ada

Oleh sebab itu diperlukan analisis untuk mengetahui perbandingan efektivitas air cooler generator material tube stainless steel dan CuNi pada PLTA.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT. Pembangunan Jawa Bali Unit Pembangunan Cirata Desa Cadassari, Kecamatan Tegalwaru, Plered, Purwakarta. Pengambilan data dilakukan dengan cara observasi dan data record operasi pada obyek penelitian, serta informasi-informasi tambahan berupa spesifikasi penukar kalor dan gambar desain yang diperoleh dari departemen pemeliharaan mesin.

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Metode Penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Untuk penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang berkaitan dengan efektivitas *air cooler* dan cara perhitungan efektivitasnya. Jika sudah mengerti filosofi dari efektivitas *air cooler* tersebut dilakukan pengambilan data operasi berupa *temperature* masuk dan keluar fluida dingin, *temperature* masuk dan keluar fluida panas, debit fluida dingin, dan data spesifikasi berupa diameter *inlet* dan *outlet* tube, panjang dan lebar fin. Kemudian data diolah dan dihitung untuk didapatkan perhitungan berupa, kapasitas rasio (U), *number transfer unit* (NTU), Luas Permukaan perpindahan panas, *effectiveness*. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas *air cooler generator* material *tube stainless steel* dan *CuNi*.

2.2.1 Pengumpulan Data

Tabel 1 Data spesifikasi *air cooler generator tube stainless steel*

Parameter	Nilai
Temperatur <i>inlet</i> fluida dingin	27 °C
Temperatur <i>inlet</i> fluida panas	68 °C
Temperatur <i>outlet</i> fluida panas	35 °C
Debit fluida dingin	0,9614 m ³ /s
Diameter <i>outlet tube</i>	0,01587 m
Diameter <i>inlet tube</i>	0,01487 m
Panjang <i>tube</i>	1,510 m
Jumlah <i>tube</i>	132
Panjang <i>fin</i>	1,280 m
Lebar <i>fin</i>	0.132
Jumlah <i>fin</i>	925

Tabel 2 Data spesifikasi *air cooler generator tube CuNi*

Parameter	Nilai
Temperatur <i>inlet</i> fluida dingin	27 °C
Temperatur <i>inlet</i> fluida panas	69 °C
Temperatur <i>outlet</i> fluida panas	31,5 °C
Debit fluida dingin	0,9614 m ³ /s
Diameter <i>outlet tube</i>	0,022 m
Diameter <i>inlet tube</i>	0,021 m
Panjang <i>tube</i>	1,507 m
Jumlah <i>tube</i>	77
Panjang <i>fin</i>	1,340 m
Lebar <i>fin</i>	0.128
Jumlah <i>fin</i>	870

2.2.2 Pengolahan Data

- Konversi dan Perhitungan Properties

Pada tahap ini dilakukan konversi satuan dari data-data yang telah dikumpulkan ke dalam satuan umum atau satuan internasional (SI) digunakan untuk mempermudah proses perhitungan.
- Perhitungan Efektivitas *air cooler generator*

Setelah dilakukan konversi dan didapatkan data properties pada masing-masing parameter. Maka selanjutnya adalah perhitungan efektivitas air cooler dengan menggunakan data dan properties tersebut. Perhitungan efektivitas air cooler tersebut antara lain; kapasitas rasio (U), *number transfer unit* (NTU), Luas Permukaan perpindahan panas, *Effectiveness*.
- Pengeplotan pada grafik dan analisa

Setelah didapatkan data efektivitas *air cooler*. Selanjutnya data-data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengeplotan ini berguna untuk mempermudah pembacaan dan analisa efektivitas *air cooler*.

2.2 Analisis Penukar Kalor

Analisa perbandingan efisiensi *heat exchanger* berbahan *CuNi* dan *Stainless steel* menggunakan *Effectiveness-NTU method*. Metode ini berdasarkan parameter yang tak berdimensi yang disebut *heat transfer effectiveness* dengan symbol ϵ . Rumus perpindahan panas yang digunakan ialah [3]:

➤ Perpindahan panas aktual

$$\dot{Q}_{\text{aktual}} = \dot{m}_h c_{ph} (T_{\text{hin}} - T_{\text{hout}}) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 1}]$$

$$\dot{Q}_{\text{aktual}} = \dot{m}_c c_{pc} (T_{\text{cout}} - T_{\text{cin}}) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 2}]$$

Keterangan :

- \dot{m}_h = laju massa aliran fluida panas (kg/s)
- \dot{m}_c = laju massa aliran fluida dingin (kg/s)
- c_{ph} = koefisien panas spesifik fluida panas (kJ/kgK)
- c_{pc} = koefisien panas spesifik fluida dingin (kJ/kgK)
- T_{hin} = temperatur masuk fluida panas (K)
- T_{hout} = temperatur keluar fluida panas (K)
- T_{cin} = temperatur masuk fluida dingin (K)
- T_{cout} = temperatur keluar fluida dingin (K)

Untuk mempermudah analisis penukar kalor diperlukan kombinasi laju aliran massa dengan spesifik fluida sehingga menjadi suatu kuantitas yang disebut *kapasitas panas rata-rata*. [3]

$$c_h = \dot{m}_h c_{ph} \text{ dan } c_c = \dot{m}_c c_{pc} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 3}]$$

Dari persamaan di atas disubstitusikan ke persamaan sebelumnya sehingga menjadi: [3]

$$\dot{Q} = c_h (T_{\text{hin}} - T_{\text{hout}}) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 4}]$$

$$\dot{Q} = c_c (T_{\text{cin}} - T_{\text{cout}}) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 5}]$$

Hubungan efektivitas pada penukar kalor secara khas melibatkan besaran tanpa dimensi UAs/C_{min} . [3]

$$NTU = \frac{UAs}{C_{\text{min}}} = \frac{UAs}{(\dot{m}c_p)_{\text{min}}} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 6}]$$

Dimana U adalah koefisien perpindahan panas total dan As adalah luasan area perpindahan panas pada penukar kalor. Selain itu rasio kapasitas c juga perlu digunakan untuk menganalisis alat penukar kalor. [3]

$$C = \frac{C_{\text{min}}}{C_{\text{max}}} \dots\dots\dots [\text{Persamaan 7}]$$

Efektivitas penukar kalor dapat kita lihat sebagai fungsi dari NTU dan c seperti berikut: [3]

$$\epsilon = \text{function} (UAs / C_{\text{min}}, C_{\text{min}} / C_{\text{max}}) = \text{function} (NTU, c) \dots\dots\dots [\text{Persamaan 8}]$$

Sedangkan hubungan antara NTU dan efektivitas terhadap jenis jenis penukar kalor dapat kita lihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Korelasi NTU terhadap penukar kalor: $NTU=(UAs/C_{min})$, dan $c=C_{min}/C_{max}=(\dot{m}Cp)_{min}/(\dot{m}Cp)_{max}$ (sumber: Cengel, 2001, Heat Transfer A Practical Approach)

Heat exchanger type	NTU relation
1 <i>Double-pipe:</i> Parallel-flow	$NTU = -\frac{\ln [1 - \epsilon(1 + c)]}{1 + c}$
Counter-flow	$NTU = \frac{1}{c - 1} \ln \left(\frac{\epsilon - 1}{\epsilon c - 1} \right)$
2 <i>Shell and tube:</i> One-shell pass 2, 4, . . . tube passes	$NTU = -\frac{1}{\sqrt{1 + c^2}} \ln \left(\frac{2/\epsilon - 1 - c - \sqrt{1 + c^2}}{2/\epsilon - 1 - c + \sqrt{1 + c^2}} \right)$
3 <i>Cross-flow (single-pass)</i> C_{max} mixed, C_{min} unmixed	$NTU = -\ln \left[1 + \frac{\ln (1 - \epsilon c)}{c} \right]$
C_{min} mixed, C_{max} unmixed	$NTU = -\frac{\ln [c \ln (1 - \epsilon) + 1]}{c}$
4 <i>All heat exchangers</i> with $c = 0$	$NTU = -\ln(1 - \epsilon)$

Tabel 4 Korelasi efektivitas pada penukar kalor: $NTU=(UAs/C_{min})$, dan $c=C_{min}/C_{max}=(\dot{m}Cp)_{min}/(\dot{m}Cp)_{max}$ (sumber: Cengel, 2001, Heat Transfer A Practical Approach)

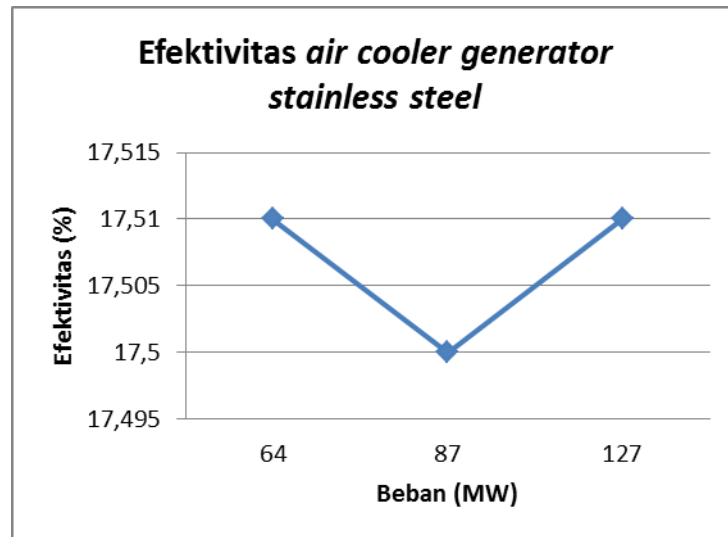
Heat exchanger type	Effectiveness relation
1 <i>Double pipe:</i> Parallel-flow	$\epsilon = \frac{1 - \exp [-NTU(1 + c)]}{1 + c}$
Counter-flow	$\epsilon = \frac{1 - \exp [-NTU(1 - c)]}{1 - c \exp [-NTU(1 - c)]}$
2 <i>Shell and tube:</i> One-shell pass 2, 4, . . . tube passes	$\epsilon = 2 \left\{ 1 + c + \sqrt{1 + c^2} \frac{1 + \exp [-NTU \sqrt{1 + c^2}]}{1 - \exp [-NTU \sqrt{1 + c^2}]} \right\}^{-1}$
3 <i>Cross-flow (single-pass)</i> Both fluids unmixed	$\epsilon = 1 - \exp \left\{ \frac{NTU^{0.22}}{c} [\exp (-c NTU^{0.78}) - 1] \right\}$
C_{max} mixed, C_{min} unmixed	$\epsilon = \frac{1}{c} (1 - \exp (1 - c[1 - \exp (-NTU)]))$
C_{min} mixed, C_{max} unmixed	$\epsilon = 1 - \exp \left\{ -\frac{1}{c} [1 - \exp (-c NTU)] \right\}$
4 <i>All heat exchangers</i> with $c = 0$	$\epsilon = 1 - \exp(-NTU)$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Efektivitas air cooler generator Stainless Steel

Tabel 5 Hasil pengolahan data air cooler generator stainless steel

Beban (MW)	C	NTU	As (m ²)	ε (%)
64	0,2035	0,007	9,9324	17,51
87	0,2036	0,007	9,9324	17,50
127	0,2037	0,007	9,9324	17,51



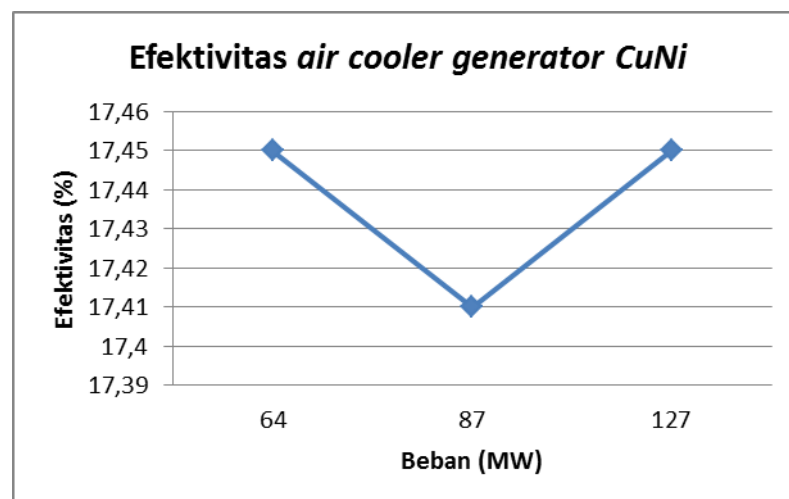
Gambar 2 Grafik data efektivitas *air cooler generator stainless steel*

Pada tabel.3 dan gambar.2 dapat dilihat hasil pengolahan data *air cooler generator stainless steel* memiliki permukaan perpindahan panas seluas 9,9324 (m^2), nilai *number transfers unit* (NTU) sebesar 0,007 dan pada beban 64 MW memiliki nilai C (kapasitas ratio) sebesar 0,2035, efektivitas air cooler adalah 17, 51%, pada beban 87 MW memiliki nilai C (kapasitas ratio) sebesar 0,2036, efektivitas air cooler adalah 17,50%, dan pada beban 127 MW memiliki nilai C (kapasitas ratio) sebesar 0,2037, efektivitas air cooler adalah 17,51%

3.2 Efektivitas air cooler generator CuNi

Tabel 6 Hasil Pengolahan data *air cooler generator CuNi*

Beban (MW)	C	NTU	As (m^2)	ϵ (%)
64	0,2036	0,005	8,0159	17,45
87	0,2034	0,005	8,0159	17,41
127	0,2035	0,005	8,0159	17,45

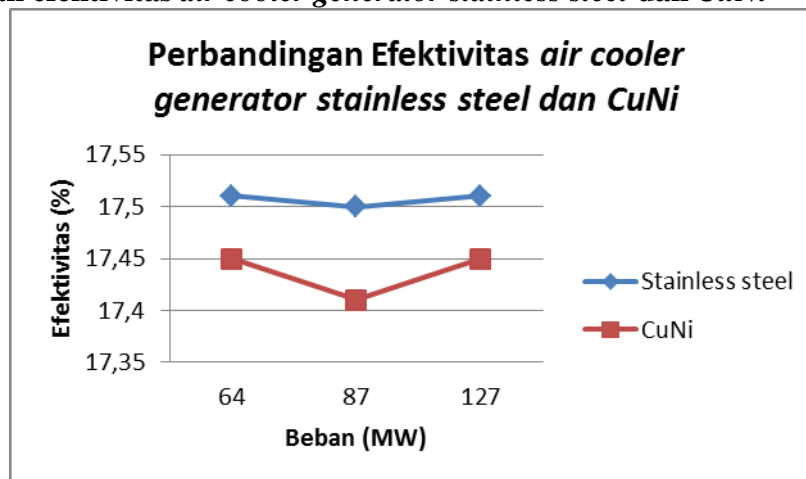


Gambar 3 Grafik data efektivitas *air cooler generator CuNi*

Pada tabel.4 dan gambar.3 dapat dilihat hasil pengolahan data *air cooler generator CuNi* memiliki permukaan perpindahan panas seluas 8,0159 (m^2), nilai *number transfers unit* (NTU) sebesar 0,005 dan pada beban 64 MW memiliki nilai C (kapasitas ratio) sebesar 0,2036, efektivitas air cooler adalah 17, 45%, pada beban 87 MW memiliki nilai C (kapasitas ratio) sebesar 0,2034,

efektivitas air cooler adalah 17,41%, dan pada beban 127 MW memiliki nilai C (kapasitas ratio) sebesar 0,2035, efektivitas air cooler adalah 17,45%.

3.3 Perbandingan efektivitas *air cooler* generator *stainless steel* dan *CuNi*



Gambar 4 Perbandingan efektivitas *air cooler* generator *stainless steel* dan *CuNi*

Pada gambar.4 dapat dilihat bahwa *air cooler* generator *stainless steel* memiliki efektivitas lebih tinggi dibandingkan dengan *air cooler* generator *CuNi*. Dari gambar diatas *air cooler* generator *stainless steel* pada beban 64 (MW) memiliki efektivitas sebesar 17,51% sedangkan *air cooler* generator *CuNi* memiliki efektivitas sebesar 17,45%. Pada beban 87 (MW) *air cooler* generator *stainless steel* memiliki efektivitas sebesar 17,50% sedangkan *air cooler* generator *CuNi* memiliki efektivitas sebesar 17,41%. Dan pada beban 127 (MW) *air cooler* generator *stainless steel* memiliki efektivitas sebesar 17,51% sedangkan *air cooler* generator *CuNi* memiliki efektivitas sebesar 17,45%.

Dari Hasil perhitungan dan analisis di atas disimpulkan bahwa *air cooler* generator *stainless steel* memiliki efektivitas lebih baik dibandingkan dengan *air cooler* generator *CuNi*. Hal ini dikarenakan *air cooler* generator *stainless steel* memiliki luas permukaan perpindahan panas yang lebih besar yaitu 9,9324 (m²) daripada *air cooler* generator *CuNi* yang memiliki luas permukaan perpindahan panas sebesar 8,0159 (m²).

IV. KESIMPULAN

1. Nilai efektivitas *air cooler* generator *stainless steel* pada beban 64 (MW), 87 (MW), 127 (MW) berturut-turut sebesar 17,51%, 17,50%, 17,51%.
2. Nilai efektivitas *air cooler* generator *CuNi* pada beban 64 (MW), 87 (MW), 127 (MW) berturut-turut sebesar 17,45%, 17,41%, 17,45%.
3. Hasil perbandingan perhitungan nilai efektivitas *air cooler* generator *stainless steel* lebih baik dibandingkan dengan nilai efektivitas *air cooler* generator *CuNi*. Hal ini dikarenakan *air cooler* generator *stainless steel* memiliki luas permukaan perpindahan panas yang lebih luas dibandingkan dengan *air cooler* generator *CuNi*.

Daftar Pustaka

- [1.] Apriadi, "Efektivitas Kinerja Sistem Pendingin Udara Pada Generator Di PLTA Cirata", 2006
- [2.] K, Anwar, "Efektivitas Alat Penukar Kalor Pada Sistem Pendingin Generator PLTA", Majalah Ilmiah MEKTEK, 2014
- [3.] A, Cengel, "Heat Transfer A Practical Approach", 2nd edition, Mc Graw Hill, 2002
- [4.] Adiputra N. Sandi, M. Ikhfan, "Dasar Pengoperasian PLTA", PLN Corporate University, 2014

STUDI PENGARUH PERUBAHAN BEBAN UNIT 7 PLTA CIRATA TERHADAP FREKUENSI SISTEM JARINGAN JAMALI

Mochamad Indra Yudhistira, Benhur Nainggolan, Andi Ulfiana

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Kampus Baru UI Depok, 16425. Indonesia

Tel: (62-21) 7863530, Fax: (62-21) 7863530

mindray26@gmail.com

Abstrak

Penyimpangan frekuensi dalam sistem terjadi apabila kebutuhan daya yang digunakan oleh konsumen (beban) lebih besar/kecil dari daya aktif yang dibangkitkan. Frekuensi sistem akan stabil jika daya aktif yang dibangkitkan sama dengan daya yang digunakan oleh konsumen. Pengaturan frekuensi pada sistem jaringan dapat dilakukan dengan cara mengoperasikan unit pembangkit dengan *mode primary control* (governor unit pembangkit) dan *mode secondary control* (Program *Load Frequency Control*). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari governor dan *Load Frequency Control (LFC) Mode* saat perubahan beban pada unit 7 PLTA Cirata. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh perubahan beban unit 7 PLTA Cirata terhadap frekuensi sistem jaringan Jawa Madura Bali (JAMALI) dengan mengambil data secara langsung di PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) dan PT PLN Pusat Pengatur Beban (P2B). Data yang diambil berupa grafik operasi governor, perubahan daya keluaran generator unit 7 PLTA Cirata dan frekuensi jaringan JAMALI. *Paper* ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang ditulis menurut format jurnal-jurnal.

Berdasarkan data operasi governor unit 7 PLTA Cirata oleh PT. PJB, kinerja governor dapat mempertahankan putaran turbin dan frekuensi generator sesuai dengan standar kementerian ESDM. Pengoperasian dengan LFC *mode* pada unit 7 PLTA Cirata menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan beban, frekuensi sistem jaringan JAMALI tetap dapat dipertahankan sesuai standar kementerian ESDM. Setelah melakukan pengamatan dan perhitungan di PT PLN P2B, diketahui daya keluaran generator unit 7 PLTA Cirata dipengaruhi oleh sinyal *Nlevel Load Frequency Control* dalam menstabilkan frekuensi sistem jaringan JAMALI. Semakin kecil frekuensi sistem jaringan JAMALI, maka semakin besar beban yang dihasilkan generator. Sehingga, hubungan antara keduanya berbanding terbalik.

Kata Kunci: Beban, Frekuensi, Governor, *Load Frequency Control*

Abstract

The frequency deviation in the system occurs when the power requirements used by the consumer (load) is greater than the active power generated. The system frequency will be stable if the active power generated is same with the power used by the consumer. The frequency setting of the network system can be done by operating the generating unit with primary control mode (governor) and secondary control mode (Load Frequency Control). This research discusses about the performance of governor and Load Frequency Control (LFC) Mode when the load changes on unit 7 PLTA Cirata. The method used in this TA is to identify the load change on unit 7 PLTA Cirata to the frequency of Java Madura Bali network system (JAMALI) by taking data in PT Pembangkitan Jawa Bali (PJB) and PT PLN Pusat Pengatur Beban (P2B). Data is taken in the form of graph of governor test, the power output change of generator unit 7 PLTA Cirata, and JAMALI network frequency. This paper is resume of final project written with journals format.

Based on the results of governor unit 7 PLTA Cirata test by PT. PJB, the governor performance can maintain speed turbine and generator frequency according to ESDM ministry standard. Operation with LFC mode on unit 7 PLTA Cirata indicates that with load changes, JAMALI network frequency can be maintained according to ESDM ministry standard. After observations and calculations in PT PLN P2B, it is known that the power output of unit 7 PLTA Cirata generator is influenced by Nlevel Load Frequency Control signal in stabilizing JAMALI network frequency. The smaller JAMALI network frequency, the greater the load of generator. Thus, the relationship between the two is inversely proportional.

Keyword : Load, Frequency, Governor, *Load Frequency Control*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyimpangan frekuensi dalam sistem terjadi apabila kebutuhan daya yang digunakan oleh konsumen (beban) lebih besar dari daya aktif yang dibangkitkan. Selain itu, jika terjadinya gangguan (*black out*) pada sistem maka frekuensi sistem akan turun[3]. Sedangkan frekuensi dalam sistem akan naik, apabila terjadi penambahan daya pada unit pembangkit. Untuk mempertahankan nilai frekuensi dalam sistem, pembangkit daya aktif disesuaikan dengan kebutuhan konsumen (beban) karena pengaturan frekuensi dilakukan dengan mengatur daya aktif yang dibangkitkan generator. Maka generator mengatur kopel mekanis yang dihasilkan mesin penggerak generator (penggerak mula). Pengaturan frekuensi pada sistem jaringan dapat dilakukan dengan cara mengoperasikan unit pembangkit dengan *mode primary control (governor unit pembangkit)* dan *mode secondary control (Program Load Frequency Control)*[2].

Governor pada PLTA Cirata berfungsi untuk menentukan bukaan *guide vane*. *Guide vane* berfungsi mempertahankan kecepatan putaran turbin. Putaran turbin dipertahankan agar sesuai dengan nilai *setpoint* yang diinginkan yaitu 187,5 rpm agar tegangan AC yang dihasilkan oleh generator tetap pada frekuensi standar Indonesia, yaitu 50 ± 0.5 Hz[1].

Load Frequency Control (LFC) adalah suatu sistem yang digunakan untuk menjaga fluktuasi frekuensi yang ditimbulkan oleh perubahan beban. LFC memiliki tujuan yang harus dicapai dalam pengoperasian sistem tenaga, terutama untuk menjaga kestabilan frekuensi sistem saat terjadi perubahan beban yang harus dipikul oleh generator[5]. Berdasarkan perbandingan dari setiap unit di PLTA Cirata, unit 7 adalah unit yang paling sering dioperasikan, sehingga data-data operasi tersedia.

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja governor unit 7 PLTA Cirata mempertahankan putaran turbin dan frekuensi keluaran generator agar selalu konstan?
2. Bagaimana kinerja *Load Frequency Control (LFC) Mode* dalam mengatur daya aktif generator unit 7 PLTA Cirata ?
3. Berapa nilai perubahan beban unit 7 PLTA Cirata terhadap frekuensi sistem jaringan Jawa Madura Bali dengan melakukan perhitungan N_{level} ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain, untuk mengetahui:

1. Kinerja governor unit 7 PLTA Cirata menjaga putaran turbin dan frekuensi generator agar selalu konstan.
2. Kinerja *Load Frequency Control (LFC) Mode* dalam mengatur daya aktif generator unit 7 PLTA Cirata.
3. Nilai perubahan beban unit 7 PLTA Cirata terhadap frekuensi sistem jaringan Jawa Madura Bali dengan melakukan perhitungan N_{level} .

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengaturan Daya Aktif dan Frekuensi

Daya aktif mempunyai hubungan erat dengan nilai frekuensi sistem. Penyediaan daya aktif harus disesuaikan dengan kebutuhan daya aktif beban, penyesuaian ini dilakukan dengan mengatur kopel penggerak generator, sehingga tidak ada pemborosan penggunaan daya.

Pada umumnya ,dalam sistem tenaga listrik digunakan generator sinkron tiga fasa untuk pembangkit tenaga listrik yang utama. Oleh karena itu, pengaturan frekuensi sistem tergantung pada karakteristik generator sinkron. Menurut Hukum Newton ada hubungan antara kopel mekanik penggerak generator dengan perputaran generator yang dinyatakan dalam persamaan[3]:

$$(T_G - T_B) = H \times \frac{\partial \omega}{\partial t} \dots \dots \dots \text{[Persamaan 1]}$$

Dengan,

T_G : Kopel penggerak generator [Nm]

T_B : Kopel beban yang membebani generator [Nm]

H : Momen inersia dari generator beserta mesin Penggeraknya[kg m²]

: Kecepatan sudut perputaran generator [rad/s]

Frekuensi akan turun jika daya aktif yang dibangkitkan tidak mencukupi kebutuhan beban dan sebaliknya frekuensi akan naik jika kelebihan daya aktif dalam sistem. Secara mekanis dinyatakan oleh persamaan [3],

$$(T_G - T_B) = T < 0 \text{ maka } \frac{\partial \omega}{\partial t} < 0, \text{ sehingga frekuensi turun.....[Persamaan 2]}$$

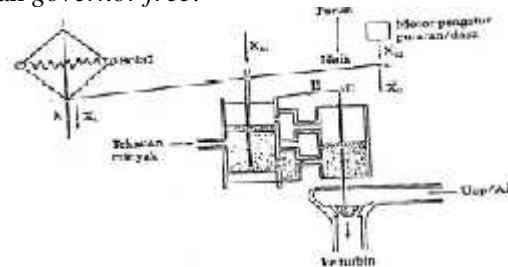
$$(T_G - T_B) = T > 0 \text{ maka } \frac{\partial \omega}{\partial t} > 0, \text{ sehingga frekuensi naik.....[Persamaan 3]}$$

Dari persamaan di atas, secara tidak langsung penyediaan daya aktif dapat pula mempengaruhi frekuensi sistem jaringan.

2.2. Primary Control

Pengendali frekuensi utama (*primary regulation*), atau yang biasa disebut *Governor Free*, adalah pengendali utama yang cepat bereaksi. *Governor Free* bertugas mengatasi dinamika beban suatu unit pembangkit. *Governor Free* digunakan di pembangkit-pembangkit besar dengan kapasitas di atas 50 MW.

Prinsip Kerja *Governor Free* yaitu pengaturan frekuensi sistem, harus dilakukan dengan melakukan pengaturan penyediaan daya aktif dalam sistem. Pengaturan penyediaan daya aktif dilakukan dengan pengaturan besarnya kopel mekanis yang diperlukan untuk memutar generator, hal ini berarti pengaturan pemberian uap pada turbin uap atau pengaturan pemberian bahan bakar pada turbin gas dan mesin diesel dan pengaturan banyaknya air yang masuk turbin air pada unit PLTA (Pusat Listrik Tenaga Air). Gambar 1. menggambarkan bagian dan prinsip kerja dari sebuah *governor free*.



Gambar 1. Prinsip Kerja Governor [Sumber: Marsudi, Djiteng. 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik]

Respon frekuensi yang diberikan generator ditentukan oleh:

- Speed Droop*
Speed Droop menyatakan nilai perubahan keluaran MW generator terhadap perubahan frekuensi sistem.
- Frequency Deadband*
Frequency Deadband didefinisikan sebagai besar total perubahan laju (frekuensi) yang tidak menghasilkan perubahan katub (*valve/gate*) yang dikendalikan *governor*.
- Ramp Rate*
Ramp Rate adalah laju perubahan keluaran MW generator terhadap waktu.

2.3. Secondary Control

Pengaturan sekunder pembangkit berupa *Load Frequency Control* (LFC). LFC bekerja *full automatic* yang diatur oleh komputer di *master station* kemudian setelah sampai di unit pembangkit diatur oleh sebuah peralatan yang disebut *Load Coordinator* yang langsung berhubungan dengan peralatan control unit pembangkit. Antara komputer di *master station* dan *Load Coordinator* saling mengontrol bila terjadi alarm di salah satu sisi maka menyebabkan LFC *off* dan bila ini terjadi, maka unit pembangkit menerima data terakhir yang dikirim dari master. Prinsip kerjanya, yaitu ketika LFC beroperasi maka beban unit pembangkit akan berubah sebagai berikut [3]:

$$P = P_o + N \times Pr \text{..... [Persamaan 4]}$$

Dengan,

P : Output unit pembangkit [MW]

P_o : Daya yang diset oleh operator unit (sesuai dengan permintaan operator) [MW]

N : Perhitungan dari *master station* yang mempunyai nilai -1 s/d +1

P_r : 50% dari *bandwidth* yang diset operator unit (sesuai permintaan master) [MW]

Bila terjadi gangguan LFC *off* maka tidak ada pengaturan yang otomatis dari *master station* dan pengaturan diambil alih oleh operator unit pembangkit secara manual. Pada kondisi LFC normal untuk pembebanan unit operator harus menyesuaikan perintah dari master yaitu

$$P^u = P_o \text{ dan } P^r = Pr$$

Apabila terjadi ketidaksamaan antar permintaan dari master dengan pengeset-an di unit pembangkit (P'o Po atau P'r Pr) maka kemungkinan LFC akan diblok.

2.4. Sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*)

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah sistem yang mengacu pada kombinasi telemetri dan akuisisi data. Ini terdiri dari pengumpulan informasi, mentransfer kembali ke pusat kendali, melakukan analisis yang diperlukan dan kontrol, dan kemudian menampilkan data ini pada sejumlah operator display. SCADA digunakan untuk memantau dan mengendalikan pabrik atau peralatan. Kontrol mungkin dapat otomatis atau dapat dimulai dengan perintah Operator.

2.5. Kinerja Load Frequency Control

Pengaturan frekuensi dengan aplikasi *Load Frequency Control* (LFC) bertujuan memperkecil variasi frekuensi agar berada dalam kisaran frekuensi normal (50 ± 0.5 Hz). Untuk memperkecil variasi frekuensi diperlukan keseimbangan besar beban yang dibutuhkan dengan besar daya nyata yang dihasilkan pembangkit.

Jika terjadi ketidaknormalan maka LFC akan mulai menghitung berapa MW yang harus ditambah atau dikurang pada pembangkit tersebut dengan cara mengirim sinyal pada alat primer pembangkit yaitu *governor free* dan alat tersebut akan memerintahkan *valve control mechanism* untuk segera membuka atau menutup valve atau katup sehingga energi primer pembangkitan. Dengan mengatur energi primer pembangkit maka rotor turbin dapat dinaikan atau diturunkan dan generator penghasil energi listrik juga akan naik atau turun sesuai perintah LFC.

2.6. Nlevel

Nlevel adalah sinyal *Load Frequency Control* yang memiliki nilai -1 sampai +1. Untuk mendapatkan nilai N_{level} yang dikirim ke unit pembangkit, *master station* melakukan perhitungan-perhitungan dari nilai Po dan Pr. Perhitungan nilai N_{level} dinyatakan pada persamaan [5]:

$$N_{level} = \frac{ACE}{TURR} \dots\dots\dots [Persamaan 5]$$

Dengan,

ACE : *Area Control Error* (MW)

TURR : *Total Unit Regulating Range* (MW)

Nilai ACE dapat dihitung dengan persamaan berikut [5]:

$$ACE = B_{sys} \times (F_D - F_{lit}) \dots\dots\dots [Persamaan 6]$$

Dengan,

ACE : *Area Control Error* (MW)

B_{sys} : Indeks Kekuatan Sistem (MW/Hz)

F_d : *Desired System Frequency* (Hz)

F_{lit} : Frekwensi Sistem yang sudah difilter (Hz)

Sedangkan, nilai TURR dapat dihitung dengan persamaan berikut [5]:

$$TURR = \sum_{i=1}^n PRAQ \dots\dots\dots [Persamaan 7]$$

Dengan,

TURR : *Total Unit Regulating Range* (MW)

i : Indeks dari unit yang berpartisipasi menggunakan mode LFC ($i= 1 \dots n$)

PRAQ : *Bandwith* regulasi dari *telemasure* yang dikirim oleh RTU (MW)

2.7. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan penetapan *set point*, kemudian melakukan pengujian pada governor unit 7 PLTA Cirata yang dilakukan oleh PT PJB Unit Pembangkitan Cirata. Setelah pengujian, dilakukan selanjutnya pengambilan data perhitungan pada SCADA di PT PLN P2B. Data yang diambil antara lain Po, Pr dan Nlevel unit 7 PLTA Cirata. Setelah data yang dibutuhkan lengkap, maka dilakukan perhitungan daya keluaran generator dengan menggunakan persamaan 4. Kemudian, dilakukan analisa data dengan cara membaca grafik pengujian governor dan hasil perhitungan daya generator.

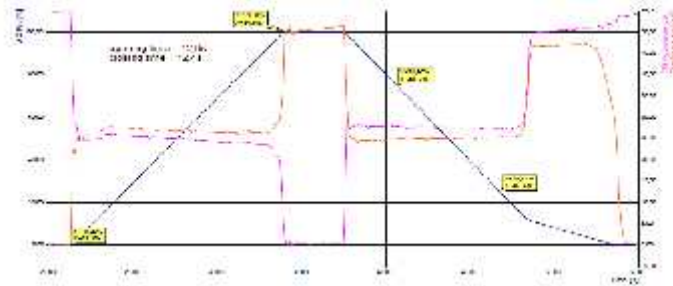
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Wicket Gate Position* Pada Unit 7 PLTA Cirata

Pengujian *Wicket Gate Position* pada governor unit 7 PLTA Cirata meliputi 2 pengujian yaitu, *Readjustment Wicket Gate Timing* dan *Adjustment Positioning Step Response*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon *guide vane* terhadap governor unit 7 PLTA Cirata saat unit berhenti beroperasi.

3.1.1. Pengujian *Readjustment Wicket Gate Timing* Pada Governor Unit 7 PLTA Cirata

Pengujian *Readjustment Wicket Gate Timing* pada Governor Unit 7 PLTA Cirata dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu yang diperlukan oleh *servomotor* untuk membuka dan menutup *guide vane* yang dilakukan ketika unit tidak dalam keadaan berbeban. Pada pengujian ini diberikan 4 set point untuk bukaan *guide vane* yaitu sebesar 0.02%, 99.98%, 74.96%, 24.73% dan 0%.

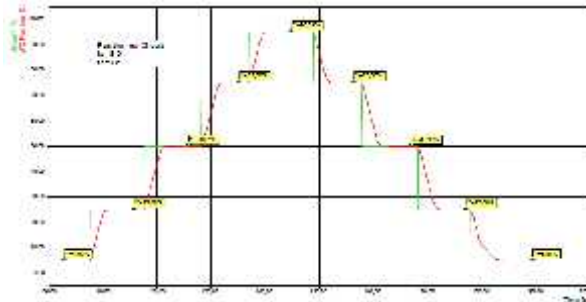


Gambar 2. Grafik Pengujian *Readjustment Wicket Gate Timing*

Dari hasil pengujian *readjustment wicket gate timing* unit 7 PLTA Cirata pada gambar 2. dapat dilihat untuk membuka *guide vane* dari posisi 0,02% ke 99,98% bergerak secara cepat dengan waktu 21,3 detik ke 34,15 detik dengan interval waktu 12,9 detik. Sedangkan, untuk menutup *guide vane* dari posisi 74,96% ke 24,73% bergerak secara cepat dengan waktu 40,65 detik ke 46,85 detik dengan interval waktu 6,2 detik. Pada unit 7 PLTA Cirata membutuhkan waktu untuk membuka *guide vane* secara penuh selama 12,9 detik dan menutup *guide vane* secara penuh selama 12,4 detik. Waktu tersebut masih sesuai dengan standar membuka *guide vane* secara penuh selama 14.1 detik dan menutup *guide vane* secara penuh selama 12.4 detik.

3.1.2. Pengujian *Adjustment Positioning Circuit Step Response*

Pengujian *adjustment position circuit step response* adalah pengujian yang berfungsi untuk mengetahui respon dari bukaan *guide vane* terhadap *set point* yang telah ditentukan oleh governor. Pada pengujian ini diberikan *set point* dengan step untuk menentukan bukaan *guide vane* yaitu sebesar 4.93%, 25%, 50.01%, 75%, 96.01%, 75%, 49.99%, 25%, dan 5.01%.



Gambar 3. Grafik Pengujian *Adjustment Positioning Circuit Step Response*

Dari hasil pengujian *Adjustment Positioning Circuit Step Response* pada gambar 3. dapat dilihat untuk *set point* 4.93% bukaan *guide vane* sebesar 4.93%, untuk *set point* 25% bukaan *guide vane* sebesar 25%, untuk *set point* 75% bukaan *guide vane* sebesar 75%. Setelah dilakukan pengujian ini, dapat diketahui bahwa respon *guide vane* unit 7 PLTA Cirata terhadap *set point* yang diberikan cepat dengan membutuhkan waktu selama 2.38 detik dan 4.28 detik.

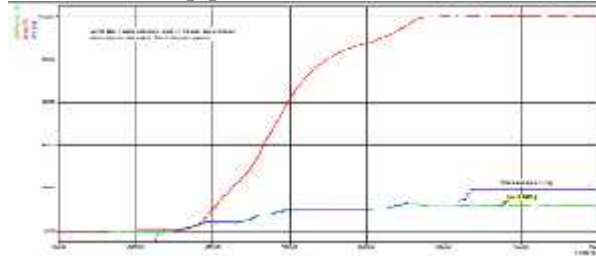
3.2. Pengujian Tanpa Beban (*No Load Test*) Governor Unit 7 PLTA Cirata

Pengujian Tanpa Beban (*No Load Test*) Governor Unit 7 PLTA Cirata meliputi 4 pengujian, yaitu Pengujian *Initial Run*, Pengujian *Automatic Turbine Start*, Pengujian *Automatic Turbine Stop*, dan Pengujian *Manual Start*. Pengujian ini dilakukan pada saat unit 7 PLTA Cirata beroperasi tetapi tidak menghasilkan daya

listrik dari generator. Tujuan Pengujian ini adalah untuk mengetahui respon *opening limiter governor* unit 7 PLTA Cirata terhadap bukaan *guide vane/wicket gate*.

3.2.1. Pengujian *Initial Run*

Pengujian *intial run* adalah pengoperasian unit 7 PLTA Cirata di lokal dengan cara meningkatkan *opening limiter* pada *touch screen governor digital*. Setelah putaran turbin sesuai dengan putaran optimal (187.5 rpm) *opening limiter* pada *touch screen governor digital* tidak lagi dinaikan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon bukaan *guide vane* terhadap putaran turbin.

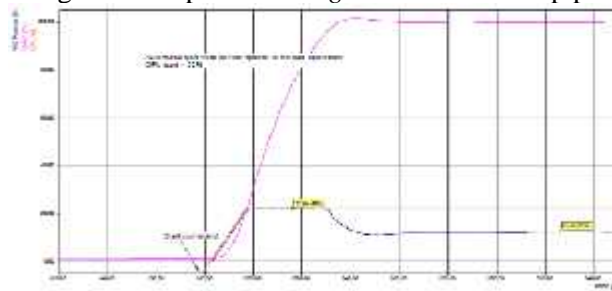


Gambar 4. Pengujian *Initial Run*

Hasil Pengujian *Intial Run* pada gambar 5. dapat dilihat posisi bukaan *guide vane* mengikuti posisi *opening limiter* yang dinaikan secara perlahan di *touch screen governor digital*. Setelah putaran turbin pada putaran nominalnya (187.5 rpm) bukaan *guide vane* sebesar 11.54% dan nilai *opening limiter* yang diberikan governor sebesar 20%. Setelah dilakukan pengujian ini diketahui bahwa respon bukaan *guide vane* dapat menyesuaikan nilai *opening limiter* yang diberikan oleh governor dan putaran turbin secara cepat dan waktu yang dibutuhkan untuk memutar turbin pada putaran nominal adalah 302.67 detik.

3.2.2. Pengujian *Automatic Turbine Start*

Pengujian *Automatic Turbine Start* adalah pengujian dengan pengoperasikan unit 7 PLTA Cirata dibatasi nilai *opening limiter* (OPL) sebesar 22% pada *touch screen governor digital* saat kondisi tanpa beban generator. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon bukaan *guide vane* terhadap putaran turbin.

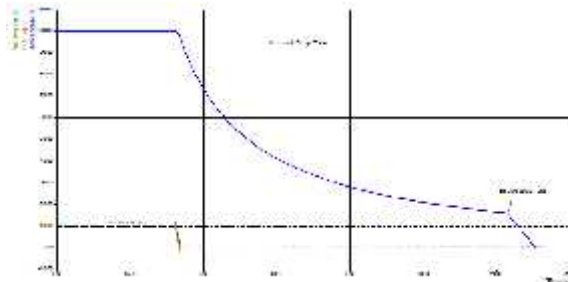


Gambar 5. Pengujian *Automatic Turbine Start*

Hasil Pengujian *Automatic Turbine Start* pada gambar 5. dapat dilihat putaran turbin unit 7 naik secara perlahan ke putaran nominal (187.5 rpm) saat nilai bukaan *guide vane* (*opening limiter*) sebesar 22%. Ketika putaran turbin sudah pada putaran nominal (187.5 rpm), bukaan *guide vane* terbuka sebesar 12.32% untuk menstabilkan putaran turbin. Setelah dilakukan pengujian ini diketahui bahwa respon governor terhadap bukaan *guide vane* dapat menyesuaikan putaran turbin secara cepat dan untuk memutar turbin pada putaran nominalnya dari kondisi berhenti membutuhkan waktu selama 50.52 detik.

3.2.3. Pengujian *Automatic Turbine Stop*

Pengujian *Automatic Turbine Stop* adalah pengujian dengan menghentikan (stop) unit 7 PLTA Cirata dengan membatasi nilai *opening limiter* (OPL) sebesar -5% pada *touch screen governor digital*. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon turbin saat unit diberhentikan setelah operasi.

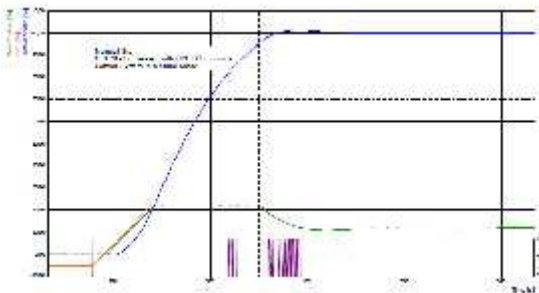


Gambar 6. Pengujian *Automatic Turbine Stop*

Hasil Pengujian *Automatic Turbine Stop* pada gambar 6 dapat dilihat putaran turbin berhenti secara perlahan setelah diberikan *opening limiter* sebesar -5%. Putaran turbin turun pada 1662 detik saat diberikan *opening limiter* sebesar -5%. Kemudian, *Brake* bekerja pada 2112 detik (450 detik setelah *opening limiter* dibatasi -5%) dan turbin berhenti berputar pada 2150 detik (50 detik setelah *brake* bekerja). Waktu yang dibutuhkan untuk memberhentikan turbin adalah 500 detik. Setelah dilakukan pengujian ini dapat diketahui respon governor terhadap *guide vane* dapat menyesuaikan dengan nilai *opening limiter* yang diberikan dan waktu yang dibutuhkan untuk memberhentikan turbin adalah 500 detik.

3.2.4. Pengujian *Manual Start*

Pengujian *Manual Start* adalah pengujian yang dilakukan dengan mengoperasikan unit 7 PLTA Cirata menggunakan *manual mode*. Dengan menggunakan *manual mode*, nilai *opening limiter* dinaikan oleh sistem kontrol pada *manual mode* sebesar 22%.

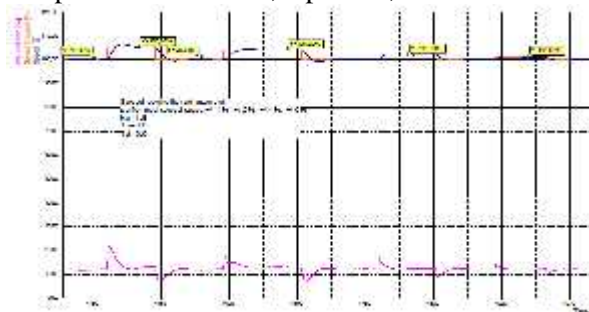


Gambar 7. Pengujian *Manual Start*

Hasil Pengujian *Manual Start* pada gambar 7. dapat dilihat putaran turbin unit 7 dinaikan secara perlahan oleh sistem kontrol pada control room, nilai bukaan *guide vane* (*opening limiter*) dibatasi sebesar 22%. Ketika putaran turbin sudah pada putaran nominal (187.5 rpm), governor memberikan respon untuk bukaan *guide vane* sebesar $\pm 11\%$. Setelah dilakukan pengujian ini diketahui bahwa respon governor terhadap bukaan *guide vane* dapat menyesuaikan putaran turbin secara cepat dan untuk memutar turbin pada putaran nominalnya dari kondisi berhenti membutuhkan waktu selama 70.72 detik.

3.3. Pengujian *Speed Control – Speed Steps (Upset Stability Test) Governor Unit 7 PLTA Cirata*

Pengujian *Speed Control – Speed Steps* bertujuan untuk mengetahui respon putaran turbin terhadap *set point speed* pada Unit 7 PLTA Cirata yang dilakukan saat unit tidak berbeban. Pengujian ini dilakukan dalam 4 *steps set point speed* yaitu 1%, 2%, 4% dan 5% dari putaran nominal turbin PLTA Cirata (187,5 rpm), serta dengan nilai yang telah ditetapkan pada *manual book*, $K_p = 1.8$, $T_n = 8.0$ dan $T_d = 0.6$.



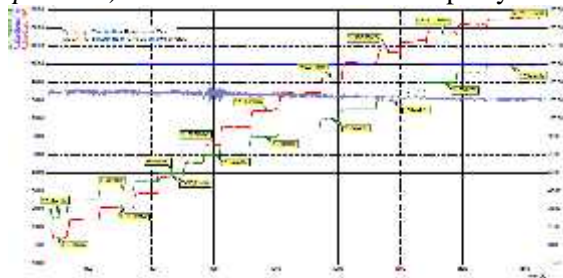
Gambar 8. Grafik Pengujian *Speed Control – Speed Steps (Upset Stability Test)*

Dari gambar 9. dapat dilihat respon pada *set point* 1%, 2%, dan 4% putaran yang dihasilkan oleh turbin air dapat bekerja mengikuti *set point*-nya. Namun, pada *set point* 5% putaran turbin tidak langsung mengikuti *set point*-nya dan terjadi *overspeed* $\pm 1\%$ dari nilai *set point* yang ditentukan selama 30 detik. *Overspeed* pada *set point* 5% masih dibawah nilai standar yang ditetapkan *manual book* yaitu sebesar 10%. Setelah dilakukan pengujian ini dapat diketahui bahwa respon turbin terhadap *set point speed*-nya cepat, karena turbin dapat berputar sesuai dengan putaran yang ditentukan oleh *set point*.

Semakin besar *set point* putaran turbin yang diberikan, maka waktu yang dibutuhkan turbin untuk menyesuaikan dengan putaran semakin lama. Pada pemberian nilai *set point* sebesar 5% dari putaran nominal, putaran turbin tidak langsung menyesuaikan dengan *set point* yang diberikan dan terjadi *overspeed* selama 23.34 detik.

3.4. Pengujian Opening Control Response Test Unit 7 PLTA Cirata

Pengujian *opening control response test* adalah pengujian yang dilakukan dengan cara menaikkan *set point* pada *opening controller governor* dan kondisi *circuit breaker close* (berbeban). *Set point* dinaikan sebesar 5% disetiap tahap, dari nilai 15.01% sampai 99.03%. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon *opening controller governor* (*wicket gate position*) unit 7 PLTA Cirata terhadap daya aktif generator yang dihasilkan.

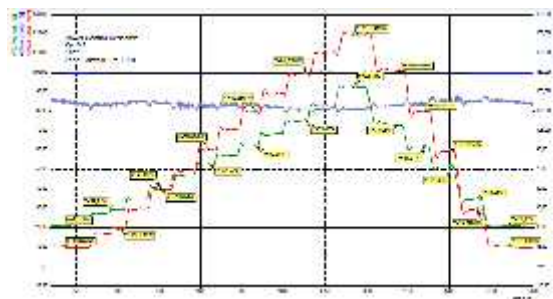


Gambar 9. Grafik Opening Control Response Test

Hasil pengujian *Opening Control Response Test* pada gambar 9. dapat dilihat *setpoint* bukaan *guide vane* sebesar 15.01% daya yang dihasilkan sebesar 3.78 MW, *setpoint* bukaan *guide vane* sebesar 50.03% daya yang dihasilkan sebesar 55.53 MW dan *setpoint* bukaan *guide vane* sebesar 99.03% daya yang dihasilkan sebesar 125.07 MW. Semakin besar *set point* bukaan *guide vane* yang diberikan, semakin besar juga daya yang dihasilkan oleh unit PLTA. Setelah dilakukan pengujian ini dapat diketahui respon *opening controller governor* terhadap daya aktif generator cepat dan dapat mempertahankan putaran turbin serta frekuensi keluaran generator.

3.5. Pengujian Power Control Response Test Unit 7 PLTA Cirata

Pengujian *Power Control Response Test* adalah pengujian dengan memberikan *set point* pada daya aktif keluaran generator dengan nilai *kp* sebesar 0.3 dan *Tn* sebesar 4.0 yang ditetapkan pada *manual book*. *Set point* dinaikan 10% di setiap tahap, dari 10 MW sampai 120 MW secara *loading* dan *deloading*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon daya aktif keluaran generator terhadap bukaan *guide vane* pada putaran nominal (187.5 rpm).



Gambar 10. Grafik Pengujian Power Control Response Test

Hasil pengujian *power control response test* dapat dilihat pada gambar 10. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa bukaan *guide vane* langsung mengikuti daya aktif yang diberikan *set point*. Saat kondisi *loading*

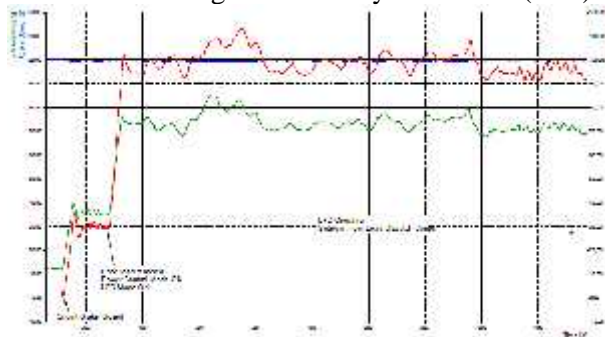
test diberikan *set point* daya aktif generator sebesar 10.04 MW bukaan *guide vane* sebesar 21.13%, *set point* daya aktif generator sebesar 20 MW bukaan *guide vane* sebesar 29.24%, *set point* daya aktif generator sebesar 39.68 MW bukaan *guide vane* sebesar 41.02%, *set point* daya aktif generator sebesar 60 MW bukaan *guide vane* sebesar 52.77%, *set point* daya aktif generator sebesar 80.08 MW bukaan *guide vane* sebesar 62.38%, *set point* daya aktif generator sebesar 99.84 MW bukaan *guide vane* sebesar 75.43%, dan *set point* daya aktif generator sebesar 119.54 MW bukaan *guide vane* sebesar 29.24%.

Sedangkan, *deloading test* diberikan *set point* daya aktif generator sebesar 100.58 MW bukaan *guide vane* sebesar 73.06%, *set point* daya aktif generator sebesar 79.94 MW bukaan *guide vane* sebesar 61.91%, *set point* daya aktif generator sebesar 59.81 MW bukaan *guide vane* sebesar 51.86%, *set point* daya aktif generator sebesar 29.68 MW bukaan *guide vane* sebesar 35.06%, dan *set point* daya aktif generator sebesar 10.13 MW bukaan *guide vane* sebesar 21.11%. Semakin besar *set point* aktif yang dihasilkan oleh unit 7 PLTA Cirata, semakin besar juga bukaan *guide vane*. Setelah dilakukan pengujian ini dapat diketahui respon *power controller* governor (daya aktif generator) terhadap bukaan *guide vane* cepat dan dapat mempertahankan putaran turbin serta frekuensi generator.

3.6. Pengujian Load Frequency Control Mode Unit 7 PLTA Cirata

Pengujian *Load Frequency Control (LFC) Mode* bertujuan untuk mengetahui respon perubahan beban unit 7 PLTA Cirata dalam menjaga kestabilan frekuensi sistem jaringan Jawa Madura Bali (JAMALI). Pada unit 7 PLTA Cirata sistem LFC bekerja secara bersamaan dengan sensor frekuensi dengan tujuan untuk menjaga agar frekuensi tetap sama (50 Hz) sebagai ukuran dari perubahan daya aktif generator.

Pengujian ini dilakukan saat unit 7 PLTA Cirata sudah terkoneksi dengan jaringan 500 kV JAMALI, maka sensor frekuensi sudah mulai bekerja untuk mengetahui jika ada penyimpangan frekuensi yang terjadi pada sistem interkoneksi tersebut. Daya aktif yang dihasilkan oleh generator unit 7 PLTA Cirata merupakan *set point* yang diberikan oleh LFC Mode di PT. PLN Pengatur dan Penyalur Beban (P2B).



Gambar 11. Grafik Pengujian LFC Mode

Pada gambar 11. dapat dilihat, ketika *circuit breaker close* unit 7 PLTA Cirata bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem jaringan JAMALI dan pengaturan daya aktif oleh *power controller*. *Guide vane* diperintahkan membuka dan menutup untuk memutar turbin, sehingga daya yang dihasilkan oleh unit 7 PLTA Cirata dapat naik dan turun sesuai dengan kebutuhan sistem jaringan JAMALI. Setelah dilakukan pengujian LFC Mode dapat diketahui bahwa respon governor untuk menentukan bukaan *guide vane* unit 7 PLTA Cirata untuk menentukan daya aktif yang dibutuhkan jaringan JAMALI cepat. Semakin besar daya yang dibutuhkan untuk sistem jaringan JAMALI, semakin besar juga bukaan *guide vane* unit 7 PLTA.

3.7. Perhitungan Perubahan Beban Terhadap Frekuensi Sistem Jaringan Jawa Madura Bali

Untuk melihat respon unit 7 PLTA Cirata saat berpartisipasi untuk LFC pada tanggal 2 Januari 2017 dari rentang waktu 00:00:00 sampai 23:00:00 pada SCADA PT PLN PERSERO Penyalur dan Pengatur Beban (P2B). Untuk mendapatkan nilai daya aktif yang dihasilkan oleh unit 7 PLTA Cirata, dapat dihitung dengan persamaan 4.

Berdasarkan hasil pengamatan tanggal 2 Januari 2017 jam 23:00:00 diketahui:

Po = 90 MW

Pr = 20 MW

Nlevel = -0.95

Dengan menggunakan persamaan 4:

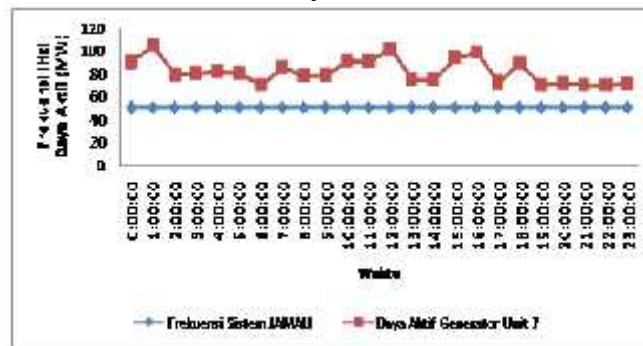
$$P_g = P_o + P_r * N$$

$$P_g = 90 \text{ MW} + 20 \text{ MW} * (-0.95)$$

$$P_g = 71 \text{ MW}$$

Daya yang dihasilkan oleh unit 7 PLTA Cirata pada tanggal 2 Januari 2017 jam 23.00 sebesar 71 MW. Daya aktif yang dihasilkan unit pembangkit tergantung pada nilai Nlevel yang dikirimkan oleh *master station* yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem jaringan JAMALI.

3.8. Hubungan antara Frekuensi Sistem dan Daya Keluaran Generator Terhadap Waktu



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Frekuensi Sistem dan Daya Keluaran Generator Terhadap Waktu

Dari grafik pada gambar 12. dapat disimpulkan bahwa unit 7 PLTA Cirata dapat mempertahankan frekuensi sistem sesuai standar PERMEN ESDM No. 04 Tahun 2009, yaitu sebesar 50 ± 0.5 Hz, walaupun terjadi perubahan daya aktif generator. Perubahan daya aktif generator dipengaruhi oleh sinyal Nlevel *Load Frequency Control Mode* di PT PLN PERSERO Pusat Pengatur Beban (P2B) dan governor unit 7 PLTA Cirata. LFC Mode dan governor bekerja untuk menjaga kestabilan frekuensi sistem jaringan JAMALI. Semakin besar frekuensi sistem jaringan JAMALI maka semakin kecil daya keluaran generator unit 7 PLTA Cirata atau dapat dikatakan besarnya frekuensi sistem jaringan JAMALI akan menurunkan daya keluaran generator unit 7 PLTA Cirata, sehingga hubungan keduanya berbanding terbalik.

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian governor pada unit 7 PLTA Cirata oleh PT Pembangkitan Jawa Bali, governor dapat mempertahankan putaran turbin sebesar 187.5 rpm dan frekuensi generator sebesar 50 ± 0.5 Hz sesuai dengan standar yang ditentukan berdasarkan *manual book* dan PERMEN ESDM No .04 Tahun 2009.
2. Hasil pengujian *Load Frequency Control Mode* pada unit 7 PLTA Cirata oleh PT Pembangkitan Jawa Bali, pengoperasian dengan *mode* ini unit 7 PLTA Cirata menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan beban, frekuensi sistem jaringan Jawa Madura Bali tetap dapat dipertahankan sesuai standar PERMEN ESDM No .04 Tahun 2009 sebesar 50 ± 0.5 Hz.
3. Daya keluaran generator dipengaruhi oleh sinyal Nlevel *Load Frequency Control* dalam menstabilkan sistem jaringan JAMALI.
4. Hubungan antara frekuensi sistem jaringan JAMALI dengan daya keluaran generator berbanding terbalik .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____, 2012. *Operation and Maintenance Governor Digital Cirata Hydroelectric Power Plant*. Andritz Hydro.
- [2] Macowski, Janusz W., James R. Bumby. 2008. *Power System Dynamic: Stability and Control Second Edition*. UK: John Wiley and Sons, Ltd
- [3] Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [4] Patriandari.2011. Analisis Pengoperasian *Speed Droop Governor* Sebagai Pengaturan Frekusensi Pada Sistem Kelistrikan PLTU Gresik. Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh November.
- [5] Randy, Mochamad Ali.2013.Studi Pengaturan Sistem Jawa Bali dengan *Load Frequency Control (LFC)* Menggunakan Software SINAUT Spectrum. Institut Sains dan Teknologi Nasional

ANALISIS KINERJA *HOTWELL PUMP* PADA PLTP UNIT IV PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY AREA KAMOJANG

Akbar Mandala Putra Tanjung¹, Lee Klein Sinaga², Benhur Nainggolan³

¹Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Puspita XVI Blok R
No.17 Cikarang Baru Bekasi, 087879598727,akbarmandala@gmail.com

²Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

³Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Hotwell pump merupakan salah satu peralatan mekanik bantu pada sistem pembangkitan listrik tenaga panas bumi. Pompa tersebut merupakan pompa sentrifugal dengan poros vertikal yang berfungsi untuk memompakan air kondensat dari kondenser menuju *cooling tower* dan menjaga kapasitas kondenser agar tidak melebihi batas kapasitasnya. Terdapat dua unit *hotwell pump* pada unit IV PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang sudah beroperasi sekitar sembilan tahun sejak tahun pemasangannya dan tidak ada kajian efisiensi pompa yang dilakukan oleh perusahaan sehingga dibutuhkan suatu analisis untuk mengkaji kinerja aktual pompa tersebut yang meliputi efisiensi dan vibrasi. Maka dalam studi ini dilakukan analisis untuk membandingkan nilai efisiensi dan vibrasi aktual pompa dengan standar ISO 9906 untuk efisiensi dan ISO 10816 untuk vibrasinya. Hasilnya adalah diketahui efisiensi aktual pompa pada HWP A sebesar 82,183% dan untuk HWP B adalah 80,62%. Terdapat penurunan kinerja melalui efisiensi *hotwell pump* sebesar 1,317% untuk HWP A dan 2,88% untuk HWP B. Serta diketahui juga bahwa vibrasi bearing motor kedua pompa masih berada di bawah 2,3 mm/s. Sedangkan vibrasi pada *mechanical seal*-nya masih berada di bawah 3,5 mm/s. Berdasarkan ISO 10816, maka vibrasi pada bearing motor dan *mechanical seal* untuk *hotwell pump* A dan B masih berada di dalam zona A yang berarti kondisi mesin masih sangat baik dan aman untuk dioperasikan.

Kata Kunci: *Hotwell pump*, efisiensi pompa, vibrasi, ISO 9906, ISO 10816

Abstract

Hotwell pump is one of the auxiliary mechanical equipment in the geothermal power generation system. The pump is a centrifugal pump with a vertical shaft that serves condensate water from the condenser to the cooling tower and keep the condenser capacity not to exceed its capacity limit. There are two *hotwell pump* units in unit IV of PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang has been operating for about nine years since its installation and there is no pump efficiency study conducted by the company so that an analysis is needed to assess the pump's actual performance including efficiency and vibration. So in this study we have analyzed to compare the efficiency and vibration value of pump with ISO 9906 standard for efficiency and ISO 10816 for vibration. The result is known to the actual efficiency of the pump at HWP A of 82.183% and for HWP B is 80.62%. There is a decrease in performance through *hotwell pump* efficiency of 1.317% for HWP A and 2.88% for HWP B. Also note that the vibration of the bearings of both pump motors is still below 2.3 mm / s. While the vibration on the *mechanical seal* is still below 3.5 mm / s. Based on ISO 10816, the vibrations in motor bearings and *mechanical seals* for *hotwell pumps* A and B are still within zone A which means the engine condition is still very good and safe to operate.

Keywords: *Hotwell pump*, pump efficiency, vibration, ISO 9906, ISO 10816

I. PENDAHULUAN

Hotwell pump merupakan salah satu peralatan mekanik bantu pada sistem pembangkitan listrik tenaga panas bumi. Pompa tersebut merupakan pompa sentrifugal dengan poros vertikal yang berfungsi untuk memompakan air kondensat dari kondenser menuju *cooling tower* dan menjagakondenser agar tidak melebihi batas kapasitasnya. Terdapat dua unit *hotwell pump* pada unit IV PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang yang sudah beroperasi sekitar sembilan tahun sejak tahun pemasangannya. Pompa ini merupakan komponen pada PLTP unit IV yang memiliki konsumsi daya listrik yang paling besar. Tidak adanya kajian efisiensi pompa yang dilakukan oleh perusahaan menyebabkan tidak diketahuinya tingkat efisiensi pompa secara aktual. Analisis kinerja yang mengkaji efisiensi dan vibrasi pompa ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi aktual pompa dan kondisi vibrasi pompa. Dalam studi ini dilakukan analisis untuk membandingkan nilai efisiensi dan vibrasi aktual pompa dengan standar ISO 9906 (*Rotodynamic pumps-Hydraulic performance acceptance tests-Grade*

1,2, and 3) untuk efisiensi dan ISO 10816 (*Mechanical vibration-Evaluation of machine vibration by measurementson non-rotating parts*) untuk vibrasinya. Dilihat dari aspek operasionalnya, maka diperlukan nilai aktual efisiensi dari *hotwell pump* untuk mengetahui standar toleransi dari nilai efisiensi aktual *hotwell pump* berdasarkan ISO 9906 sehingga didapatkan nilai efisiensi terkini pompanya. Sedangkan dilihat dari aspek *maintenance*-nya, maka diperlukan nilai vibrasi *hotwell pump* untuk mengetahui batas aman dari vibrasi motor dan vibrasi pompanya berdasarkan ISO 10186-3 dan ISO 10186-7 sehingga didapatkan nilai vibrasi terkini dari motor dan pompanya.

1. Rumusan Masalah

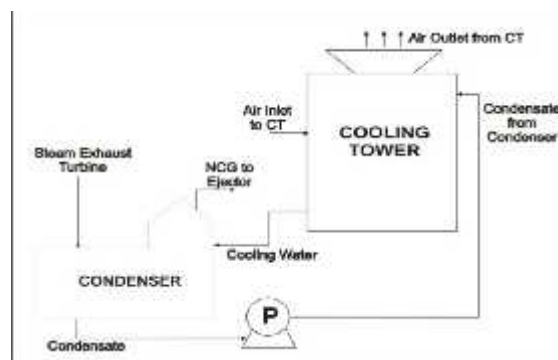
- 1.1. Apakah nilai efisiensi aktual *hotwell pump* masih dalam standar toleransi berdasarkan ISO 9906?
- 1.2. Apakah vibrasi motor dan vibrasi pompa pada *hotwell pump* masih dalam batas aman berdasarkan ISO 10186-3 dan ISO 10186-7?

2. Tujuan

- 2.1. Mengetahui standar toleransi dari nilai efisiensi aktual *hotwell pump* berdasarkan ISO 9906.
- 2.2. Mengetahui batas aman dari vibrasi motor dan vibrasi pompa pada *hotwell pump* berdasarkan ISO 10186-3 dan ISO 10186-7.

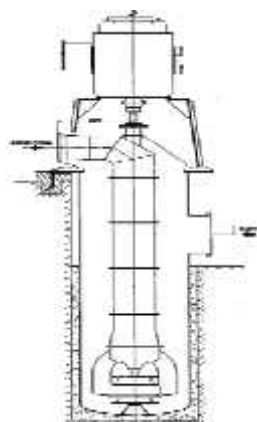
II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam industri pembangkitan sistem pendinginan melibatkan 3 komponen penting yaitu kondensor yang bekerja secara langsung dengan fluida kerja, lalu *cooling tower* sebagai pendinginan fluida pendingin yang akan disalurkan ke dalam kondensor dan pompa yang bertugas menyalurkan fluida pendingin ke berbagai komponen pembangkit juga mengembalikan fluida pendingin serta hasil kondensasi ke dalam *cooling tower* untuk digunakan kembali sebagai fluida pendingin.



Gambar 1. Skema Sistem Pendinginan PLTP

Hotwell pump merupakan pompa sentrifugal dengan poros vertikal yang berfungsi untuk untuk memompakan air kondensat dari kondenser menuju *cooling tower*.



Gambar 2. Penampang Samping Hotwell Pump

2.1. Daya Pompa dan Efisiensi

Water horsepower adalah daya minimum yang dibutuhkan untuk memindahkan air/fluida. Dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$P_u = \left(\frac{1}{60 \times 10^3} \right) \rho g Q H \quad \text{[Persamaan 1]}$$

Dengan,

P_u : *water horsepower* [kW]
 ρ : massa jenis fluida [kg/m³]
 g : percepatan gravitasi [m/s²]
 Q : kapasitas [m³/min]
 H : Total *head* [m]

Shaft power adalah daya yang disuplai ke poros pompa, biasa juga disebut *brake horsepower*. Dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$P = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \times \eta_m}{1000} \quad \text{[Persamaan 2]}$$

Dengan,

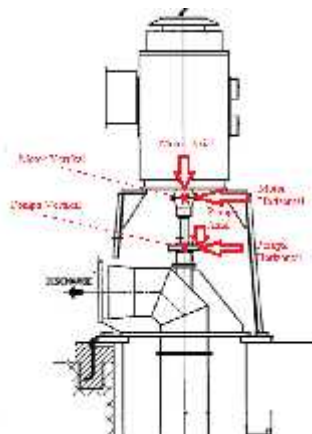
P : *Shaft power* [kW]
 η_m : Efisiensi motor [%]
 V : Tegangan motor [Volt]
 I : Kuat arus motor [Ampere]
 $\cos \phi$: faktor daya

Efisiensi pompa adalah perbandingan *water horsepower* dengan *shaft power* dan dapat dituliskan dengan persamaan :

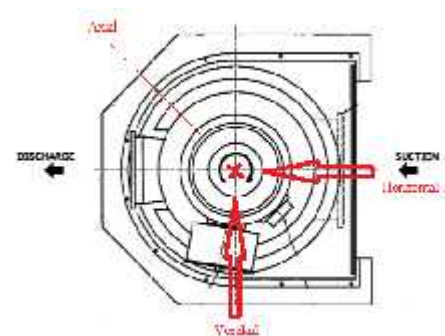
$$\eta = \left(\frac{P_u}{P} \right) \times 100\% \quad \text{[Persamaan 3]}$$

2.2. Vibrasi

Vibrasi adalah perpindahan massa bolak-balik dari posisi statis. Umumnya pada peralatan rotating bergetar pada level tertentu seperti vibrasi disebabkan kecatatan manufaktur, batas desain pompa, pencoran yang tidak teratur, atau masalah pada pemasangan. Pengukuran vibrasi menggunakan alat *vibration meter*. Pada setiap sisi dilakukan pengambilan data sebanyak 3 kali, yaitu pada sisi *horizontal*, *vertikal* dan *axial*.

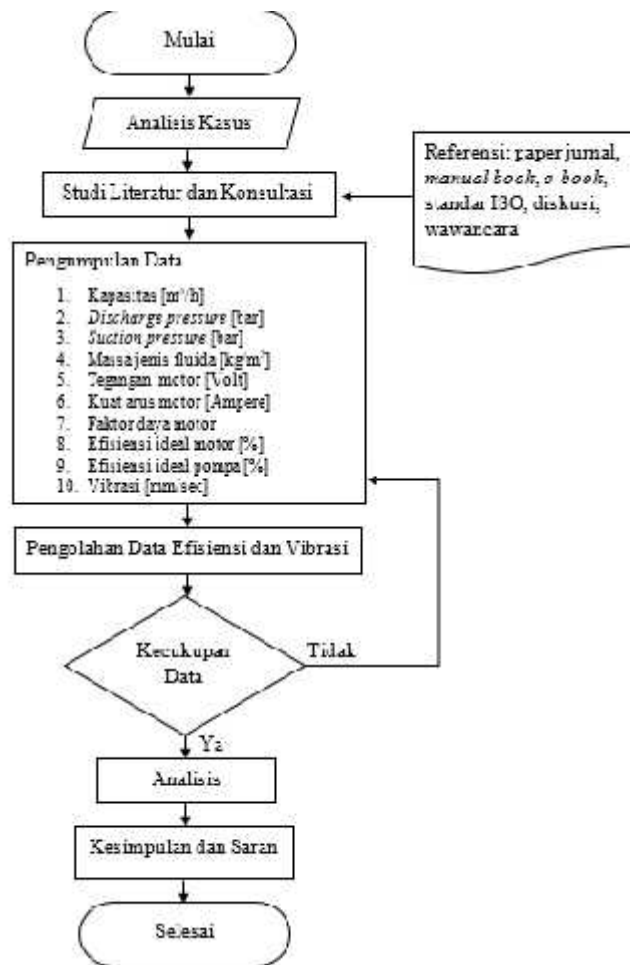


Gambar 4. Titik Pengukuran Vibrasi Tampak Samping



Gambar 5. Titik Pengukuran Vibrasi Tampak Atas

III. METODE PENELITIAN



Gambar 6. Diagram Alir

Manual book, e-book, jurnal paper, standar ISO, dan dokumentasi pembangkit merupakan referensi yang digunakan dalam penelitian ini yang bertujuan untuk mempelajari kondisi aktual *hotwell pump* pada PLTP unit IV PT Pertamina Geothermal Energy. Konsultasi juga dilakukan berupa wawancara dengan ahli-ahli pada bidang *rotating maintenance* dan juga dosen di kampus untuk memberikan masukan dan koreksi kepada penulis terhadap penelitian ini.

Pengumpulan data dilakukan pada saat jadwal kerja praktik penulis pada tanggal 6 Maret sampai dengan 6 Mei. Pengambilan data tegangan dan kuat arus motor dilakukan dengan cara pengumpulan data harian *hotwell pump* unit IV pada bulan maret dari *Center Control Room (CCR)*. Data tegangan dan kuat arus motor ini diambil rata-ratanya untuk dimasukkan ke dalam perhitungan. Data *discharge pressure, suction pressure*, dan vibrasi motor dan pompa didapat dengan cara melakukan pengecekan langsung di *hotwell pump* unit IV. *Discharge pressure* dan *suction pressure* dilihat dari barometer berjenis tabung Bourdon yang ada pada pipa *suction* maupun *discharge* pompa, sedangkan untuk data vibrasi didapatkan dengan mengukur langsung getaran pada pompa dengan menggunakan *vibration meter* masing-masing tiga titik yaitu horizontal, vertikal dan aksial. Untuk data kapasitas pompa, didapatkan dengan menggunakan kurva performa pompa yang ada di *manual book*.

Pengolahan data dilakukan mulai dari menghitung *total head, water horsepower, shaft power* atau *brake horsepower*, dan efisiensi pompa. Grafik vibrasi dibuat dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Setelah hasil nilai efisiensi pompa didapat dari pengolahan data, selanjutnya dianalisis perbandingannya dengan kondisi ideal dan standar ISO 9906 *Rotodynamic Pumps-Hydraulic Performance Acceptance Tests-Grade 1,2, and 3*. Untuk analisis vibrasi pompa digunakan ISO 10816 *Mechanical Vibration-Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-rotating Parts*, ISO 10816-3 untuk motor dan ISO 10816-7 untuk pompa. Analisis vibrasi ini bertujuan untuk menentukan zona vibrasi *hotwell pump* baik pompa maupun motor penggeraknya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Desain Pompa dan Motor

Data desain pompa dan motor diperoleh dari *manual book hotwell pump* yang diterbitkan oleh manufaktur pompa tersebut.

Tabel 1. Data Desain Pompa

Jenis Pompa	<i>Vertical Centrifugal Pump</i>
Manufaktur	Torishima
Kapasitas	4250 [m ³ /hr]
NPSHa	5,5 [m]
NPSAr	4,0 [m]
<i>Speed</i>	590 [rpm]
BHP/Daya Poros	319 [kW]
<i>Total Different Head</i>	23 [m]
Efisiensi Pompa	83,5 %
Massa Jenis Fluida	1000 [kg/m ³]

Tabel 2. Data Desain Motor

Tenaga Penggerak	Motor Listrik
Manufaktur	Hyundai Heavy Industries
Jenis Rotor	<i>Squirrel Cage</i>
Tegangan	6000 [Volt]
Arus	55,6 [Amp]
Daya	319 [kW]
Frekuensi	50 [Hz]
Fasa	3 Fasa
<i>Speed</i>	592 [rpm]
Faktor Daya	0,74
Efisiensi Motor	93,5 %

2. Data Aktual Pompa dan Motor

Tabel 3. Data Aktual Pompa dan Motor

Parameter	HWP A	HWP B
<i>Suction Pressure</i>	-0,5 [barg]	-0,5 [barg]
<i>Discharge Pressure</i>	1,2 [barg]	1,2 [barg]
Tegangan	6235,08 [Volt]	6235,08 [Volt]
Kuat Arus	45,37 [Amp]	46,25 [Amp]

3. Perhitungan Daya dan Efisiensi

Diketahui,

$$P_d = 1,2 \text{ [barg]}$$

$$P_s = -0,5 \text{ [barg]}$$

$$g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$= 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$V = 6235,08 \text{ [Volt]}$$

$$I_{HWP A} = 45,37 \text{ [Amp]}$$

$$I_{HWP B} = 46,25 \text{ [Amp]}$$

$$\cos \phi = 0,74$$

$$\eta_m = 93,5\% = 0,935$$

3.1. Total Head

Total head pada *hotwell pump* A dan B sama karena *pressure suction* dan *discharge* pada kedua pompa memiliki nilai yang sama.

$$\text{Total Head} = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho \times g} \right)$$

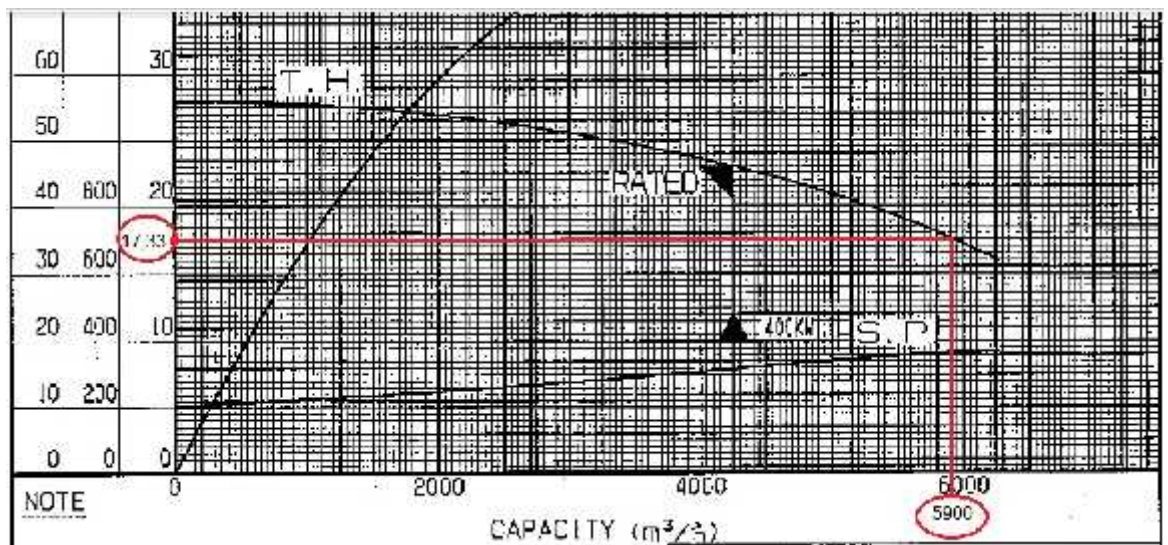
[Persamaan 4]

$$\text{Total Head} = \left(\frac{1,2 \text{ [barg]} - (-0,5) \text{ [barg]}}{1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]} \right) \times 10^6$$

$$\text{Total Head} = 17,329 \text{ [m]}$$

3.2. Kapasitas

Kapasitas pompa ditentukan dengan menarik garis horizontal ke kanan dari titik 17,33 [m] parameter *total head* sampai mengenai garis kurva *total head* terhadap kapasitas. Kemudian menarik garis vertikal ke bawah sehingga didapatkan nilai kapasitas sebesar 5900 [m³/h] atau sama dengan 98,33 [m³/min]. Kurva performa berikut diperoleh dari buku manual.



Gambar 4. Penentuan Kapasitas Aktual

3.3. Water Horsepower

Water horsepower pada *hotwell pump* A dan B memiliki nilai yang sama. Dihitung menggunakan persamaan 1.

$$Pu = \left(\frac{1}{60 \times 10^3} \right) \times 1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \times 98,33 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right] \times 17,329 \text{ [m]}$$

$$Pu = 278,611 \text{ [kW]}$$

3.4. Hotwell Pump A

a. Shaft Power

Shaft power dihitung menggunakan persamaan 2.

$$P = \frac{\sqrt{3} \times 6235,08 \text{ [Volt]} \times 45,37 \text{ [Amp]} \times 0,74 \times 0,935}{1000}$$

$$P = 339,01 \text{ [kW]}$$

b. Efisiensi

Efisiensi dihitung menggunakan persamaan 3.

$$\eta = \left(\frac{278,611 \text{ [kW]}}{339,01 \text{ [kW]}} \right) \times 100\%$$

$$\eta = 82,183\%$$

3.5. Hotwell Pump B

a. Shaft Power

Dihitung menggunakan persamaan 2.

$$P = \frac{\sqrt{3} \times 6235,08 \text{ [Volt]} \times 46,25 \text{ [Amp]} \times 0,74 \times 0,935}{1000}$$

$$= 345,59 \text{ [kW]}$$

b. Efisiensi

Dihitung menggunakan persamaan 3.

$$\eta = \left(\frac{278,611 \text{ [kW]}}{345,59 \text{ [kW]}} \right) \times 100\%$$

$$\eta = 80,62\%$$

4. Analisis Perhitungan Efisiensi

Efisiensi pompa merupakan perbandingan *water horsepower* dengan *shaft power*. *Water horsepower* sebagai daya *output* yang dihasilkan oleh pompa, sedangkan *shaft power* sebagai daya *input* yang masuk ke pompa. Dari perhitungan sebelumnya, didapat *water horsepower* sebesar **278,611** [kW], *shaft power* sebesar 339.01 [kW] untuk HWP A dan 345,59 [kW] untuk HWP B. Besar efisiensi pompa yang dihasilkan adalah 82,183% untuk HWP A dan 80,62 % untuk HWP B.

Tabel 4. Pengkategorian Grade sesuai Aplikasi Pompa

Application		Shaft power of pump, P _s	
		≤10 kW and ≤100 kW	>100 kW
Municipal water applications		2B	1B
Municipal wastewater applications		2B	1B
Drainage pumps		3B	2B
Electrical power industry		1B	1B
Oil and gas industry	Pumps in accordance with ISO 13709	1B	1B
	Water Injection	N/A ^a	1B
Marine application		1B	1B
Chemical industry		2B	2D
Cooling tower applications		2A	2H
Pulp and paper applications		2B	2E
Slurry applications		3B	3E
General industry applications		3B	2B
Irrigation applications		3B	2E

^a N/A – not applicable.

Berdasarkan tabel 4 yang didapat dari ISO 9906, *hotwell pump* yang merupakan komponen untuk aplikasi *cooling tower* dengan *shaft power* lebih besar dari 100 kW dikategorikan ke *grade 2B*.

Tabel 5. Standar Toleransi Fluktuasi Performa Pompa

Grade	1			2		3	Guarantee requirement
	10 %			16 %		18 %	
Acceptance grade	6 %			10 %		14 %	Mandatory
	1U	1E	1B	2B	2U	3B	
ΔQ	+10 %	±5 %		±8 %	+16 %	±9 %	Mandatory
η _r	+8 %	+3 %		+5 %	+10 %	+7 %	
ΔP	+10 %	+4 %		+8 %	+16 %	+9 %	Optional
Δη	±0 %		-3 %	-5 %		-7 %	

NOTE: ε_i (x = Q, H, P, η) stands for the tolerance of the indicated quantity.

Efisiensi aktual pompa pada HWP A adalah sebesar 82,183% dan untuk HWP B adalah 80,62%. Sedangkan pada data desain efisiensi pompa adalah 83,5%. Selisih antara data aktual dan desain adalah 1,317% untuk HWP A dan 2,88 % untuk HWP B. Maka dari perbandingan tersebut dapat dilihat penurunan kinerja melalui efisiensi *hotwell pump* sebesar 1,317% untuk HWP A dan 2,88% untuk HWP B. Berdasarkan tabel 5 yang didapat dari ISO 9906, batas toleransi fluktuasi untuk parameter efisiensi pada *grade 2B* adalah -5%. Maka, dapat disimpulkan bahwa *hotwell pump* A dan B masih dalam batas toleransi fluktuasi efisiensi untuk *grade 2B*.

5. Analisis Vibrasi

5.1. Hotwell Pump A

Tabel 6. Data Vibrasi Bearing Motor HWP A

No.	Tanggal	Bearing Motor		
		Horizontal (mm/sec)	Vertikal (mm/sec)	Axial (mm/sec)
1.	22 Januari 2016	0.3	0.4	0.5
2.	21 Februari 2016	0.3	0.3	0.4
3.	1 Maret 2016	0.2	0.3	0.3
4.	7 Maret 2016	0.3	0.3	0.3
5.	22 Agustus 2016	0.2	0.3	0.3
6.	13 September 2016	0.3	0.3	0.4
7.	23 Maret 2017	0.3	0.5	0.8
8.	4 April 2017	0.52	0.36	0.45
9.	25 April 2017	0.43	0.3	0.42
Rata-rata		0.32	0.34	0.43
Nilai Terbesar		0.52	0.5	0.8

Tabel 7. Data Vibrasi Mechanical Seal HWP A

No.	Tanggal	Mechanical Seal		
		Horizontal (mm/sec)	Vertikal (mm/sec)	Axial (mm/sec)
1.	22 Januari 2016	0.2	0.4	0.3
2.	21 Februari 2016	0.2	0.5	0.5
3.	1 Maret 2016	0.2	0.5	0.3
4.	7 Maret 2016	0.3	0.3	0.2
5.	22 Agustus 2016	0.3	0.2	0.2
6.	13 September 2016	0.3	0.2	0.2
7.	23 Maret 2017	0.4	0.3	0.6
8.	4 April 2017	0.47	0.25	0.2
9.	25 April 2017	0.49	0.37	0.38
Rata-rata		0.32	0.29	0.32
Nilai Terbesar		0.49	0.4	0.6

5.2. Hotwell Pump B

Tabel 8. Data Vibrasi Bearing Motor HWP B

No.	Tanggal	Bearing Motor		
		Horizontal (mm/sec)	Vertikal (mm/sec)	Axial (mm/sec)
1.	22 Januari 2016	0.4	0.3	0.4
2.	21 Februari 2016	0.4	0.3	0.3
3.	1 Maret 2016	0.4	0.3	0.4
4.	7 Maret 2016	0.2	0.3	0.5
5.	22 Agustus 2016	0.3	0.2	0.3
6.	13 September 2016	0.3	0.3	0.4
7.	23 Maret 2017	0.3	0.5	0.7
8.	4 April 2017	0.66	0.31	0.44
9.	25 April 2017	0.51	0.37	0.46
Rata-rata		0.39	0.32	0.43
Nilai Terbesar		0.66	0.5	0.7

Tabel 9. Data Vibrasi Mechanical Seal HWP B

No.	Tanggal	Mechanical Seal		
		Horizontal (mm/sec)	Vertikal (mm/sec)	Axial (mm/sec)
1.	22 Januari 2016	0.3	0.5	0.4
2.	21 Februari 2016	0.3	0.4	0.3
3.	1 Maret 2016	0.2	0.4	0.3
4.	7 Maret 2016	0.2	0.5	0.3
5.	22 Agustus 2016	0.3	0.2	0.3
6.	13 September 2016	0.5	0.2	0.3
7.	23 Maret 2017	0.7	0.3	0.6
8.	4 April 2017	0.63	0.31	0.29
9.	25 April 2017	0.53	0.39	0.35
	Rata-rata	0.41	0.36	0.35
	Nilai Terbesar	0.7	0.5	0.6

Tabel 10. ISO 10816-3 Klasifikasi Zona Vibrasi untuk Mesin Grup 1 : Mesin Besar dengan Daya diatas 300 kW sampai 50 MW; Mesin Listrik dengan Panjang Poros H 315 mm

Support class	Zone boundary	R.m.s. displacement	R.m.s. velocity
		μm	mm/s
Rigid	A/B	29	2,3
	B/C	57	4,5
	C/D	90	7,1
Flexible	A/B	45	3,5
	B/C	90	7,1
	C/D	140	11,0

Motor penggerak *hotwell pump* A dan B dengan daya 339,01 dan 345,59 kW dengan pondasi kaku masuk ke dalam kategori grup 1 ISO 10816-3.

Dari data dan grafik vibrasi *bearing motor* HWP-A dari 22 Januari 2016 sampai dengan 25 April 2017 diketahui bahwa rata-rata vibrasi pada posisi horizontal adalah 0.32 mm/sec, rata-rata vibrasi pada posisi vertikal adalah 0.34 mm/sec dan pada posisi aksial adalah 0.43 mm/sec.

Dari data dan grafik vibrasi *bearing motor* HWP-B dari 22 Januari 2016 sampai dengan 25 April 2017 diketahui bahwa rata-rata vibrasi pada posisi horizontal adalah 0.39 mm/sec, rata-rata vibrasi pada posisi vertikal adalah 0.32 mm/sec dan pada posisi aksial adalah 0.43 mm/sec.

Diketahui bahwa vibrasi motor *hotwell pump* A dan B masih berada di bawah 2,3 mm/s. Berdasarkan tabel 10, maka vibrasi pada *bearing motor* untuk *hotwell pump* A dan B masih berada di dalam zona A yang berarti kondisi mesin masih sangat baik dan aman untuk dioperasikan.

Tabel 11. ISO 10816-7 Klasifikasi Zona Vibrasi pada Pompa

Zone	Description (see 5.2 for details of zone definitions)	Vibration velocity limit r.m.s. value mm/s			
		Category # I		Category # II	
		\leq 200 kW	> 200 kW	\leq 200 kW	> 200 kW
A	Newly commissioned machines in preferred operating range	2,5	3,5	3,2	4,2
B	Unrestricted long-term operation in allowable operating range	4,0	5,0	5,1	6,1
C	Limited operation	6,8	7,8	8,5	9,5
D	Risk of damage	> 6,8	> 7,8	> 8,5	> 9,5

Berdasarkan ISO 10816-7, *hotwell pump* dengan daya 278,611 kW masuk ke dalam kategori I >200 kW yaitu pompa yang membutuhkan tingkat keamanan dan ketahanan yang tinggi.

Dari data dan grafik vibrasi *mechanical seal* HWP-A dari 22 Januari 2016 sampai dengan 25 April 2017 bahwa rata-rata vibrasi pada posisi horizontal adalah 0.32 mm/sec, pada posisi vertikal adalah 0.29 mm/sec dan pada posisi aksial adalah 0.32 mm/sec.

Dari data dan grafik vibrasi *mechanical seal* HWP-B dari 22 Januari 2016 sampai dengan 25 April 2017 bahwa rata-rata vibrasi pada posisi horizontal adalah 0.41 mm/sec, pada posisi vertikal adalah 0.36 mm/sec dan pada posisi aksial adalah 0.35 mm/sec.

Diketahui bahwa vibrasi pada *mechanical seal hotwell pump* A dan B masih berada di bawah 3,5 mm/s. Berdasarkan tabel 11, maka vibrasi pada *bearing motor* untuk *hotwell pump* A dan B masih berada di dalam zona A yang berarti kondisi mesin masih sangat baik dan aman untuk dioperasikan.

V. KESIMPULAN

Efisiensi aktual pompa pada HWP A adalah sebesar 82,183% dan untuk HWP B adalah 80,62%. Terdapat penurunan kinerja melalui efisiensi *hotwell pump* sebesar 1,317% untuk HWP A dan 2,88% untuk HWP B. Berdasarkan tabel 5, batas toleransi fluktuasi untuk parameter efisiensi pada *grade 2B* adalah -5%. Maka, dapat disimpulkan bahwa *hotwell pump* A dan B masih dalam batas toleransi fluktuasi efisiensi untuk *grade 2B*.

Diketahui bahwa vibrasi *bearing motor hotwell pump* A dan B masih berada di bawah 2,3 mm/s. Sedangkan vibrasi pada *mechanical seal hotwell pump* A dan B masih berada di bawah 3,5 mm/s. Berdasarkan tabel 10 dan 11, maka vibrasi pada *bearing motor* dan *mechanical seal* untuk *hotwell pump* A dan B masih berada di dalam zona A yang berarti kondisi mesin masih sangat baik dan aman untuk dioperasikan.

Solusi atau saran dari penelitian ini bagi perusahaan adalah tetap mempertahankan manajemen perawatan yang baik agar usia pemakaian pompa lebih lama. Selain itu, diperlukan alat ukur *flow* pompa agar didapat kajian efisiensi *hotwell pump* yang lebih akurat

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. J. Karassik, et al, "Pump Handbook," *McGraw- Hill*, 2001.
- [2] B. Stringam, "Understanding Horsepower and Water Horsepower Efficiency and Fuel Consumption Costs for Irrigation Pumps," *NMSU Press*, 2013.
- [3] "Hotwell Pump Manual Book," Torishima, 2006.
- [4] http://www.engineersedge.com/pumps/wearing_rings.htm, *Centrifugal Pumps Wear Ring Review*.
- [5] P. Gidhar, O. Moniz, "Practical Centrifugal Pumps Design, Operation and Maintenance," *Elsevier*, 2005.
- [6] "Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests - Grades 1, 2 and 3," *ISO 9906*, 2012.
- [7] "Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts - Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ," *ISO 110816-3*, 1998.
- [8] "Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts - Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts," *ISO 10816-7*, 2009.

KAJIAN PERUBAHAN EFISIENSI *BOILER* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

Ahmad Nurikhsan Maulana¹, Belyamin²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI Depok 16425,
No. tel: (6221)7863530/(62)85861266798, email: amdnikhsan@gmail.com

Abstrak

Boiler merupakan salah satu peralatan yang penting untuk menunjang operasional pembangkit tenaga listrik. Namun, semakin lama boiler beroperasi tentunya akan mengalami penurunan kinerja akibat kehilangan energi panas. Efisiensi boiler yang didefinisikan sebagai angka perbandingan antara energi panas yang diserap oleh fluida kerja di dalam boiler dengan input berupa energi kimia dari bahan bakar. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efisiensi boiler pada kondisi operasi selama lima bulan, pengaruh faktor kehilangan energi panas terhadap efisiensi boiler, serta penyebab penurunan efisiensi boiler. Perhitungan efisiensi boiler yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode tidak langsung dengan menghitung total kehilangan energi panas. Data yang digunakan untuk perhitungan efisiensi boiler adalah data operasi selama lima bulan pada tanggal 21 Juli 2016, 16 Agustus 2016, 21 September 2016, 18 Oktober 2016, 30 Januari 2017 dengan beban 135 Mega Watt. Hasil yang di dapat dari perhitungan efisiensi dengan metode tidak langsung pada lima bulan operasi adalah kehilangan energi panas di bulan juli,agustus,september,oktober dan januari akibat gas buang kering 12,75% , 12,79% , 12,63% , 12,92% , 18,27%. akibat hidrogen 13,47% , 16,96% , 13,43%, 13,52%, 15,15%. Akibat kelembaban udara 0,72%, 1,36%, 0,72%, 0,74%, 1,03%, akibat panas radiasi diasumsikan sebesar 1% setiap bulan dan efisiensi yang didapat adalah 72,07%, 67,88%, 72,22%, 71,82%, 64,55%. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai kehilangan energi panas semakin rendah, efisiensi yang dihasilkan semakin tinggi.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Uap, boiler, efisiensi, kehilangan energi panas

Abstract

Boiler is one of the important equipment to support the operation of the power plant. However, the longer the boiler operates will certainly experience a decrease in performance due to heat energy loss. The efficiency of the boiler is defined as the ratio of the heat energy absorbed by the working fluid in the boiler with the input of chemical energy from the fuel. Thus, this study aims to assess the efficiency of the boiler at operating conditions for five months, the effect of heat loss factor on boiler efficiency, and the cause of the decrease in boiler efficiency. Calculation of boiler efficiency conducted in this research is by indirect method by calculating total heat energy loss. The data used for boiler efficiency calculations is the five-month operating data on July 21, 2016, August 16, 2016, September 21, 2016, October 18, 2016, January 30, 2017 with a load of 135 Mega Watt. The results obtained from the calculation of efficiency by the indirect method in five months of operation is the loss of heat energy in July, August, September, October and January due to dry exhaust gas 12.75%, 12.79%, 12.63%, 12, 92%, 18.27%. Due to hydrogen 13.47%, 16.96%, 13.43%, 13.52%, 15.15%. As a result of air humidity 0.72%, 1.36%, 0.72%, 0.74%, 1.03%, due to radiant heat assumed at 1% every month. And the efficiency gained is 72,07%, 67,88%, 72,22%, 71,82%, 64,55%. So it can be said that the value of loss of heat energy is lower, the higher the resulting efficiency.

Keywords: Steam Power Plant, boiler, efficiency, heat energy loss

1. PENDAHULUAN

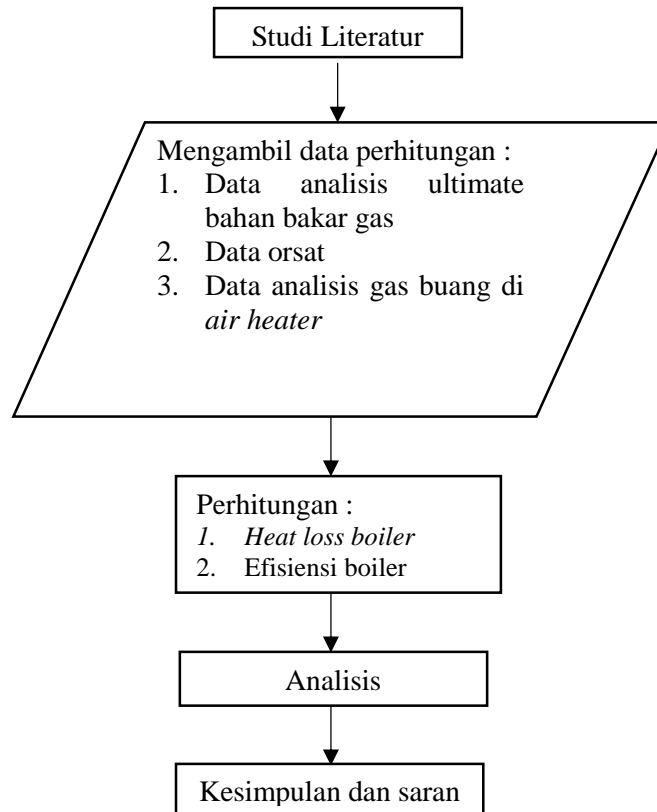
Boiler merupakan bejana tertutup bertekanan dimana air pengisi dipanaskan secara terus menerus kemudian berubah fasa menjadi uap [1]. Efisiensi boiler menggambarkan fraksi energi bahan bakar yang dimanfaatkan untuk mengonversi air menjadi uap. Kemudian, input energi berupa bahan bakar yang tidak mengonversikan air menjadi uap merupakan kerugian dalam operasional boiler [2].

Semakin lama boiler beroperasi, maka boiler tersebut akan mengalami penurunan kinerja akibat kehilangan panas. Untuk itu, perlu dilakukan kajian kinerja boiler untuk menentukan faktor penurunan kinerja boiler dari kehilangan energi panas tersebut. Kemudian, dapat diketahui efisiensi boiler, energi yang dibutuhkan saat pengoperasian boiler, serta sumber-sumber kehilangan panas pada boiler sehingga dapat dilakukan tindak lanjut untuk peningkatan efisiensi dan penghematan biaya operasional [3]. Kinerja boiler memiliki parameter efisiensi dan rasio input bahan bakar dengan hasil berupa penguapan air yang jumlah uapnya berkurang terhadap waktu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinerja pada boiler untuk mengetahui besarnya efisiensi, energi yang dibutuhkan untuk proses pemanasan air di boiler, dan sumber-sumber kehilangan energi panas pada boiler sehingga dapat dilakukan upaya tindak lanjut yang berdampak pada peningkatan efisiensi dan penghematan biaya operasional.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PLTU Unit 4 dengan boiler berbahan bakar gas untuk membandingkan data performa test boiler saat kondisi operasi selama lima bulan pada tanggal 21 Juli 2016, 16 Agustus 2016, 21 September 2016, 18 Oktober 2016, 30 Januari 2017 dengan beban 135 MW. Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi boiler dengan metode kehilangan panas. Setelah melakukan perhitungan, langkah selanjutnya menganalisis data dengan membandingkan efisiensi boiler dan mencari penyebab dari perbedaan dari efisiensi boiler. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar.1.



Gambar.1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Studi Literatur

Metode untuk menyelesaikan permasalahan penelitian ini dengan mempelajari dari referensi jurnal dan *manual book*. Perhitungan efisiensi mengenai perhitungan efisiensi boiler ASME PTC 4.1 Power Test Code Steam Generating Units.

2.2 Pengambilan Data

Data yang dibutuhkan untuk perhitungan efisiensi metode *indirect*:

1. Spesifikasi boiler
2. Analisis *ultimate* bahan bakar
3. Data orsat
4. Data analisis gas buang di air heater

2.3 Pengolaan Data

Pengolahan data kuantitatif dilakukan dengan menggunakan perhitungan efisiensi boiler metode *indirect*. Dalam melakukan uji boiler dilakukan dengan mengacu pada Standard ASME PTC 4.1 Power Test Code Steam Generating Units [4]. Perhitungan efisiensi dihitung dengan mengurangi bagian kehilangan panas dari 100 persen energi yang masuk sesuai dengan Persamaan.1.

$$\text{Efisiensi boiler} = 100 - (L1 + L2 + L3 + L4 + L5) \quad [\text{Persamaan.1}]$$

Keterangan:

L1 : Kehilangan panas karena gas buang kering (%)

L2 : Kehilangan panas karena adanya kandungan air dalam bahan bakar (%)

L3 : Kehilangan panas karena kadar air untuk membakar hidrogen dalam bahan bakar (%)

L4 : Kehilangan panas karena kandungan air dalam udara pembakaran (%)

L5 : Kehilangan panas disebabkan oleh radiasi dan konveksi (%)

Prosedur perhitungan efisiensi boiler metode *indirect* adalah sebagai berikut:

1. Teoritis kebutuhan udara untuk proses pembakaran dari analisis gas buang

$$\frac{[(11,6 \times C) + \{34,8 \times (\frac{H_2 - O_2}{8})\} + (4,35 \times S)]}{100} \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ bahan bakar} \quad [\text{Persamaan.2}]$$

Dimana C, H₂, O₂, dan S adalah persentase dari karbon, hidrogen, oksigen, dan sulfur yang berada pada bahan bakar.

2. Presentase kelebihan udara yang disuplai (EA) dari analisis gas buang

$$\% EA = \frac{O_2 \%}{21 - O_2 \%} \times 100 \quad [\text{Persamaan.3}]$$

3. Massa suplai udara aktual (ASS)

$$ASS = \left[1 + \frac{EA}{100} \right] \times \text{udara teoritis} \left[\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{ bahan bakar} \right] \quad [\text{Persamaan.4}]$$

4. Mencari massa aktual dari gas buang kering (m)

$$m = \text{massa CO}_2 + \text{massa SO}_2 + \text{massa N}_2 \text{ dalam bahan bakar} + \text{O}_2 \text{ dalam gas buang} + \text{N}_2 \text{ dalam udara suplai pembakaran} = \frac{C \times 44}{100} + \frac{S \times 64}{32} + \text{ultimate analysis nitrogen} + \frac{\text{persentase O}_2 \text{ gas buang} \times 28}{100} + \frac{\text{massa aktual udara (ASS)} \times 77}{100}$$

[Persamaan.5]

5. Kehilangan panas disebabkan oleh gas buang kering (L_{gas buang kering})

$$L_{\text{gas buang kering}} = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_a)}{GCV \text{ bahan bakar}} \times 100 \% \quad [\text{Persamaan.6}]$$

Keterangan:

m : massa hasil pembakaran kering dalam kg/kg bahan bakar

C_p : kalor jenis gas buang (kkal/kg)

T_f : temperatur gas buang (°C)

T_a : temperatur ambien (°C)

GCV : Gross Calorific Value bahan bakar (kkal/kg)

6. Kehilangan panas disebabkan oleh penguapan air yang terbentuk karena adanya hidrogen dalam bahan bakar (L_{hidrogen})

Oksigen dalam udara dapat terkomposisi dengan hidrogen pada bahan bakar sehingga menjadi air dan menguap. Kehilangan panas ini disebabkan oleh penguapan air dalam bahan bakar.

$$L_{\text{hidrogen}} = \frac{9 \times H_2 \times (584 + C_p (T_f - T_a))}{GCV \text{ bahan bakar}} \times 100 \% \quad [\text{Persamaan.7}]$$

Keterangan:

H₂ : presentase H₂ dalam 1kg bahan bakar

C_p : kalor jenis *superheated steam* (kkal/kg)

584 : panas laten sesuai dengan tekanan parsial uap air

7. Kehilangan panas disebabkan oleh kelembaban dalam udara pembakaran ($L_{\text{kelembaban udara pembakaran}}$)

$$L_{\text{kelembaban udara pembakaran}} = \frac{ASS \times \text{humidity} \times C_p \times (T_j - T_d)}{GCV \text{ bahan bakar}} \times 100\% \text{ [Persamaan.8]}$$

Keterangan:

ASS : massa suplai udara aktual (kg udara/kg bahan bakar)

C_p : kalor jenis *superheated steam* (kkal/kg)

8. Kehilangan panas disebabkan oleh radiasi (L_{radiasi})

Umumnya kehilangan panas pada permukaan dan kehilangan lain yang tidak terhitung biasanya diasumsikan berdasarkan jenis dan ukuran boiler ditunjukkan pada Tabel.1.

Tabel.2 Persentase Kehilangan Panas Akibat Radiasi

Jenis Boiler	L5 (%)
Boiler industri pipa api (<i>fire tube</i>)	1,5 - 2,5
Boiler industri pipa air (<i>water tube</i>)	2 - 3
Boiler pada pembangkit tenaga listrik	0,4 - 1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Efisiensi Metode Kehilangan Panas

Berdasarkan data penelitian pada objek studi Pembangkit Listrik Tenaga Uap, dilakukan perhitungan efisiensi boiler pada bulan Juli 2016, Agustus 2016, September 2016, Oktober 2016, dan Januari 2017 dengan menggunakan perhitungan kehilangan panas metode tidak langsung atau *indirect*. Pada Tabel.2 disajikan rincian *ultimate analysis* dari bahan bakar gas yang digunakan, serta Tabel.3 menunjukkan data analisis *boiler*.

Tabel.2 *Ultimate Analysis* Bahan Bakar Gas

Item	Nilai	Satuan
Karbon	76,19	%
Hidrogen	23,81	%
Nitrogen	0,00	%
Oksigen	0,00	%
Sulfur	0,00	%
Kelembaban bahan bakar gas	0,00	%
<i>Gross Calories Value</i>	13056,66	Kcal/Kg
<i>Humidity</i>	0,021	

Tabel.3 Analisis Data *Boiler*

Item	Nilai	Satuan
CO ₂	10,6	%
CO	0	%
O ₂	2,3	%
Temperatur gas buang (Tf)	121,33	°C
Temperatur (Ta)	31,1	°C
Cp gas	0,24	BTU/lb F
Cp Superheat Steam	2,62	kJ/kg K
SH Temp. Out	539,17	°C
SH outlet Press	126,9	kg/cm ²

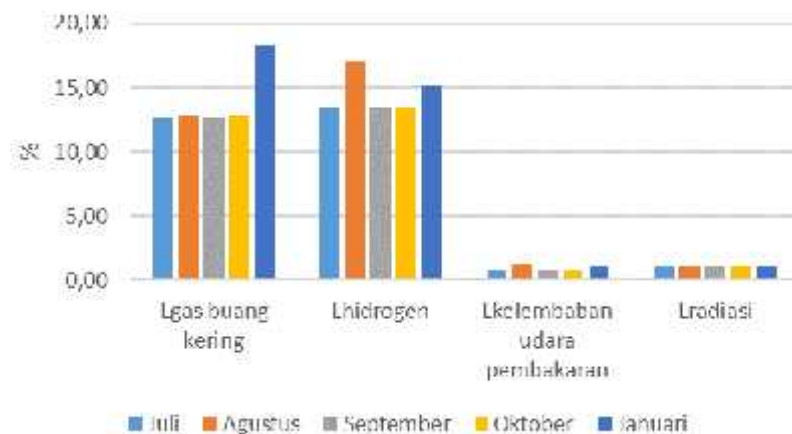
Panas laten tek. uap air	584	
--------------------------	-----	--

Berdasarkan hasil perhitungan, Tabel.4 menyajikan hasil perhitungan kehilangan panas dan efisiensi boiler pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap.

Tabel.4 Hasil Perhitungan Kehilangan Panas dan Efisiensi Boiler Metode *Indirect*

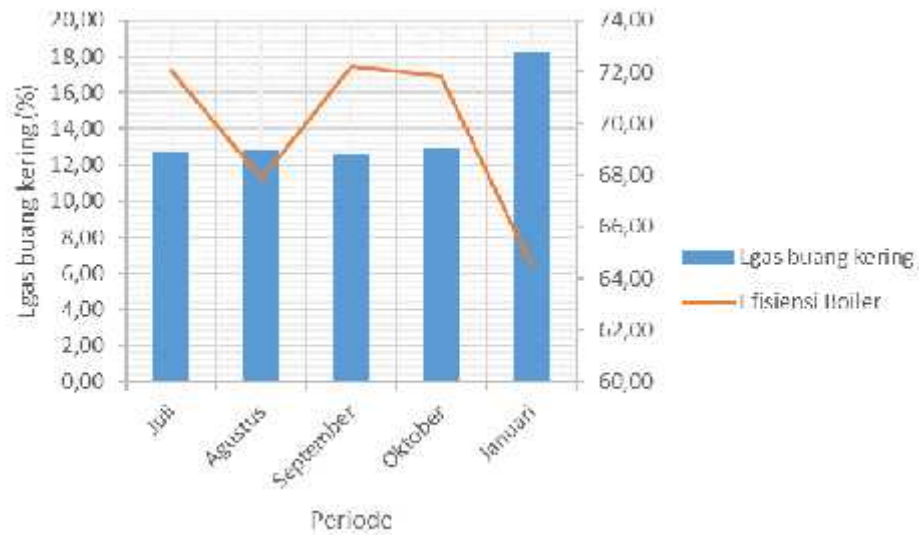
Bulan	Lgas buang kering	Lhidrogen	Lkelembaban udara pembakaran	Lradiasi	Efisiensi Boiler (%)
Juli	12,75	13,47	0,72	1	72,07
Agustus	12,79	16,96	1,36	1	67,88
September	12,63	13,43	0,72	1	72,22
Oktober	12,92	13,52	0,74	1	71,82
Januari	18,27	15,15	1,03	1	64,55

Pada perhitungan efisiensi boiler dengan menggunakan metode tidak langsung berdasarkan kehilangan panas, didapatkan bahwa penurunan efisiensi boiler disebabkan oleh faktor kehilangan panas, dimana kehilangan panas terbesar disebabkan oleh gas buang, serta kehilangan panas karena terdapat kandungan air pada proses pembakaran hidrogen. Gambar.2 menunjukkan perbandingan kehilangan panas pada boiler pada periode waktu tertentu. Persentase kehilangan panas bersifat fluktuatif, dimana kehilangan panas akibat gas buang kering berkisar antara 12,63% hingga 18,27%, kehilangan panas akibat hidrogen berkisar antara 12,43% hingga 16,96%, kehilangan panas akibat kelembaban udara pembakaran antara 0,72% hingga 1,26%, serta kehilangan panas akibat radiasi digunakan asumsi sebesar 1% berdasarkan kehilangan panas pada permukaan dan kehilangan lain yang tidak terhitung pada jenis boiler pembangkit listrik tenaga uap, yaitu dengan rentang 0,4% - 1%.



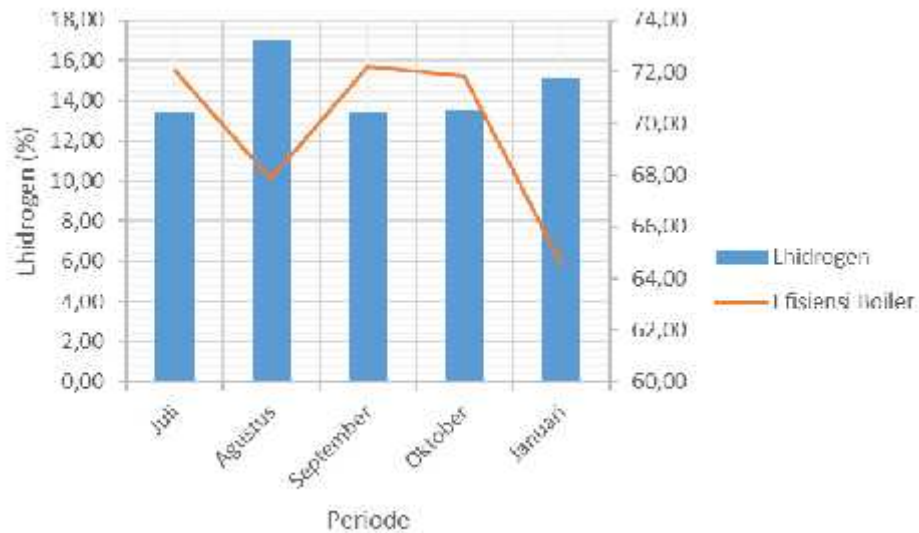
Gambar.2 Grafik Perbandingan Kehilangan Panas *Boiler* Metode *Indirect* per Bulan (2016-2017)

Gambar 2 menunjukkan grafik kehilangan panas gas buang kering, serta pengaruhnya terhadap efisiensi *boiler*. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui kehilangan panas akibat gas buang kering pada bulan Juli 2016 sebesar 12,75%, bulan Agustus 2016 sebesar 12,79%, bulan September 2016 sebesar 12,63%, bulan Oktober sebesar 12,92%, dan bulan Januari sebesar 18,27%. Kehilangan panas akibat gas buang kering mempengaruhi efisiensi boiler paling besar, dimana mencapai 18,27% pada bulan Januari 2017, yang berdampak pada penurunan efisiensi menjadi 64,55%.



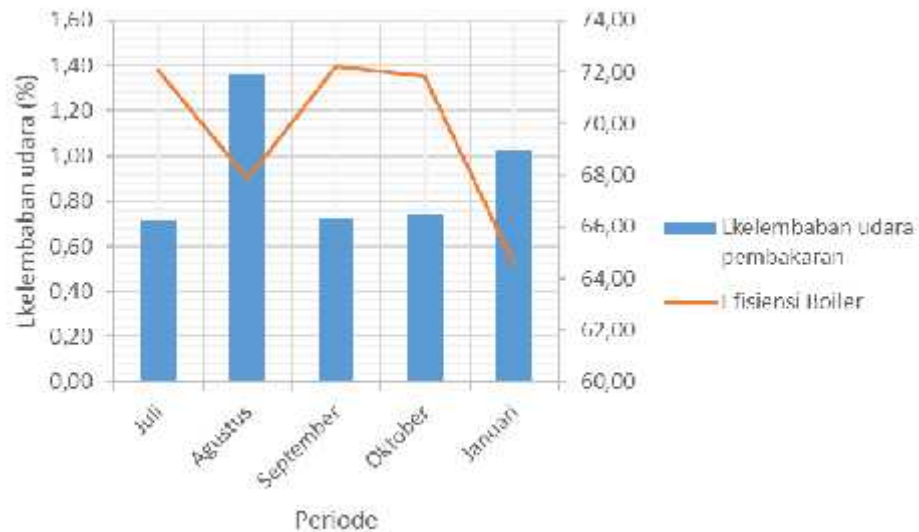
Gambar.4 Grafik Kehilangan Panas Gas Buang Kering dan Efisiensi Boiler per Bulan (2016-2017)

Grafik kehilangan panas akibat hidrogen pada bahan bakar, serta pengaruhnya terhadap efisiensi boiler disajikan pada Gambar.4. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui kehilangan panas akibat hidrogen pada bulan Juli 2016 sebesar 13,47%, bulan Agustus 2016 sebesar 16,96%, bulan September 2016 sebesar 13,43%, bulan Oktober sebesar 13,52%, dan bulan Januari sebesar 15,15%. Kehilangan panas akibat hidrogen mempengaruhi efisiensi boiler, dimana saat kehilangan panas akibat hidrogen paling tinggi, yaitu sebesar 16,96% pada bulan Agustus 2016 berdampak pada penurunan efisiensi menjadi 67,88%.



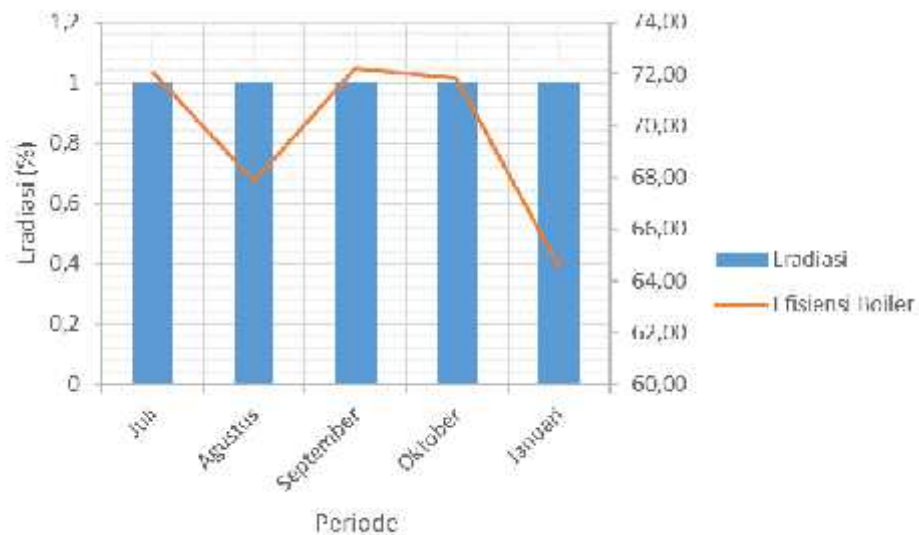
Gambar.5 Grafik Kehilangan Panas akibat Hidrogen Dalam Bahan Bakar dan Efisiensi Boiler per Bulan (2016-2017)

Grafik kehilangan panas akibat kelembaban udara pembakaran, serta pengaruhnya terhadap efisiensi boiler disajikan pada Gambar.5. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui kehilangan panas akibat kelembaban udara pembakaran pada bulan Juli 2016 sebesar 0,72%, bulan Agustus 2016 sebesar 1,36%, bulan September 2016 sebesar 0,72%, bulan Oktober sebesar 0,74%, dan bulan Januari sebesar 1,03%. Kehilangan panas akibat kelembaban udara pembakaran mempengaruhi efisiensi boiler, dimana saat kehilangan panas akibat hidrogen paling tinggi, yaitu sebesar 1,36% pada bulan Agustus 2016 berdampak pada penurunan efisiensi menjadi 67,88%.



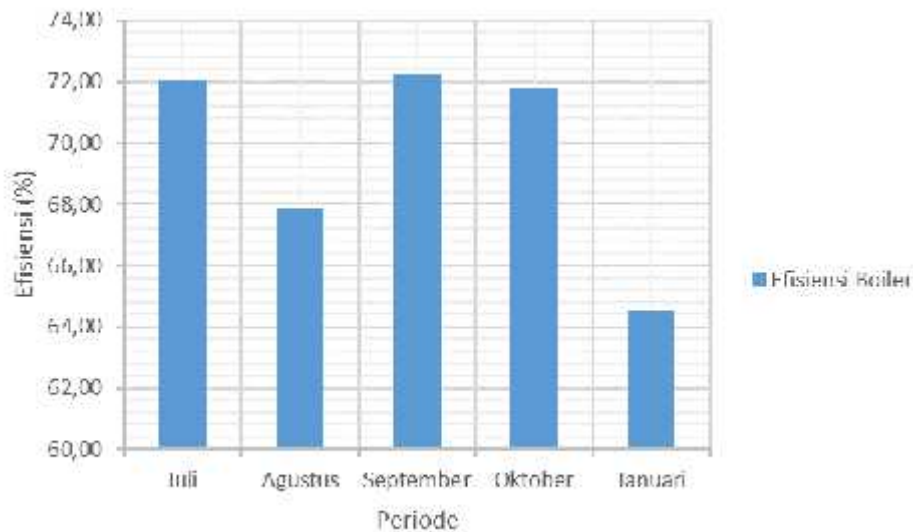
Gambar.6 Grafik Kehilangan Panas karena Kelembaban pada Bahan Bakar dan Efisiensi Boiler per Bulan (2016-2017)

Gambar.6 menyajikan hasil analisis kehilangan panas akibat radiasi. Kehilangan panas akibat radiasi digunakan asumsi sebesar 1% berdasarkan kehilangan panas pada permukaan dan kehilangan lain yang tidak terhitung pada jenis boiler pembangkit listrik tenaga uap, yaitu dengan rentang 0,4% - 1%.



Gambar.7 Grafik Kehilangan Panas akibat Radiasi Panas dan Efisiensi Boiler per Bulan (2016-2017)

Kehilangan panas sangat mempengaruhi efisiensi boiler. Setelah dilakukan analisis perhitungan efisiensi boiler, terjadi perubahan pada periode waktu tertentu. Gambar.7 menunjukkan efisiensi boiler pada bulan Juli 2016 sebesar 72,07%, bulan Agustus 2016 sebesar 67,88%, bulan September 2016 sebesar 72,22%, bulan Oktober 2017 sebesar 71,82%, serta bulan Januari 2017 sebesar 64,55%. Rata-rata efisiensi boiler pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap penelitian ini pada bulan Juli 2016 hingga Januari 2017 adalah sebesar 69,71%.



Gambar.8 Grafik Perubahan Efisiensi Boiler Per Bulan (2016-2017)

Berdasarkan analisis perhitungan efisiensi boiler, diketahui faktor kehilangan panas akibat gas buang kering boiler, dan kehilangan panas akibat kandungan hidrogen dalam bahan bakar paling mempengaruhi penurunan kinerja boiler.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari analisis hasil kajian perubahan efisiensi boiler pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan perhitungan metode tidak langsung berdasarkan kehilangan panas pada gas buang kering boiler, kehilangan panas akibat hidrogen dalam bahan bakar, kehilangan panas akibat kelembaban udara pembakaran, serta kehilangan panas akibat radiasi panas. Diketahui efisiensi boiler pada bulan Juli 2016 sebesar 72,07%, bulan Agustus 2016 sebesar 67,88%, bulan September 2016 sebesar 72,22%, bulan Oktober 2016 sebesar 71,82%, serta bulan Januari 2017 sebesar 64,55%. Efisiensi boiler dipengaruhi oleh faktor kehilangan panas, dimana semakin besar tingkat kehilangan panas, maka semakin rendah efisiensi boiler. Faktor kehilangan panas terbesar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap pada penelitian ini disebabkan oleh kehilangan panas pada gas buang kering, yaitu mencapai 18,27% pada bulan Januari 2017. Faktor lainnya yang mempengaruhi efisiensi boiler adalah tingginya persentase kehilangan panas yang disebabkan oleh kandungan air yang terdapat pada proses pembakaran unsur hidrogen, serta kehilangan akibat radiasi panas. Sebagaimana pada penelitian ini didapatkan kehilangan panas akibat hidrogen mencapai 16,96% pada bulan Agustus 2016, serta kehilangan akibat radiasi panas mencapai 1,36% pada Agustus 2016. Kehilangan panas pada boiler dapat dikurangi dengan menjaga faktor kebersihan pada permukaan tube boiler yang mempengaruhi proses perpindahan panas, dimana jika terdapat kerak, dan pengendapan kotoran pada tube boiler dapat mengakibatkan berkurangnya laju perpindahan panas, sehingga mempengaruhi tingginya temperatur gas buang, dan berdampak pada kenaikan kehilangan-kehilangan panas pada boiler.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. P. C. M. P. E. M. M. S. Krishnanunni, "Evaluation of Heat Losses in Fire Tube Boiler," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, pp. 301-305, 2012.
- [2] M. K. B. a. S. Nakkeeran, "Performance Analysis From The Efficiency Estimation of Coal Fired Boiler," *International Journal of Advanced Research*, vol. 2, pp. 561-574, 2014.
- [3] P. I. Dewata, "Analisa Teknis Evaluasi Kinerja Boiler Type IHI FW SR Single Drum Akibat Kehilangan Panas di Pltu PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik," 2011.
- [4] A. P. 4. (. method, "Boiler Efficiency calculation report by supplier of boiler Walchand Nagar industries Ltd," 2014.

ANALISIS KONTAMINASI AIR PADA *ELECTRO HYDRAULIC OIL SYSTEM* DI PLTU ADIPALA

Hawa Mulia, Benhur Nainggolan
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus Baru UI Depok, 16425, Indonesia
Tel: (62-21)7863530, Fax: (62-21)8763530
muliahawa2@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang kontaminasi air pada *electro hydraulic oil (EH oil) system* yang mengidentifikasi seberapa besar kandungan air pada oli dan apa saja pengaruhnya serta mengetahui pada bagian mana dari sistem tersebut yang menjadi pemicu meningkatnya kandungan air pada oli. Batas standar kandungan air di dalam oli sintetik sebesar 1000 ppm atau 1%. Namun, pada kenyataannya menunjukkan bahwa kadar air didalam oli pada sistem EH oil diatas batas aman yaitu 1947,8 ppm; 1749,8 ppm; 1419,5 ppm; 1167 ppm yang merupakan pengambilan sampel pada tanggal 9 Februari 2017 - 20 Februari 2017 dan akan terus bertambah nilainya jika tidak ada alat purifier. Semakin banyak kandungan air pada oli, semakin tinggi pula kadar asam yang terbentuk didalam oli. Akibatnya akan terjadinya korosif pada peralatan sistem EH Oil. Tujuan dari analisa ini untuk melakukan pencegahan dan kiat-kiat pemeliharaan untuk menurunkan intensitas kontaminasi air pada oli sehingga kinerja pada oli bertekanan tinggi untuk mengoperasikan katup-katup di turbin tidak terganggu. Studi ini dimulai dari pengambilan sampel oli di tangki EH Oil lalu diuji di laboratorium. Setelah mengetahui hasilnya, lalu dianalisa dan membuat prediksi dimana terdapat sumber masalah tersebut. Berdasarkan data hasil Analisa yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa diperlukan perbaikan dan perawatan pada sistem sehingga kadar kandungan air pada oli tinggi dan cenderung tidak stabil.

Kata Kunci: EH Oil, purifier, korosif, pemeliharaan

Abstract

This study discusses the contamination of water in *electro hydraulic oil (EH oil) system* that identifies how much water content in the oil and what are its effects and knows which part of the system triggers the increase in the oil content of the oil. The standard limit of water content in synthetic oil is 1000 ppm or 1%. However, in fact it shows that the water content in the oil on the EH oil system is above the safe limit of 1947.8 ppm; 1749.8 ppm; 1419.5 ppm; 1167 ppm which is sampling on February 9, 2017 - February 20, 2017 and will continue to increase in value if there is no purifier tool. The more the water content in the oil, the higher the acid content formed in the oil. The result will be a corrosive occurrence of EH Oil system equipment. The purpose of this analysis is to prevent and maintain maintenance tips to reduce the intensity of water contamination in the oil so that performance at high pressure oil to operate the valves in the turbine is not disturbed. This study started from oil sampling in the EH Oil tank and then tested in the laboratory. After knowing the results, then analyzed and made predictions where there is a source of the problem. Based on the results of data The analysis obtained can be concluded that the required repair and maintenance on the system so that the content of water content in oil is high and tend to be unstable.

Keywords: EH Oil, purifier, corrosive, maintenance

1.1 PENDAHULUAN

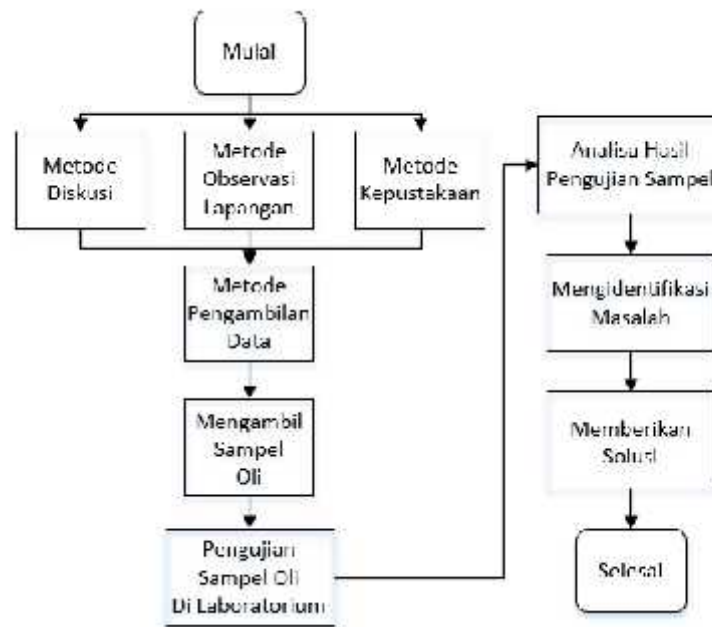
Kebutuhan listrik masyarakat Indonesia pada dewasa ini sangat tinggi. Pasokan listrik harus terjaga guna memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia. Penjagaan pasokan listrik dapat dilakukan dengan cara melakukan perawatan terhadap berbagai peralatan yang ada di bidang pembangkit listrik. Hal ini dilakukan guna menghindari permasalahan-permasalahan yang terjadi pada peralatan tersebut. Namun, pada kenyataannya permasalahan pada peralatan tidak dapat dihindari. Jika tidak segera diperbaiki, maka akan berakibat pada penurunan efisiensi dan daya keluaran pada unit tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengecekan dan perawatan secara berkala guna mencegah penurunan efisiensi dan daya. Ada beberapa peralatan utama unit pembangkit yang perlu mendapatkan perhatian khusus, seperti pompa, boiler, turbin dan kondensor. Namun, peralatan bantu juga termasuk peralatan *crusial* yang berguna untuk menunjang kinerja peralatan utama pada unit pembangkit, seperti halnya katup-katup pada turbin seperti *Main Steam Valve (MSV)*, *Reheat Steam Valve (RSV)*, *Intercept Valve (CV)*, *Governor Valve (GV)* dan *low pressure/high pressure (HP/LP) Control valve Boiler Feed Pump Turbine (BFPT)*. Jika katup-katup pada turbin tidak bekerja secara maksimal, maka putaran poros turbin untuk menghasilkan listrik akan terganggu.

Kinerja katup akan terganggu apabila penggerak pada katup turbin pada sistem *Electric Hydraulic Oil (EH oil)* mengalami gangguan. Oleh karena itu, kinerja pada katup turbin harus dalam keadaan siap beroperasi agar putaran poros turbin bisa bekerja maksimal.

Umumnya, masalah yang ada pada EH oil adalah oli terkontaminasi dengan air dan partikel pengotor. Menurut *handbook clean oil guide "svendborg : denmark"* jika oli pada EH oil terkontaminasi oleh air dapat menyebabkan: Menurunkan viskositas oli karena viskositas air lebih rendah dari oli[1], titik air jika berada di peralatan tekanan tinggi menyebabkan *pitting* dan *cavitation*, air dikatakan sebagai katalis terdegradasinya oli dengan kecenderungan membentuk endapan, serta air menyebabkan oli rusak seperti penguapan zat aditif didalamnya serta oli teroksidasi. Oleh karena itu, kandungan air yang terdapat pada oli harus dihilangkan dengan beberapa mekanisme seperti *purifier* pada oli. Terkontaminasinya oli oleh air dapat disebabkan oleh kebocoran pada perangkat *oil cooler*, dan juga bisa disebabkan oleh sifat oli itu sendiri yang *higroskopis* sehingga dapat menyebabkan **oli mengandung air**.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Mengetahui penyebab terkontaminasinya oli dan melakukan pencegahan agar oli tidak terkontaminasi oleh air, mengetahui penyebab menurunnya kinerja atau performa EH oil, serta memberikan solusi terhadap permasalahan yang terjadi didalam performa sistem EH oil.

1.2 METODOLOGI



Gambar.1 Flow Diagram Penyusunan Tugas Akhir

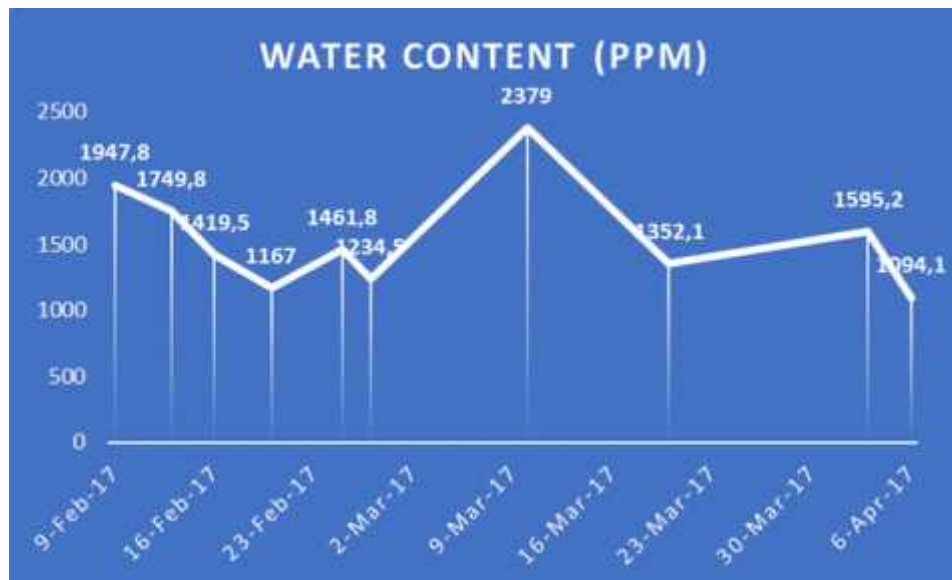
1.3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis awal yang dilakukan adalah dengan menguji sampel oli di Laboratorium dengan mengambil parameter seperti viskositas dan nilai kandungan air pada oli sintesis memperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel.1 Tribology Oli Sintesis sebelum pemasangan purifier

NO	DATE	EQUIPMENT	LOCATE	VISCOSITY			TAN (mg KOH/g)	WATER CONTENT (ppm)	STATUS	KETERANGAN
				Result	standard Deviation	Spec.				
1	09-Feb-17	EH Oil System	UNIT	43,5	10%-15%	46	0,653	1947,8	WARNING	REQ. LAB. KIMIA
2	13-Feb-17	EH Oil System	UNIT	42,3	10%-15%	46		1749,8	WARNING	REQ. HARMEK
3	16-Feb-17	EH Oil System	UNIT	40,3	10%-15%	46		1419,5	WARNING	REQ. UNIT
4	20-Feb-17	EH Oil System	UNIT	40,3	10%-15%	46		1167	WARNING	REQ. UNIT
5	25-Feb-17	EH Oil System	UNIT	40	10%-15%	46		1461,8	WARNING	REQ. UNIT
6	27-Feb-17	EH Oil System	UNIT	40,3	10%-15%	46		1234,5	WARNING	REQ. UNIT
7	10-Mar-17	EH Oil System	UNIT	40,7	10%-15%	46		2379	WARNING	MONITORING PDM
8	20-Mar-17	EH Oil System	UNIT	41,5	10%-15%	46		1352	WARNING	MONITORING PDM
9	03-Apr-17	EH Oil System	UNIT	40,8	10%-15%	46		1595,2	WARNING	MONITORING PDM
10	06-Apr-17	EH Oil System	UNIT	41,1	10%-15%	46	0,068	1094,1	WARNING	MONITORING PDM

Data pada Tabel.1 memiliki parameter seperti total acid number (TAN), water content dan viscosity. Saat rentan waktu bulan februari sampai dengan april hanya dilakukan beberapa pengujian nilai TAN dikarenakan reagent yang digunakan untuk dicampurkan kedalam oli jumlahnya terbatas. Pada tanggal 9 Februari 2017 nilai TAN tinggi yaitu 0,653 mg KOH/g sedangkan batas aman nilai TAN yaitu 0,2 mg KOH/g. kandungan asam yang ada pada oli harus segera dihilangkan Karena asam mempunyai sifat korosif. Pada parameter water content menjelaskan bahwa nilai kandungan air pada oli sangat tinggi, melebihi standar kandungan air pada oli di PLTU Adipala yaitu 1% setara dengan 1000 ppm.



Gambar.2 Grafik Kandungan Kontaminasi Air Pada Oli

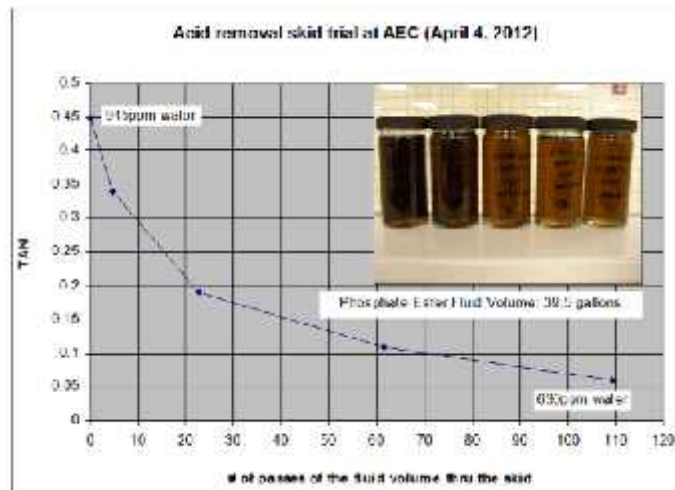
Pada Gambar.2 menjelaskan bahwa nilai kandungan air pada oli sangat tinggi yaitu melebihi 1000 ppm. hal ini perlu mendapatkan penanganan serius Karena mengingat semakin tinggi nilai kandungan air di dalam oli maka semakin besar peluang terbentuknya asam yang dapat merusak komponen-komponen yang ada pada sistem. Pada kasus seperti ini, diperlukannya alat purifier guna untuk menurunkan kadar air didalam air tersebut.

Pada tanggal 22 Maret 2017, pihak dari pemeliharaan mekanik melakukan pemasangan alat *purifier* pada sistem EH *oil*. Dan memulai proses pemurnian pada oli di dalam tangki pada tanggal 10 April 2017. Pada Tabel.2 menunjukkan bahwa pengujian sampel oli dilakukan setelah alat *purifier* terpasang pada sistem EH *oil*.

Tabel.2 Tribology Oli Sintetis sesudah pemasangan *purifier*

NO	DATE	EQUIPMENT	LOCATE	VISCOSITY			TAN (mg KOH/g)	WATER CONTENT (ppm)	STATUS	KETERANGAN
				Result	standard Deviation	Spec.				
1	10-Apr-17	EH Oil System	UNIT	38,9	10%-15%	46		667,8	NORMAL	REQ. HARMEK
2	13-Apr-17	EH Oil System	UNIT	42,7	10%-15%	46		589,9	NORMAL	REQ. HARMEK
3	16-Apr-17	EH Oil System	UNIT	40,9	10%-15%	46		638,8	NORMAL	REQ. HARMEK
4	18-Apr-17	EH Oil System	UNIT	40,6	10%-15%	46	0,016	327,5	NORMAL	REQ. HARMEK
5	20-Apr-17	EH Oil System	UNIT	40,5	10%-15%	46		454,7	NORMAL	REQ. HARMEK
6	24-Apr-17	EH Oil System	UNIT	43,1	10%-15%	46		362,9	NORMAL	REQ. HARMEK
7	27-Apr-17	EH Oil System	UNIT	42,5	10%-15%	46		379	NORMAL	REQ. HARMEK

Purifier yang terpasang pada sistem EH *oil* berfungsi untuk mengurangi kandungan air yang terdapat pada oli. Akan tetapi, berkurangnya jumlah kandungan air tidak membuat nilai *acid* yang terbentuk pada oli dapat berkurang. Untuk itu, diperlukan suatu alat yang mampu untuk mengurangi nilai dari *total acid number* (TAN) karena sifat asam itu sendiri yang akan membuat komponen menjadi korosi.



Gambar.3 Nilai TAN Pada *Phosphate Ester Fluid*

Maanfaat mereduksi kadar asam pada oli:

1. Memperlambat degradasi pada oli.
2. Memperlambat korosi.
3. *Servo-control* terlindungi.
4. Mengurangi kadar asam dapat memperpanjang umur fluida (oli).
5. Menghemat biaya karena harga oli sintetis sangat mahal.

SOLUSI

1. Periksa perangkat *oil cooler* untuk mengetahui ada/tidaknya indikasi kebocoran pada pipa air pada alat tersebut.
2. Diperlukannya alat untuk mereduksi kandungan asam pada oli sehingga perangkat pada sistem tersebut tidak mengalami korosif.
3. Inspeksi lapangan secara berkala untuk menemukan objek permasalahan pada suatu sistem.

1.4 KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kinerja *purifier* sangat diperlukan untuk menurunkan kadar air yang terkandung pada oli.
2. Semakin banyak air yang terkandung didalam oli, maka semakin besar juga nilai *acid* yang terbentuk pada oli.

1.5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Fyrquel® EHC Plus Electro-Hydraulic Control Fluid*. Amerika Serikat: ICL Industrial Product, 2016.
- [2] *TAN reduction in turbine systems Pall Sentry™ Fluid Treatment Skid*. New York: Pall Corporation, 2015.
- [3] *Fundamentals of machinery lubrication*. Amerika Serikat: Noria Skills Training.
- [4] *Modul Close Cycle Cooling Water System*. Cilacap: PLTU UJP Adipala, 2015.
- [5] *Modul Fyrquel® ICL Industrial products. Frequently Asked Questions*. Amerika Serikat: ICL Industrial Product, 2016.
- [6] *Modul Pengoperasian Electro Hydraulic*. Cilacap: PLTU UJP Adipala, 2015.
- [7] *The engineer's reference library*. Amerika Serikat: Power.
- [8] Zhao, Yuegang. *Oil Analysis Handbook for Predictive Equipment Maintenance*. Amerika Serikat: Spectro Scientific, 2014.

OPTIMALISASI PRODUKSI *DESALINATION PLANT* MSF PT.PJB UP MUARA TAWAR

Fathu Farizan, Gun Gun Ramdhan Gunadi

^{1,2}Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Kampus Baru UI Depok, 16425, Indonesia
Tel : (021) 7270036 , Fax: (021) 7270034
fathu.farizan@gmail.com

Abstrak

Desalination Plant adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengolah air laut menjadi air tawar melalui proses evaporasi dan kondensasi. Peran *desalination plant* sangat penting dalam menunjang keberlangsungan produksi listrik di dalam sistem PLTGU salah satunya untuk memproduksi uap dari air demin yang digunakan untuk HRSG dan memutar steam turbin. Untuk menjaga keberlangsungan operasi pembangkit listrik maka ketersediaan air tawar pun harus memadai agar tidak terjadi defisit air tawar dan keberlangsungan operasi pembangkit tetap handal. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti faktor-faktor yang menyebabkan produksi air tawar tidak maksimal dan bagaimana membuat produksi dapat kembali optimal. Metode penelitian yang dilakukan adalah analisa data dan pemecahan masalah dan dengan membandingkan data aktual dengan desain pabrikan untuk mengetahui efisiensi produksi saat ini dan menganalisis penyebab turunnya produksi berdasarkan data operasi dan pengamatan dilapangan. Dari penelitian didapatkan efisiensi produksi dan faktor – faktor yang menyebabkan tidak optimalnya produksi air tawar yang lebih rendah dari standar desain pabrik yaitu pengerakan, korosi, vakum yang buruk dan kualitas air laut. Untuk mengoptimalkan kembali produksi air maka disarankan melakukan pemeliharaan terhadap peralatan-peralatan yang mengalami *dearating* sehingga kinerja unit bisa handal kembali.

Kata kunci : *Desalination plant, optimalisasi, produksi air tawar*

Abstract

Desalination Plant is an equipment that serves to treat sea water into fresh water through evaporation and condensation process. The role of the *desalination plant* is very important in supporting the sustainability of electricity production in PLTGU systems, one of which is to produce steam from the demin water used for HRSG and turn the turbine steam. To maintain the continuity of power plant operation, the availability of fresh water must be sufficient so that there is no fresh water deficit and the continuity of the operation of fixed power plant. This research aims to examine the factors that cause the production of fresh water is not maximal and how to make the production can return maximum. The research method used is data analysis and problem solving and by comparing actual data with the manufacturer's design to know the current production efficiency and analyze the causes of production decline based on operational data and field observation. From the research, it is found that production efficiency and factors causing inferior freshwater production which is lower than the factory design standard that is scaling, corrosion, bad vacuum and sea water quality. To optimize the production of water, it is advisable to maintain the equipment Experiencing *dearating* sehingga performance unit can be reliable again

Keywords : *Desalination Plant, optimization, freshwater production*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

sistem PLTGU membutuhkan banyak sistem penunjang salah satunya adalah *desalination plant*. multistage flash (MSF) *desalination* adalah peralatan yang digunakan untuk menghasilkan air tawar melalui proses penguapan dan pengembunan. Prosesnya meliputi pendidihan air laut dan mengembunkan uap untuk menghasilkan air tawar. Energi yang diberikan selama penguapan dipulihkan didalam proses kondensasi[1]. karakteristik multi stage flash *desalination plant* adalah kapasitas tinggi, kehandalan, operasi yang sederhana dan kemurnian produksi tinggi. namun kekurangan tipe ini yaitu pengendapan kerak, pemakaian daya yang besar, emisi CO₂ tinggi (10 kg CO₂ / m³) air yang dihasilkan) dan efisiensi exergy rendah[2]. didalam sistem PLTGU peran air tawar sangat penting untuk menunjang keberlangsungan proses operasi salah satunya untuk menghasilkan uap di HRSG yang selanjutnya akan memutar steam turbin.

oleh karena itu, Optimalisasi operasi di unit desalination flash multistage sangat penting agar produksi air tawar dapat maksimal[1]. dengan keadaan unit desalination sekarang yang sudah tidak dapat memproduksi air tawar dengan optimal, dikhawatirkan dapat menyebabkan defisit air pada unit PLTGU dan dapat mengganggu keberlangsungan proses produksi listrik. penelitian ini bertujuan untuk meneliti faktor – faktor yang menyebabkan tidak optimalnya produksi air tawar pada desalination plant UP Muara Tawar berdasarkan data operasi dan pengamatan di lapangan yang telah dilakukan. meninjau serta membandingkan performa Desalination plant UP muara tawar saat ini dengan desain pabrikan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini terbagi ke dalam beberapa tahapan.

2.1. Deskripsi MSF desalination plant

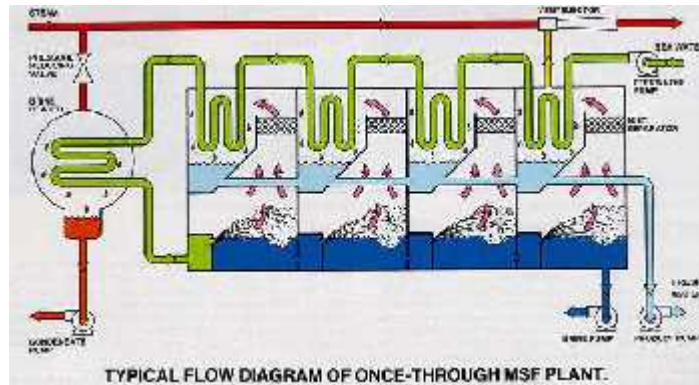
Desalination plant adalah peralatan yang digunakan untuk menghasilkan air tawar melalui proses penguapan dan pengembunan. Prosesnya meliputi pendidihan air laut dan mengembunkan uap untuk menghasilkan air tawar[1]. Metode desalinasi diklasifikasikan menjadi dua proses utama : termal dan tidak termal .termal destilasi melibatkan perubahan fasa yaitu multi-stage flash (MSF), vapor-compression (VC), and multi-effect (ME). Non termal proses tidak melibatkan perubahan fasa yaitu reverse osmosis (RO), electro-dialysis (ED) dan ion exchange (IE)[3] sebagai tambahan, desalination plants MSF salah satu unit desalination yang besar dan biasanya dipasangkan dengan pembangkit tenaga listrik. sisa panas dari pembangkit listrik biasanya digunakan untuk memanaskan air laut, dan juga menyediakan pendinginan untuk pembangkit listrik diwaktu yang sama[3].

2.2. Proses kerja Desalination plant MSF

Desalination yang digunakan oleh PLTGU Muara Tawar adalah tipe *One Through Multi Stage Flash Distillation* yang terdiri dari 20 stage. Air laut dari *Water Intake* dipompa oleh DSWP dengan tekanan 5-6 Bar, disaring oleh *Strainer* dari kotoran-kotoran yang ada kemudian menuju *Desalination Plant*. Air laut sebelum masuk kedalam *Flash Chamber* melalui *Tube-tube Condensor Evaporator* disaring terlebih dahulu oleh *Pre Filter* (2 buah), diinjeksi larutan kimia *Anti Scale* dan *Anti Foam*. Sebagian air laut digunakan untuk pendingin pada *Ejector Condensor* dan *Drain Cooler*. Air laut masuk melalui *Tube-tube Condensor Evaporator stage 20* menuju *Tube-tube Evaporator stage 1* lalu ke *Brine Heater* untuk dipanaskan dengan uap laten (uap kering).

Air laut kemudian masuk ke ruang penguapan pertama/ *First Stage Evaporator* sampai *Last stage Evaporator*. Sebagian air laut akan menguap jadi uap dan uap tersebut disaring oleh *Demister*. Uap yang mengandung banyak garam akan jatuh ke *Brine Chamber*. Uap yang bagus akan terkondensasi oleh *Tube-tube Condenser Evaporator* menjadi air. Air tersebut ditampung di *Destilate Chamber/Tray Condensasi* lalu mengalir ke *Disilate Tank* untuk di pompa ke *Raw Water Tank* dengan pompa *Destilate Pump* dengan *pressure* 4,5 Bar dengan ketentuan *Conductivity* < 20 $\mu\text{s/cm}$. Bila air tersebut *Conductivity* lebih dari 20 $\mu\text{s/cm}$ maka akan di *Dump ke Sea Water Discharge/* laut oleh katup *Destilate Level online Dump Valve*.

Air laut yang tinggi konsentrasinya/ banyak mengandung garam di *Brine Chamber* mengalir ke *Brine Blodown Tank* dan kemudian dipompa *Brine Blodown Pump* dibuang ke *Sea Water Discharge/* laut. Uap panas yang telah memanaskan air laut di *Brine Heater* terkondensasi menjadi air dan di tampung di *Condensate Tank*. Air tersebut akan dipompa oleh *Condensate Pump* dengan *Pressure* 4 bar melewati *Drain Cooler* untuk didinginkan dan selanjutnya kembali ke *Aux.Boiler*. Sistem *Vacum* terdiri atas *Ejector* dan *Ejector Condensor*. Fungsi *Vacum* adalah mempercepat proses penguapan di Modul/*Flash Chamber* agar tetap stabil. Besar tekanan uap untuk *Ejector* adalah 4,5 bar untuk membuat *Vacum* – 0,94 Bar Gauge[6].



Gambar.1 Alur proses desalinasi

Dalam pengambilan data, penyusun melakukan langkah-langkah pengambilan data sesuai yang diperlukan dalam proses penelitian baik itu data primer, sekunder maupun data pelengkap yaitu :

1. Analisa

Data – data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dan dibandingkan dengan standar yaitu berupa standart manual design. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah memberikan akar permasalahan dari kasus ini agar ditindak lebih lanjut. Dengan mengetahui akar permasalahan yang dihadapi akan dapat ditentukan metoda yang akan digunakan. Selain itu, analisa ini juga memberikan referensi tentang kondisi peralatan saat itu sehingga dapat ditentukan waktu dalam melakukan pemecahan masalah agar tidak terjadi kegagalan.

2. Pemecahan Masalah

Tindakan pemecahan masalah adalah sebuah kegiatan mencari solusi untuk mengoptimalkan kembali produksi *desalination plant*. Dalam melakukan pemecahan masalah terdapat metode – metode yang disesuaikan dengan penyebab. Dalam metode ini, dibutuhkan data guna menentukan lokasi secara detail penyebab menurunnya rate produksi yang kemudian diolah. Penentuan lokasi ini merupakan salah satu bentuk keefektifan dalam waktu sehingga penyebab dapat teratasi.

3. Pengambilan data

Daat yang diambil sesuai dengan yang terdapat di lapangan dan control room adalah sebagai berikut :

A. Spesifikasi *Desalination plant*

Spesifikasi *desalination plant* pada PLTGU Muara Tawar blok 1 menurut manual book adalah sebagai berikut [6] :

- Manufaktur:Sasakura Engineering Co.Ltd.
- Debit air masuk : 358 [m³/h]
- Temperature air masuk (cold) : 30 [0C]
- Temperature air keluar (hot) : 40 [0C]
- Top Brine temperature : 113 [0C]
- Temperature stage 1 : 107 [0C]
- Temperature Stage 20 : 40,7 [0C]
- Debit air distillate : 41,67 [m³/ h]
- Performance Ratio (GOR) : 6,0kg distillate / kg heating steam
- Brine heater shell Pressure : 1,0 [bar G]
- Debit air condensate : 6,8 [m³/h]

B. Data operasi pada 16 mei 2017

parameter	Hasil dan satuan	
<i>Sea water flow</i>	260	m ³ / h
<i>Sea water temperature</i>	36	°C
<i>Distilate water temperature</i>	41	°C
<i>Brine temperature</i>	96,6	°C
<i>Stage 1 temperature</i>	99,5	°C
<i>Stage 20 temperature</i>	43	°C
<i>Distilate flow</i>	25	m ³ / h
<i>Vacum pressure</i>	0,92	bar
<i>Condensate flow</i>	5,2	m ³ / h

Tabel.1 Data lapangan aktual 16 mei 2017 pukul 14:00 WIB

parameter	Hasil dan satuan	
<i>Sea water flow</i>	358	m ³ / h
<i>Sea water temperature</i>	30	°C
<i>Distilate water temperature</i>	40	°C
<i>Brine temperature</i>	113	°C
<i>Stage 1 temperature</i>	107	°C
<i>Stage 20 temperature</i>	40,7	°C
<i>Distilate flow</i>	41,67	m ³ / h
<i>Vacum pressure</i>	1	bar
<i>Condensate flow</i>	6,8	m ³ / h

Tabel.2 data design menurut manual book

C. Perhitungan Efisiensi Produksi

Produksi air dihitung berdasarkan kondisi operasi dan manual design.

$$W_{dc} = \frac{w_{br}}{w_{br}'} \times \frac{T_{max} - T_r}{T_{max}' - T_r'} \times W_{d'} \quad [\text{persamaan 1}]$$

Dimana :

W_{br} : Pengukuran *sea water flow rate* (Kg/hr)

W_{br}' : Design *sea water flow rate* (Kg/hr)

T_{max} : Pengukuran *top brine temperatur* (°C)

T_{max}' : Design *top brine temperatur* (°C)

T_r : Pengukuran *last stage brine temperature* (°C)

T_r' : Design *last stage brine temperature* (°C)

$W_{d'}$: Design *distillate flow rate* (m³/hr)

W_d : Penghitungan *distillate flow rate* (m³/hr)

W_s : *condensate flow* (m³/hr)

Data operasi 16 mei pukul 14 : 00 WIB

Dengan menyesuaikan data design manual book maka didapat :

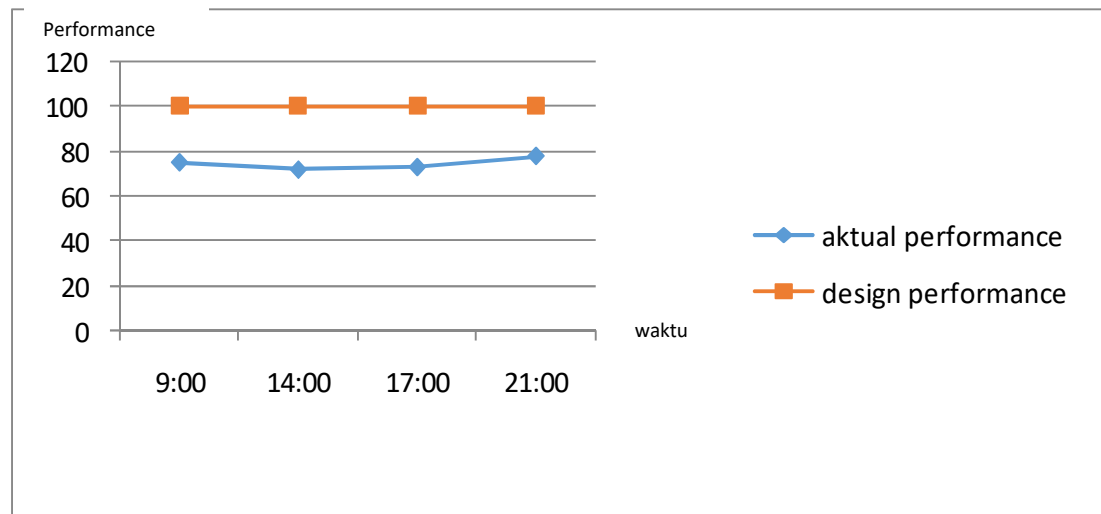
$$\begin{aligned} W_{dc} &= \frac{260}{358} \times \frac{96,6-43}{113-40,7} \times 41,67 \\ &= 0,00161 \times 260 \times (96,6 - 43) \\ &= 22,43696 \text{ [m}^3\text{/h]} \end{aligned}$$

$$\text{Performance ratio} = \frac{w_d}{w_s} = \frac{22,43696}{5,2} = 4,31$$

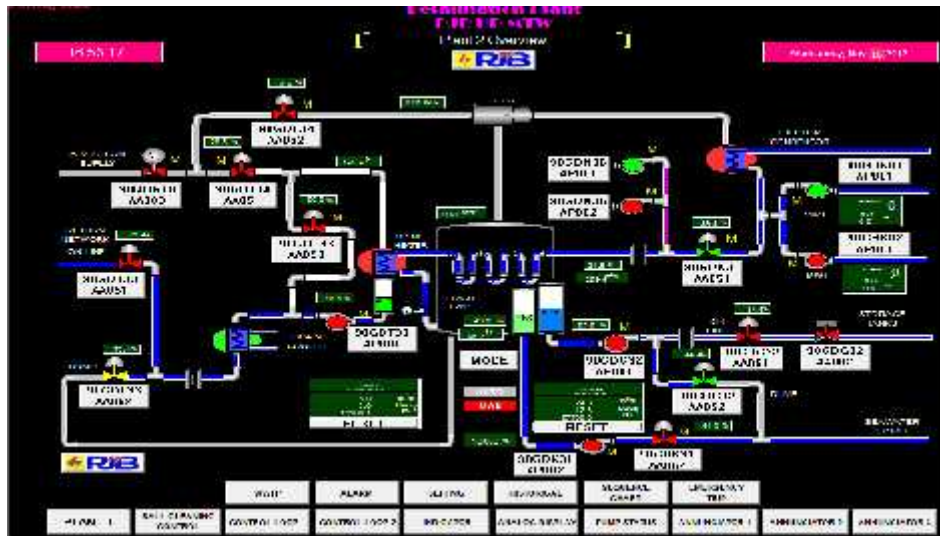
Performa Desalination plant adalah

$$\text{Presentase Performance Ratio} = \frac{4,31}{6} \times 100\% = 71,9\%$$

pengambilan data dilakukan selama satu hari penuh pada interval jam 00:00, 06:00, 09:00, 14:00, 17:00, 21:00. berdasarkan daily record operator pada tanggal 16 mei 2017. dan data – data operasi menurut *manual book Operation Desalination Plant*. dari grafik dibawah ini terlihat bahwa performance desal hanya mampu beroperasi sekitar 70% dari kemampuan optimalnya. hal ini dapat disebabkan oleh banyak faktor yang akan dijelaskan di bab selanjutnya.



Grafik. 1 data performance desalination plant keadaan aktual dibandingkan dengan desain



Gambar.2 data operasi desalination plant unit 2 16 mei 2017

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan teori dari manual book ada beberapa pra-anggapan dan fakta lapangan mengenai faktor yang dapat menyebabkan turunnya performa produksi yang berhubungan dengan kualitas air produksi, pola operasi dan dearating pada peralatan sistem sehingga produksi air tawar tidak dapat optimal diantaranya :

3.1 pra – anggapan turunnya performa produksi

Faktor – Faktor Penurunan Produksi Air destilasi

Pra-anggapan ini adalah pra-anggapan yang dibuat dengan mempertimbangkan dasar teori/prinsip kerja dari unit desalination plant UP. Muara Tawar yang tidak terlepas dari *manual book*. Sesuai dengan gambar diatas dapat diketahui bahwa terdapat beberapa bagian yang berhubungan dengan produksi air distillate. Oleh karenanya, pra-anggapan akan dibuat dari bagian-bagian tersebut. Berikut adalah beberapa anggapan/asumsi yang mempengaruhi beserta penjelasan singkat terhadap asumsi tersebut. Ada beberapa faktor yang menyebabkan performa *Desalination plant* yang telah menurun, penyebabnya merupakan fenomena yang lazim terjadi pada pengoperasian *Desalination plant* yaitu:

1. Banyaknya kerak di tube- tube

Air laut dapat menyebabkan pengerakan didalam sistem, pengerakan ini dapat menghambat perpindahan panas yang terjadi didalam sistem dan menghambat proses produksi. Fenomena pertama terjadinya pengerakan didalam pipa-pipa *Brine Heater* maupun didalam pipa-pipa air pendingin, pengerakkan di *Water Box*, di *Demister* atau pengerakkan pada kawat-kawat kasa *Mesh*, pengerakkan pada dinding-dinding dan bagian lantai disemua *Stage Evaporator*.



Gambar.3 kerak pada dinding main hole flash evaporator

2. faktor lingkungan

Dengan posisi *desalination* yang berada ditepi laut maka besar kemungkinan peralatan – peralatan pada sistem *desalination* akan mengalami korosif. terjadinya korosi pada seluruh pipa-pipa laluan air laut dan pipa pipa pendingin maupun dinding-dinding dan lantai didalam *Flash Chamber* atau *Flash Evaporator*, korosi yang menyerang rumah *Strainer* dan *Strainernya*, pompa-pompa *Sea Water Supply Pump*, dan Pompa *Brine Blow Down* maupun pada *Seal* dan *Impeller* pompa-pompa tersebut. hal ini dapat menyebabkan turunnya performa peralatan karena korosif



Gambar.4 gambar pompa dan pipa yang korosif

3. Kondisi vakum yang buruk

Fenomena ketiga kondisi *Vacuum* yang buruk akibat dari bocoran-bocoran udara luar yang masuk kedalam *Flash Evaporator*, hal ini disebabkan korosi yang menyerang ditempat sudut-sudut mati, lobang-lobang *Sight Glass*, pipa-pipa *Venting* yang menuju *Ejector*, *Valve-valve Drain* dan masih banyak tempat-tempat yang memungkinkan terjadinya kebocoran-kebocoran akibat korosi tersebut. Hal seperti itu akan menjadi beban yang sangat berat bagi *Ejector* sehingga semakin menurunkan kinerja *Ejector* dan semakin tidak efisien produksi kerja *Desalination plant* tersebut.

4. Kualitas air laut

dengan keadaan laut jakarta yang penuh dengan sampah maka otomatis TDS (*total disolved solid*) air laut akan tinggi.jika masuk kedalam sistem *desalination* maka akan berakibat buruk bagi peralatan sistem desal. menumpuknya polutan – polutan yang mencemari *sea water supply*. Polutan tersebut berupa lumpur yang mencemari air laut dan kerang yang menghambat aliran air laut.



Gambar.5 banyaknya sampah yang mencemari air laut

3.2 Pembersihan pada Sistem Desalinasi

Agar produksi desalination plant dapat kembali optimal maka harus dilakukan pemeliharaan dan rekondisi peralatan agar dapat kembali beroperasi dengan kapasitas optimal. Ada tiga metode membersihkan sistem desalinasi, yaitu *Mechanical Cleaning*, *ball cleaning system* dan *Acid Cleaning*.

1. Melakukan *mechanical cleaning*

yaitu melakukan pembongkaran dan pembersihan terhadap peralatan terkait yang bertujuan untuk mengembalikan performa peralatan tersebut, biasanya dilakukan pembongkaran atau penggantian jika peralatan tersebut sudah tidak layak.



Gambar.6 pembongkaran pada sea water strainer

2. Menjalankan *ball cleaning system*

Ball cleaning system adalah sistem pembersih tube - tube sisi air pendingin pada evaporator dengan menggunakan sarana pembersih berupa bola - bola spons plastik yang disebut bola *taproge* dengan cara mensirkulasikan bola - bola tersebut bersama air laut. Bila pipa air pendingin dinyatakan kotor, maka *sistem Ball cleaning* dioperasikan. Untuk keperluan ini, pada saluran air pendingin keluar di pasang semacam saringan berengsel yang terdiri 2 bagian seperti layaknya sepasang daun pintu teralis. Perangkat ini disebut *catcher* yang berfungsi untuk menangkap bola - bola *Ball cleaning system* agar tidak ikut terbuang ke *outfall*. Pada unit Desalination plant PLTGU Semarang sistem *ball cleaning* tidak dapat dioperasikan karena ukuran bola *taporage* tidak terdapat di pasaran Indonesia.

3. sistem *acid cleaning*

Acid Cleaning dipakai untuk membersihkan *Brine Heater* dan *Stage-Stage Evaporator*.

Saat ini pembersihan menggunakan *Acid Cleaning* sudah tidak pernah dilakukan lagi karena seringnya terjadi kegagalan dalam pembersihan dan berdampak buruk bagi unit desalinasi karena larutan yang digunakan dapat merusak pipa-pipa.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa penelitian turunya performa produksi desalination plant maka disimpulkan sebagai berikut :

-) Performa desalination plant unit 2 saat ini hanya mampu beroperasi sekitar $\pm 70\%$ dari kemampuan desain pabrik.
-) Penurunan performa produksi *Desalination plant* disebabkan oleh beberapa faktor,yaitu :
 - terjadinya pengerakan (scaling) pada pipa – pipa brine heater, demister dan stage – stage dalam evaporator.
 - Kedua, terjadinya korosi pada seluruh pipa-pipa laluan air laut dan pipa pipa pendingin maupun dinding-dinding dan lantai didalam *Flash Chamber* atau *Flash Evaporator*.
 - Ketiga, kondisi Vacuum yang buruk akibat dari bocoran-bocoran udara luar yang masuk kedalam Flash Evaporator akibat korosi yang menyerang ditempat sudut-sudut mati, pada bibir, lobang-lobang Sight Glass dan pipa-pipa Venting yang menuju Ejector.
 - Keempat, menumpuknya polutan – polutan yang mencemari sea water supply. Polutan tersebut berupa lumpur yang mencemari air laut dan kerang yang menghambat aliran air laut.
-) Untuk mengembalikan performa *desalination plant* maka perlu dilakukan rekondisi dan perbaikan terhadap peralatan – peralatan yang mengalami penurunan performa.agar kinerja peralatan dapat kembali maksimal dan produksi air tawar pun dapat kembali optimal.pola pengopersian pun juga harus baik.
-) Dengan optimalnya produksi air tawar maka kelangsungan operasi dan kehandalan unit pembangkit dapat terjaga dan tidak mengalami defisit air tawar.

Daftar Pustaka

- [1] S.A. Abdul-Wahab , J. Abdo, "Optimization of multistage flash desalination process by using a two-level factorial design" *Applied Thermal Engineering*, vol. 27, pp. 413–421,2006.
- [2] Al-Weshahia A.Mohammed, Tian Guohong, Anderson Alexander," Performance enhancement of MSF desalination by recovering stage heat from distillate water using internal heat exchanger" *Energy Procedia*, Vol. 61,pp. 381 – 384,2014.
- [3] Aminian Ali, " Prediction of temperature elevation for seawater in multi-stage flash desalination plants using radial basis function neural network" *Chemical Engineering Journal*,Vol. 162,pp. 552–556,2014.
- [4] Operation Manual for Desalination plant , Sasakura Engineering

8 TEKNOLOGI ALAT BERAT DAN OTOMOTIF

9 HUMANIORA

OPTIMALISASI SISTEM PERENCANAAN ANGGARAN MID TERM PLANNING

Dimas Teguh Andiprabowo¹, Tri Widjatmaka², Nur Alamsah Putra³
¹Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen
²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta
³Plant Controlling, Finance & Controlling Department, PT Holcim Indonesia Tbk
[¹dimasteguh08@gmail.com](mailto:dimasteguh08@gmail.com)
[²widjatmaka@gmail.com](mailto:widjatmaka@gmail.com)
[³nur.alamsahputra@lafargeholcim.com](mailto:nur.alamsahputra@lafargeholcim.com)

Abstrak

Anggaran merupakan salah satu alat penting suatu perusahaan dalam mencapai tujuannya. Mid Term Planning merupakan suatu proses perencanaan untuk menentukan anggaran biaya produksi dari suatu perusahaan dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi target perusahaan. Di PT Holcim Indonesia, Tbk. hasil dari perencanaan anggaran ini selanjutnya dipresentasikan kepada Executive Committee Regional untuk dilakukan analisis. Terdapat proses adjustment biaya. Hal ini dilakukan terhadap 42 pusat biaya dengan 274 cost element. Permasalahan yang terjadi adalah durasi yang lama pada proses penganggaran karena dilakukan melalui seluruh cost center dan kalkulasi penyesuaian biaya karena dilakukan secara manual terhadap seluruh pusat biaya. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan fungsi formula dalam Microsoft Excel untuk mengautomasi sistem perencanaan anggaran. Didapatkan hasil berupa mempersingkat waktu pengerjaan laporan 15A Budget MTP sebesar 87.27% dan waktu pengerjaan adjustment sebesar 57.86%.

Kata kunci: Perencanaan, Anggaran, dan Pusat Biaya

Abstract

Budget is one important tool of company to achieve its aim. Mid Term Planning is one of planning process to determine the budget of production cost of a company by considering the factors which influencing company's goal. In Holcim Indonesia, Ltd. the result of budgeting process is presented to Regional Executive Committee to be analysed. There is cost adjustment process. It is done to the 42 cost centers with 274 cost elements. The problems are the long duration of budgeting process which has been done through all cost centers and calculation of adjustment process which is done manually for all cost centers. This research is aimed to use the formula function in Microsoft Excel to automatize the budgeting process. We got results the decreasing working time of 15A Budget MTP report for 87.27% and decreasing working time of adjustment process for 57.86%.

Keywords: Planning, Budget, and Cost Center

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu fungsi dari bagian Plant Controlling adalah merencanakan anggaran biaya produksi untuk periode 3 tahun produksi. Proses ini disebut dengan Mid Term Planning. Sumber data perencanaan anggaran biaya ini adalah Technical Data, Purchase Price List, Alternative Fuel and Raw Material (AFR) Revenue, Maintenance Financial Planning, Personnel Cost, Security Cost, Company Insurance, Transportation, dan Taxes. Data dikalkulasikan menjadi biaya per cost center. Proposal yang diajukan oleh tiap cost center akan diolah secara per-plant kedalam format laporan 15A Budget MTP.

Dalam pelaksanaannya, laporan 15A Budget MTP di-riview oleh Executive Committee Regional dan dilakukan penyesuaian biaya jika diperlukan. Penyesuaian biaya dilakukan dengan mengubah sumber data pendukung ataupun melakukan adjustment biaya langsung. Namun penyusunan laporan anggaran biaya format 15A Budget MTP akan membutuhkan banyak waktu jika dilakukan melalui seluruh cost center. Dengan memanfaatkan formula pada Microsoft Excel, dapat dibuat rumus perhitungan anggaran dalam format laporan 15A Budget MTP untuk mempercepat proses pembuatan laporan 15A Budget MTP dan membuat proses adjustment per cost center menjadi lebih mudah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang terjadi sebagai berikut:

1. Pembuatan laporan anggaran biaya *15A Budget MTP* masih melalui semua *cost center* sehingga berdampak pada durasi waktu pengerjaan yang lama.
2. Revisi penyusunan anggaran terhadap *cost center* dan *cost element* masih dilakukan secara manual.
3. Sulit untuk dilakukan telusur data (*adjustment* dilakukan dengan memasukkan angka mati).

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan proses perencanaan anggaran biaya produksi dengan membuat rumusan sumber data perencanaan pada format laporan *15A Budget MTP* dan membuat rumusan *adjustment* biaya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Root Cause Analysis (RCA)

Pembuatan RCA bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan dengan menjabarkan dan menganalisis permasalahan. Tahapan pembuatan RCA yang pertama yaitu mengidentifikasi permasalahan dengan menjawab apa, di mana, kapan, dan berapa banyak kerugian yang ditimbulkan. Kedua, menganalisis setiap penyebab dengan menanyakan pertanyaan kenapa sehingga ditemukan penyebab dari setiap penyebab masalah sampai pada kondisi tidak dapat dilanjutkan. Ketiga, membuat solusi berdasarkan hasil analisis dengan tahapan *brainstorming*, *TPN analysis*, *Matrix Analysis*, sampai mendapatkan solusi terbaik.

2.2 Perancangan

Setelah dipilih solusi terbaik, dibuat perancangan dari solusi terbaik yaitu dilakukan pembuatan rumus baru pada laporan format *15A Budget MTP* dan pembuatan formula untuk proses *adjustment* biaya.

2.3 Uji Coba

Penyusun melakukan simulasi proses perencanaan anggaran dengan membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk metode yang sudah ada dengan penggunaan hasil dari perancangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

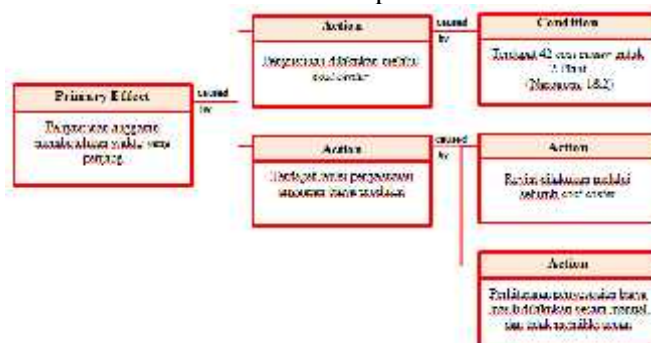
Kecepatan waktu pengerjaan perencanaan anggaran diukur dengan banyaknya waktu yang diperlukan untuk menghasilkan laporan format *15A Budget MTP*. Berikut tahapan identifikasi permasalahan sebagai langkah pertama pembuatan RCA.

3.1 Root Cause Analysis (RCA)

Root Cause Analysis dibuat berdasarkan hasil diskusi. RCA dibuat untuk mendapatkan akar masalah dari permasalahan yang didapat. Pembuatan RCA dibatasi pada proses perencanaan anggaran biaya yang menjadi tanggung jawab *Plant Controlling*. Berikut tahapan pembuatan RCA:

1. Menentukan Akar Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah didapatkan maka dibuat analisa untuk menentukan akar permasalahannya. Penentuan akar masalah diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Root Cause Analysis* (RCA)

2. Menentukan Solusi

Berdasarkan RCA maka ditemukan akar masalah dan solusinya (Gambar 2) sebagai berikut:

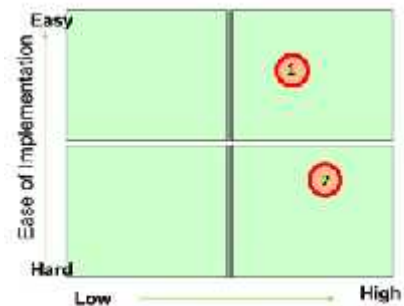


Gambar 2. Solusi dari Setiap Akar Masalah

Setelah mendapatkan akar masalahnya, tahapan selanjutnya adalah menentukan solusi dari akar masalah tersebut. Tahapan menentukan solusi yang pertama yaitu *brainstorming* atau diskusi. Tahapan kedua adalah membuat TPN (*Total, Partial, None*) *analysis* yang diberikan pada Tabel 1. Tahapan ketiga adalah *matrix analysis* yang diberikan pada Gambar 3.

No	Solusi	T	P	N
1	Membuat rumus perhitungan langsung pada 15A Budget MTP			
2	Membuat rumus adjustment dengan basis proporsi budget			

Tabel 1. TPN Analysis



Gambar 3. Matrix Analysis

3.2 Perancangan

Setelah dilakukan analisa dan mendapatkan solusi dari permasalahan yang terdapat di laporan termal kiln, berikut pratinjau dan perancangan untuk setiap solusi yang didapatkan.

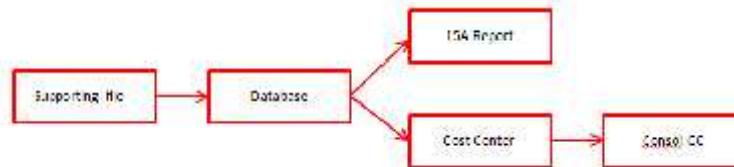
1. Membuat Rumus Perhitungan langsung pada 15A Budget MTP

Nilai biaya yang tercantum dalam laporan 15A Budget MTP merupakan nilai dari perhitungan consol tiap area (*Raw Material Extraction, Raw Material Preparation, Raw Meal Preparation, Clinker Production, Cement Grinding dan Auxiliary*). Nilai consol ini didapatkan dari perhitungan biaya tiap *cost center* yang terdapat pada area tersebut. Dengan mengumpulkan perhitungan setiap *cost element* untuk setiap *cost center* dalam periode setiap bulan untuk satu area proses produksi maka dapat dibuat *database* biaya anggaran dalam format area tanpa melalui *cost center*.

Biaya yang didapatkan bersumber dari *Technical Data, Purchase Price List, Alternative Fuel and Raw Material (AFR) Revenue, Maintenance Financial Planning, Personnel Cost*, dan data penunjang lainnya. *Technical data* dan *Purchase Price List* digunakan sebagai sumber perhitungan biaya penggunaan bahan baku, listrik, dan bahan bakar. *Alternative Fuel and Raw Material (AFR) Revenue* digunakan untuk mengetahui biaya penggunaan bahan bakar pada proses produksi klinker, juga digunakan untuk mengetahui pendapatan dari penggunaan bahan bakar alternatif. *Maintenance Financial Planning* digunakan sebagai sumber data perhitungan biaya perawatan mesin dan biaya material perawatan mesin. *Personnel Cost* digunakan sebagai sumber data untuk mengitung biaya seluruh pekerja.



Gambar 4. Alur Pembuatan Laporan 15A Budget MTP (Sebelum Optimalisasi)



Gambar 5. Alur Pembuatan Laporan 15A Budget MTP (Setelah Optimalisasi)

Pengambilan data dari sumber data ke dalam *database* digunakan formula LOOKUP pada Microsoft Excel. Nilai yang diambil merupakan nilai dari *cell* yang digunakan sebagai *reference*. Dalam hal ini yang digunakan sebagai *reference* adalah *cost center* dan *cost element*.

```

    =IFERROR(VLOOKUP($B72,!(Maintenance_Finplan_Input_2017_H2)!(REG 2017)!(SA$2:SAF$44,1,0),0)*IFERROR(VLOOKUP(C$71,!(Maintenance_Finplan_Input_2017_H2)!(Cost_Material_pricing_15A)!(SA103:SA103,5,0),0)
  
```

Gambar 6. Rumus pada file database

Format *database* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Variable cost												
Copier cost												
Electric Energy Variable												

Gambar 7. Database biaya per area

Data pada database selanjutnya digunakan sebagai sumber data dalam pelaporan anggaran biaya produksi dalam format *15A Budget MTP* dengan cara merumuskan *consol* pada laporan tersebut. Berikut rumus *consol* untuk setiap area:

1. *Consol Raw Material Extraction* Narogong 1

$$(10110 + 10140 + 10150) * \frac{\text{vol LS N1}}{\text{vol LS NAR}} + (10120) * \frac{\text{vol Silica N1}}{\text{vol Silica NAR}} + (10130) * \frac{\text{vol Shale N1}}{\text{vol Shale NAR}}$$

[Persamaan 1]

2. *Consol Raw Material Extraction* Narogong 2

$$(10110 + 10140 + 10150) * \frac{\text{vol LS N2}}{\text{vol LS NAR}} + (10120) * \frac{\text{vol Silica N2}}{\text{vol Silica NAR}} + (10130) * \frac{\text{vol Shale N2}}{\text{vol Shale NAR}}$$

[Persamaan 2]

3. *Consol Raw Material Preparation* Narogong 1:

$$(20110) + (20120) * \frac{\text{Prod.Silica N1}}{\text{Prod.Silica NAR}} + (20130) * \frac{\text{Prod.Silica N1}}{\text{Prod.Silica NAR}} + (20150) * \frac{\text{Prod.LSN1}}{\text{Prod.LSNAR}}$$

[Persamaan 3]

4. *Consol Raw Material Preparation* Narogong 2:

$$(20111) + (20120) * \frac{\text{Prod.Silica N2}}{\text{Prod.Silica NAR}} + (20130) * \frac{\text{Prod.Silica N2}}{\text{Prod.Silica NAR}} + (20150) * \frac{\text{Prod.LSN2}}{\text{Prod.LSNAR}}$$

[Persamaan 4]

5. *Consol Raw Meal Preparation* Narogong 1:

$$(30111) + (X0111) + (X0101) * \frac{\text{Prod.RMeal N1}}{\text{Prod.RMeal NAR}}$$

[Persamaan 5]

6. *Consol Raw Meal Preparation* Narogong 2:

$$(30121) + (X0121) + (X0101) * \frac{\text{Prod.RMeal N2}}{\text{Prod.RMeal NAR}}$$

[Persamaan 6]

7. *Consol Clinker Production* Narogong 1:

$$(40110) + (L0110) + (V0100) + (V0102) + (V0103) + (AUX) * 0.5 * 0.7$$

[Persamaan 7]

8. *Consol Clinker Production* Narogong 2:

$$(40120) + (L0120) + (V0101) + (V0104) + (AUX) * 0.5 * 0.7$$

[Persamaan 8]

9. *Consol Cement Grinding* Narogong 1:

$$(50110) + (K0110) * \frac{\text{Prod.CEMENT N1}}{\text{Prod.CEMENT NAR}} + (AUX) * 0.5 * 0.3$$

[Persamaan 9]

10. *Consol Cement Grinding* Narogong 2:

$$(50120) + (K0110) * \frac{\text{Prod.CEMENT N1}}{\text{Prod.CEMENT NAR}} + (AUX) * 0.5 * 0.3$$

[Persamaan 10]

Berikut hasil dari rumus consol pada laporan format 15A Budget MTP.

No Material				Kategori Material				Uraian Material				Uraian Pekerjaan			
No	Uraian	Volume	Uraian	No	Uraian	Volume	Uraian	No	Uraian	Volume	Uraian	No	Uraian	Volume	Uraian
001	Batu	1000	001	001	Batu	1000	001	001	Batu	1000	001	001	Batu	1000	001
002	Pasir	2000	002	002	Pasir	2000	002	002	Pasir	2000	002	002	Pasir	2000	002
003	Semen	500	003	003	Semen	500	003	003	Semen	500	003	003	Semen	500	003

Gambar 8. Format laporan 15A Budget MTP

Sebelumnya, penyusunan anggaran biaya harus melalui 42 *cost center* dengan cara membuka seluruh file *cost center* dan file sumber data sehingga hal ini membutuhkan banyak waktu dan beresiko putusnya link dari sumber data.

Nama	Date modified	Type	Size
07A_07B4.tmp	11/20/2016 10:52 AM	Temp File	5,403 KB
0800_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0801_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,561 KB
0802_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0803_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0804_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0805_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0806_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0807_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0808_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0809_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0810_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0811_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0812_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0813_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0814_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0815_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0816_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0817_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0818_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0819_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
0820_MTP17	11/20/2016 10:50 AM	Microsoft Excel W...	15,560 KB
Maintenance_Finglar_inpur_2017	11/28/2016 11:58 PM	Microsoft Excel 97...	584 KB

Gambar 9. File Cost Center Auxiliary

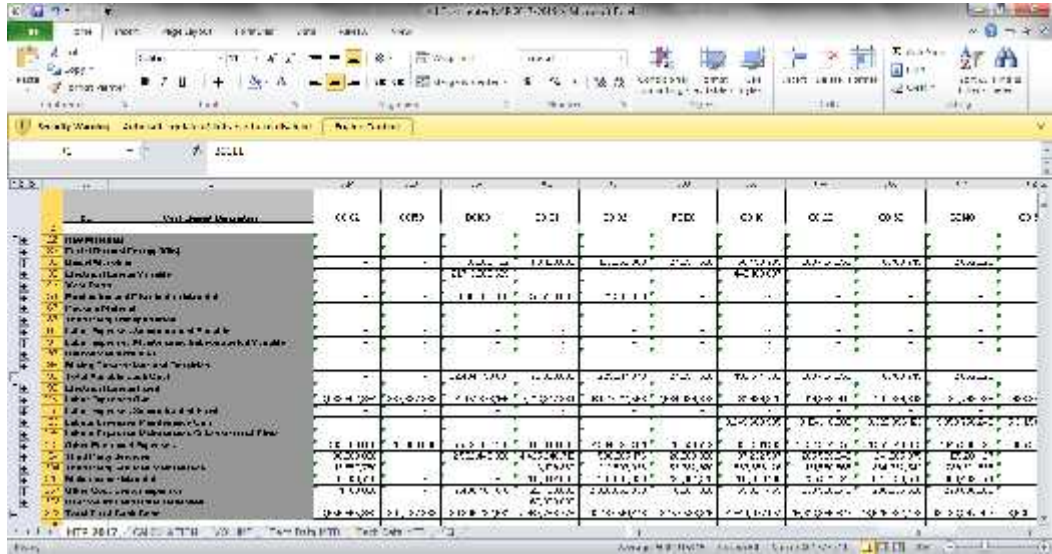
Nama	Date modified	Type	Size
40110_MTP17	11/21/2016 11:46 ...	Microsoft Excel W...	7,136 KB
40111_MTP17	11/21/2016 11:47 ...	Microsoft Excel W...	7,141 KB
CSU.KILN.N4R1.MTP17	11/21/2016 10:48 AM	Microsoft Excel W...	3,104 KB
CSU.KILN.N4R2.MTP17	11/21/2016 10:48 AM	Microsoft Excel W...	129 KB
40112_MTP17	11/21/2016 11:46 ...	Microsoft Excel W...	7,136 KB
40113_MTP17	11/21/2016 11:46 PM	Microsoft Excel W...	7,137 KB
Maintenance_Finglar_inpur_2017	11/28/2016 11:58 PM	Microsoft Excel 97...	584 KB
40114_MTP17	11/21/2016 11:45 PM	Microsoft Excel W...	7,136 KB
40115_MTP17	11/21/2016 11:45 PM	Microsoft Excel W...	7,136 KB
40116_MTP17	11/21/2016 11:45 PM	Microsoft Excel W...	7,136 KB
40117_MTP17	11/21/2016 11:45 PM	Microsoft Excel W...	7,136 KB

Gambar 10. File Cost Center KILN

2. Membuat Rumus Adjustment dengan Basis Proporsi Budget

Penyesuaian biaya (terutama *fixed cost*) dilakukan dengan memasukkan nilai tanpa mempertimbangkan file pendukung. Penyesuaian ini sebelumnya dilakukan dengan menghitung secara matematis dan mengalokasikan untuk *cost center* tertentu dengan melihat biaya yang ada pada *cost center* tersebut. Rumus *adjustment* dibuat untuk menghindari alokasi biaya yang tidak merata.

Penghimpunan *budget* seluruh *cost center* dengan menggunakan formula LOOKUP dilakukan sebagai acuan penentuan proposi per *cost center*.



Gambar 11. Penghimpunan budget tiap *cost center*



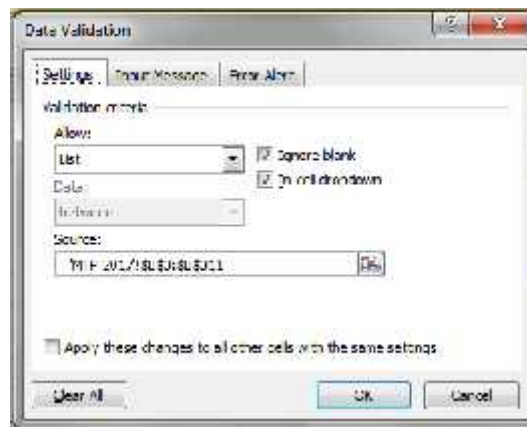
Gambar 12. Rumus Menghimpun budget

Selanjutnya dilakukan pembuatan *list box* untuk mempermudah proses *adjustment* untuk *cost element* tertentu.



Gambar 13. *Cost element list box*

Hal ini dilakukan dengan memilih menu *Data Validation* pada *toolbar Data*, kemudian muncul kotak dialog *Data Validation*. Selanjutnya *Source* diisi dengan identitas *cost element* yang akan ditampilkan dalam *list box*. Dalam hal ini, diambil dari sheet yang berisi himpunan *budget* per *cost center* yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 14. Kotak dialog *Data Validation*

Pembuatan formula proporsi *cost center* dengan format per area dilakukan agar dapat penyebaran nilai pembagian *adjustment* untuk seluruh *cost center* dan dilakukan pengecekan agar rumusan yang hasil perhitungan *balance*.

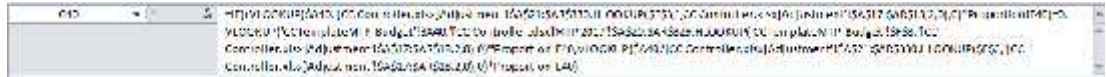
Gambar 15. Proses alokasi biaya per *cost center*

Selanjutnya nilai “*After Adjustment*” untuk setiap *cost center* dijadikan sebagai input file CC Controller.

Gambar 16. Sheet Adjustment dalam file CC Controller digunakan sebagai input data

Nilai yang dimasukkan pada *CC Controller* selanjutnya akan disebar pada *cost center* yang mengalami penyesuaian biaya. Nilai pada *CC Controller* merupakan biaya total untuk satu tahun periode produksi yang kemudian akan dibagi secara per bulan berdasarkan proporsi anggaran yang telah ada.

Gambar 17. Anggaran biaya sebagai basis penentuan proporsi pada CC Controller

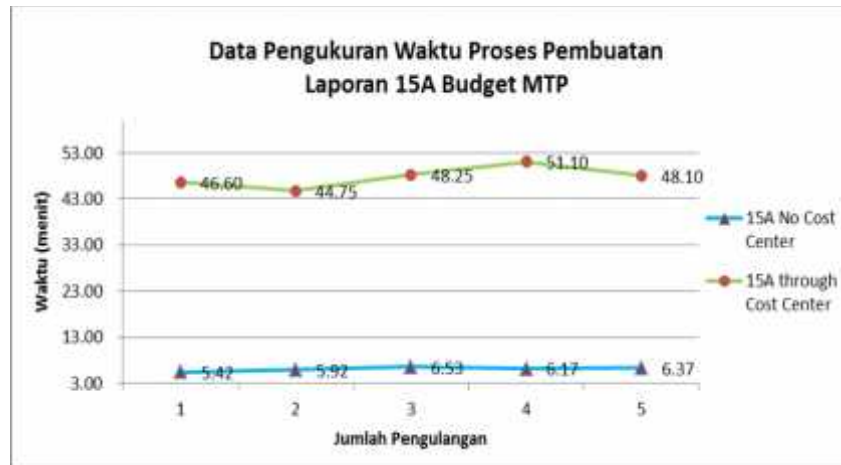


Gambar 18. Rumus pada tiap *cost center* yang merupakan biaya dari CC Controller

3.3 Uji Coba

Setelah dilakukannya perancangan dari masing-masing solusi, dilakukan simulasi proses perencanaan anggaran beserta proses penyesuaian biaya dengan pengulangan sebanyak 5 kali. Didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Proses penyusunan anggaran dengan produk laporan 15A Budget MTP

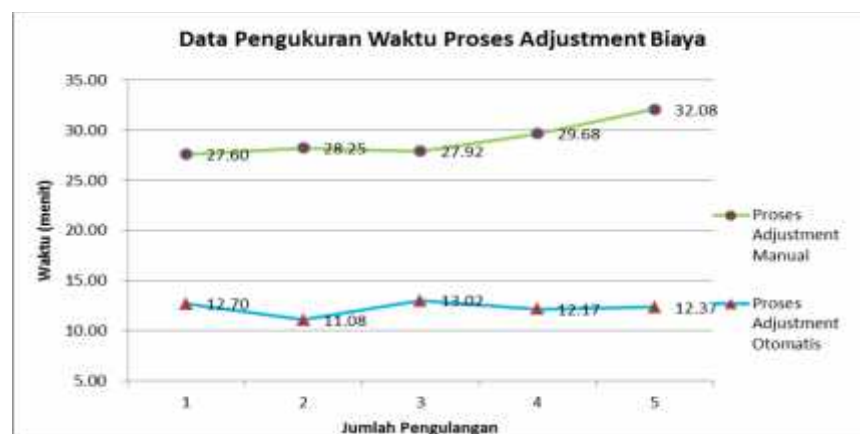


- tanpa spasi

Gambar 19. Data Pengukuran Waktu Proses Pembuatan Laporan 15A MTP Budget

Dari simulasi pembuatan laporan 15 Budget MTP dengan melalui *cost center* dan pembuatan laporan 15A Budget MTP tanpa melalui *cost center* dengan jumlah pengambilan data sebanyak 5 kali didapatkan hasil berupa mempersingkat durasi waktu pengerjaan dari rata-rata durasi waktu pengerjaan selama 47.76 menit menjadi 6.08 menit. Hal ini menunjukkan penurunan waktu pengerjaan sebesar 87.27%

2. Proses *adjustmet* biaya



Gambar 20. Data Pengukuran Waktu Proses Adjustment Biaya

Dari simulasi proses *adjustment* biaya manual dan otomatis dengan jumlah pengambilan data sebanyak 5 kali didapatkan hasil berupa mempersingkat durasi waktu pengerjaan dari rata-rata durasi waktu pengerjaan selama 29.11 menit pada cara manual menjadi 12.27 menit pada cara otomatis. Hal ini menunjukkan penurunan waktu pengerjaan sebesar 57.86%

4. KESIMPULAN

Proses optimalisasi perencanaan anggaran *Mid Term Planning* dengan produk berupa laporan *15A Budget MTP* mempersingkat waktu pengerjaan sebesar 87.27% dan proses *adjustment* sebesar 57.86%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Nur Alamsah Putra, Ibu Asiah dan Bapak Tri Widjatmaka atas bimbingan selama pembuatan Tugas Akhir dan penulisan artikel.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Novac, Sabina, HARP 15-1, Holcim Group Support Ltd, 2015
- [2] Safitri, Rohmi. (2016). Optimasi Forecast Report dengan VBA di Department Plant Accounting PT. Holcim Indonesia. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- [3] Hansen and Mowen. 2013. Akuntansi Manajerial. Jakarta: Salemba Empat. Edisi 8, pp. 55.
- [4] Mulyadi. 2014. Akuntansi Biaya. Yogyakarta: YKPN. Edisi 5, pp. 14.

PENGOPTIMALAN PEMANTAUAN SUHU CLINKER DENGAN PEMASANGAN SENSOR TEMPERATURE PADA 511 – PN1

M. Ilham Ramadhan¹, Estuti Budi Mulyani¹, Delta Gautama²

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

²Finish Mill & Dispatch – Electrical & Instrumentation, Maintenance Departement, PT Holcim Indonesia Tbk

Abstrak

Faktor penting proses semen berjalan stabil adalah material memiliki sifat kehalusan, ukuran, dan suhu. Clinker sebagai material memiliki porsi terbesar dalam pembuatan semen menjadi faktor yang harus dijaga kestabilan prosesnya. Tetapi pada keadaannya, tidak ada informasi lengkap mengenai sifat panas material. Kondisi ini menyebabkan CCR engineer tidak tepat menentukan parameter proses setiap ada perubahan panas material. Terlebih banyak diketahui perubahan setelah VRM berhenti operasi karena tingginya vibrasi dan outlet mill temperature fluktuatif. Untuk itu, tujuan dipasang sensor temperature (tipe infrared) di 531 – PN3 mendeteksi panas clinker yang ditampilkan pada monitor CCR untuk informasi panas clinker dan dapat melakukan action log secara cepat agar menjaga kestabilan proses.

Pemasangan sensor diletakan di 511 – PN3 setelah clinker jatuh dari 511 – PN1 dan 511 – PN2, bertujuan untuk mengetahui temperature fresh clinker dengan memasang satu sensor untuk menekan biaya pemasangan. Sensor temperature dipasang pada jenis Analog Input 810 dengan input 4 – 20mA. Dibutuhkan kabel instrumen empat inti dengan panjang 30 meter sampai panel lokal. Dudukan sensor dipasang diatas transportasi clinker dengan sensor infrared akan ditunjukan ke titik tengah clinker. Hasil dari pemasangan sensor temperature ini akan dimunculkan di display CCR untuk memudahkan pemantauan suhu dengan action log cepat jika terjadi perubahan suhu secara mendadak.

Hasil pemasangan sensor temperature adalah CCR engineer dapat memantau suhu fresh clinker dan diharapkan CCR engineer mengetahui panas clinker lebih awal tanpa PE engineer mengecek suhu secara manual sebelum VRM beroperasi.

Kata Kunci : Sensor Temperature, Suhu Clinker dan transportasi clinker (Pan Conveyor).

Abstract

The important factor of the cement process is stable is the material has the nature of smoothness, size, and temperature. Clinker as a material has the largest portion in the manufacture of cement to be a factor that must be maintained the stability of the process. But in its case, there is no complete information about the heat properties of the material. This condition causes the CCR engineer to not precisely determine the process parameters for any material heat changes. More is known to change after VRM stop operation due to high vibration and outlet of fluctuative mill temperature. For that purpose the temperature sensor (type of infrared) in 531 - PN3 detects the heat of the clinker displayed on the CCR monitor for clinker heat information and can perform a rapid action log to maintain process stability.

Installation of the sensor is placed at 511 - PN3 after clinker falls from 511 - PN1 and 511 - PN2, aiming to find out fresh temperature clinker by installing one sensor to reduce installation cost. The temperature sensor is installed on Analog Input 810 type with 4 - 20mA input. It takes a four-core instrument cable with a length of 30 meters to the local panel. The sensor holder mounted above the clinker transport with the infrared sensor will be directed to the center point of the clinker. The result of this temperature sensor installation will be displayed on the CCR display to facilitate temperature monitoring with fast log action in case of sudden temperature changes.

The result of temperature sensor installation is CCR engineer can monitor fresh clinker temperature and expected CCR engineer to know hot clinker earlier without PE engineer check the temperature manually before VRM operate.

Key Words : Sensor Temperature, temperature of Clinker dan transportation of Clinker (Pan Conveyor).

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Faktor terpenting proses semen stabil adalah material yang memiliki sifat kehalusan, ukuran, dan suhu. Clinker sebagai material yang memiliki proporsi terbesar pembuatan semen menjadi faktor untuk

menjaga kestabilan proses. Tetapi di lapangan tidak ada informasi lengkap mengenai sifat panas material. Kondisi tersebut menyebabkan terlambatnya pemantauan oleh *CCR engineer* untuk menentukan parameter proses setiap perubahan sifat material. Banyak kasus material diketahui berubah setelah VRM berhenti operasi karena tingginya getaran dan *outlet mill temperature* fluktuatif. Untuk itu, tujuan dipasangnya *sensor temperature* (tipe *infrared*) pada 511 – PN3 dan dilihat di monitor CCR untuk informasi suhu material dan mengetahui sifat panas material terhadap proses.

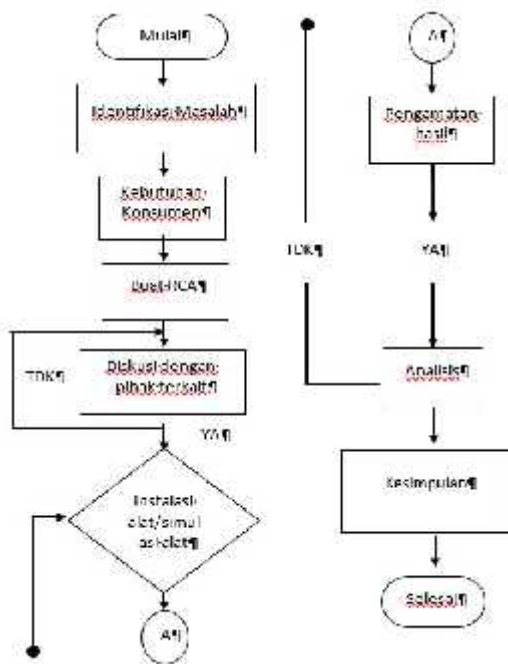
Tidak ada informasi suhu *clinker* yang masuk VRM menyebabkan *CCR engineer* kurang tepat dalam memilih material di keluaran silo *clinker* yang di transport oleh *pan conveyor*, responsi kurang cepat untuk pengaturan *hot gas*, *dampers fresh air* dan debit *water spray* karena sifat material tidak diketahui. Ketiga parameter yang dilihat adalah parameter panas material, panas harus diprediksi cepat untuk menghindari perubahan yang tidak diinginkan dan dapat menyebabkan *suddent dead* pada VRM akibat getaran. Selain itu, panas *clinker* dapat dimonitor oleh *CCR engineer* untuk menjaga stabilnya *outlet mill temperature*.

Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan untuk meminimalkan terjadinya pengukuran suhu secara manual, memudahkan *Patroller* produksi, *PE engineer* dan *CCR engineer* mempermudah pengecekan temperature *clinker* yang akan masuk ke VRM dan dapat dilihat pada layar operator CCR. Indikator juga diharapkan akan mengurangi kesalahan, memperlancar sistem produksi yang mengurangi berhentinya VRM secara mendadak dan menghindari *outlet mill temperature* fluktuasi. Pemantauan suhu *clinker* akan ter-record kedalam TIS untuk kepentingan produksi.

II. METODE PELAKSANAAN DAN KEBUTUHAN KONSUMEN

a. Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir



Gambar 2 Diagram alir pelaksanaan TA

b. Root Cause Analysis (RCA)



Gambar 1 Diagram alir Road Map

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kebutuhan Konsumen

Tidak adanya sensor temperature pada transport *clinker* sebelum masuk *Vertical Roller Mill* menyebabkan *CCR engineer* tidak tahu mengenai sifat panas *clinker*, Faktor berikut yang menyebabkan kurang optimalnya pemantauan suhu *clinker* dikarenakan oleh:

- a. Tidak adanya informasi mengenai suhu *clinker* sebelum masuk menuju VRM saat akan memulai operasi.

- b. Sebelum CCR engineer memulai proses clinker menuju VRM, PE engineer atau patroller produksi harus memastikan suhu clinker yang berada di weight feeder 531-WF1 atau 532-WF1.
- c. Kurang tepatnya CCR engineer untuk mengatur proporsional bukaan damper hotgas, bukaan damper fresh air dan debit air yang dibutuhkan, karena PE engineer tidak melakukan pengecekan secara manual di lapangan.
- d. Pengukuran suhu yang kurang tepat jika diukur pada weight feeder yang dimana clinker tidak dalam keadaan fresh clinker.

Adapun kebutuhan konsumen hasil dari diskusi adalah, yaitu:

- a. Pemasangan sensor suhu diperlukan untuk memantau suhu clinker
- b. Penempatan sensor suhu yang tepat
- c. Spesifikasi sensor yang dipilih oleh Departemen Elektrik sesuai kebutuhan dan biaya
- d. Suhu clinker dapat dimunculkan pada monitor CCR
- e. Pembuatan dudukan sensor oleh Departemen Mekanik

Hasil observasi awal sebelum melakukan pemasangan sensor suhu terdapat beberapa masalah. Masalah pada pemasangan sensor suhu tersebut adalah:

- a. Penempatan sensor yang kurang tepat jika dipasang di 531-WF1.
- b. Pemilihan sensor dengan Standard sensing head memiliki suhu maximum hanya 120°C. Tetapi jika suhu ambient air melebihi spesifikasi maksimum sensor maka menyebabkan sensor cepat rusak.

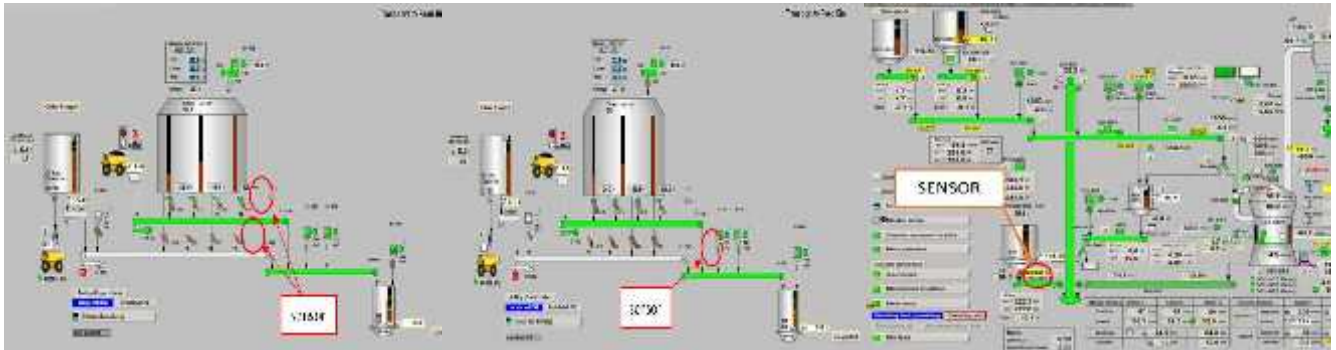
Sehingga, perlu dilakukan modifikasi pada penempatan sensor suhu agar sesuai dengan kebutuhan.

Modifikasi yang harus dilakukan yaitu:

- 1) Pembuatan dudukan untuk dudukan sensor suhu pada 511-PN3 dengan jarak (ketinggian) yang bisa diatur.

Penentuan konsep hasil diskusi

- a. Penentuan hasil dari konsep dan hasil diskusi dengan pihak terkait



Gambar 5 Desain konsep pertama

Gambar 3 Desain konsep kedua

Gambar 4 Desain konsep ketiga

- b. Analisa penilaian dapat dilihat pada tabel penilaian di bawah ini

No	Kriteria	Bobot %	konsep					
			1 Nilai	1 Nilai bobot	2 Nilai	2 Nilai bobot	3 Nilai	3 Nilai bobot
1	Penempatan sensor sesuai kebutuhan konsumen	25	4	1	3	0,75	2	0,5
2	modifikasi	20	3	0,6	4	0,8	2	0,4
3	Kemudahan maintenance	15	3	0,45	3	0,45	4	0,6
4	Kemaman pada alat (pengaruh panas suhu lingkungan)	15	3	0,45	4	0,6	2	0,3
5	Biaya dan kemudahan dalam pengerjaan	25	2	0,5	5	1,25	3	0,75
Total		100		3,0		3,85		2,55

- c. Penentuan pemilihan sensor temperature (tipe infrared) dari hasil diskusi.

Setelah mengetahui konsep kebutuhan penempatan sensor, maka kita dapat menentukan tipe dan spesifikasi sensor suhu berdasarkan kebutuhan dengan memilih opsi dari sensor suhu yang dipertimbangkan, Pemilihan Transduser Pemilihan suatu transduser sangat tergantung kepada kebutuhan pemakai dan lingkungan di sekitar pemakaian. Untuk itu dalam memilih transduser perlu diperhatikan beberapa hal di bawah ini:

Spesifikasi	Sensor 1 RAYTXSHTSF ²	Sensor 2 RAYMI310LTSCB3 ²
Kekuatan/ketahanan sensor terhadap lingkungan	IP65	IP65
Stabilitas terhadap lingkungan	Tahan terhadap suhu lingkungan mencapai 175 °C	Tahan terhadap suhu lingkungan mencapai 120°C
Jarak pengukuran yang mencakup kebutuhan (Resolusi optik (D:S))	Standard Focus 33:1 (D:S)	LTS Standard Focus 10:1 (D:S)
Jenis power supply	Power Supply 12-24 VDC	Power Supply 12-24 VDC
Jenis keluaran (Output)	Analog 4-20 mA	Analog 4-20 mA
Emisifitas yang dapat diubah	Emissivity () Adjustable; 0.10 to 1.00	Emissivity () Adjustable 0.100 to 1.10
Repeatability	±0.5% of measured value	± 0.5% of reading
Harga	Rp 43.000.000	Rp 9.300.000

Tabel 1 Spesifikasi sensor

d. Analisa penilaian dapat dilihat pada tabel penilaian di bawah ini

No	Kriteria	Bobot %	Penilaian spesifikasi yang dibutuhkan			
			1	2	1	2
			Nilai	Nilai bobot	Nilai	Nilai bobot
1	Kekuatan/ketahanan sensor terhadap lingkungan	10	3	0,3	3	0,3
2	Stabilitas terhadap lingkungan	15	4	0,6	3	0,45
3	Jarak pengukuran yang mencakup kebutuhan (Resolusi optik (D:S))	10	2	0,2	3	0,3
4	Jenis power supply	10	4	0,4	4	0,4
5	Jenis keluaran (Output)	10	4	0,4	4	0,4
6	Emisifitas yang dapat diubah	15	2	0,3	3	0,45
7	Repeatability	10	3	0,3	3	0,3
8	Harga	20	2	0,6	5	1
TOTAL		100		3,1		3,6

Tabel 2 Analisa penilaian konsep desain

Penentuan Analog input berdasarkan kebutuhan sensor yang dipilih dan spesifikasi yang ada di pabrik Tuban Plant.

Pemilihan Analog Input tipe AI810 dipilih karena memenuhi spesifikasi untuk sensor infrared, adapun spesifikasinya sebagai berikut:

- a. Modul Input Analog AI810 memiliki 8 input arus dan voltase.

- b. Inputan adalah Independen untuk setiap saluran, baik itu tegangan atau arus dapat diukur.
- c. Masukan komunikasi rentang nominal adalah: 0 (4) ... +20 mA, 0 (2) ... +10 V

Dasar kebutuhan pemilihan analog input dibutuhkan untuk memilih jenis – jenis analog input yang ada di pabrik Tuban, seperti AI 820, AI830, AI835 dengan spesifikasi berbeda – beda. Kesimpulan memilih AI810 adalah spesifikasi yang benar untuk sensor tipe *infrared*.

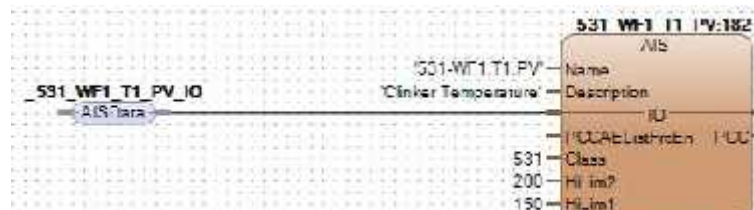
Pembuatan display panas clinker untuk kebutuhan CCR Engineer

Distributed Control System (DCS) adalah suatu pengembangan system control dengan menggunakan komputer dan alat elektronik lainnya agar didapat pengontrol suatu loop system yang lebih terpadu dan dapat dikendalikan oleh semua orang dengan cepat dan mudah.³ Pembuatan ini bertujuan mempermudah pemantauan panas pada clinker yang dapat dilihat pada tampilan monitor CCR. Dengan tipe sensor infrared yang akan dipasang pada transport clinker (511-PN3).

Display monitor CCR dibuat oleh pemakalah dengan latihan pembuatan program yang dipelajari bersama dengan *Electric engineer* dengan tujuan agar pemakalah paham dan mengerti, serta terlibat dalam pembuatan DCS.

- a. DCS untuk software

Membuat DCS untuk software ini menggunakan aplikasi Screen Production dan Connection dengan alamat 511-PN3.T1.PV yang memilih HiLim 1 adalah 150°C dan HiLim2 200°C yang memberikan batasan untuk notifikasi pada CCR Engineer jika terjadi kenaikan panas clinker yang dapat mengganggu operasi produksi.



Gambar 6 DCS Software

- b. DCS untuk hardware

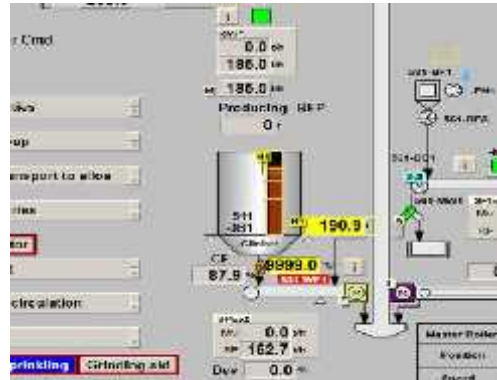
Pembuatan DCS untuk Hardware dengan menggunakan aplikasi Control Builder M Professional – Tuban (Offline) ini bertujuan untuk memberikan sensor alamat pada Analog Input di lapangan dengan alamat Variable N51.D_511_PN1_T1_PV_IO.Signal yang diberi masukan Min dan Max sesuai spesifikasi snsor infrared yaitu -40 – 600 °C

Channel	Variable	Min	Max	Unit	Function	Bracket
WT/AS.0.1	N51.D_511_PN1_T1_PV_IO.Signal	0.0	600.0	°C	*	False
WT/AS.0.2	N51.D_511_PN1_T1_PV_IO.Signal	0.0	600.0	°C	*	False
WT/AS.0.3	N51.D_511_PN1_T1_PV_IO.Signal	0.0	9999.0	%	*	True
WT/AS.0.4	N51.D_511_PN1_T1_PV_IO.Signal	0.0	2000.0	%	*	False
WT/AS.0.5	N51.D_511_PN1_T1_PV_IO.Signal	40.0	600.0	°C	*	True
WT/AS.0.6		0.0	100.0		*	False
WT/AS.0.7		0.0	100.0		*	True
WT/AS.0.8		0.0	100.0		*	False

Gambar 7 DCS Hardware

- c. Pembuatan tabel untuk display monitor CCR

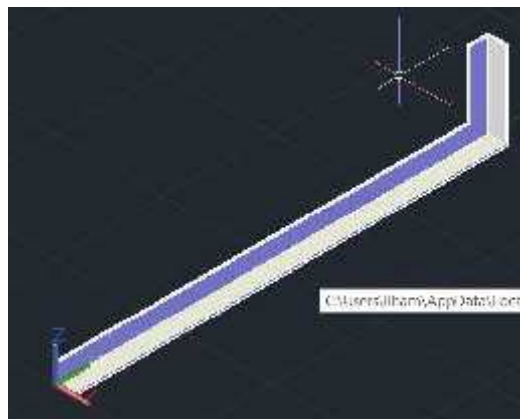
Pembuatan ini bertujuan untuk memudahkan CCR engineer memantau panas clinker pada transportnya. Setelah membuat DCS pada software maupun hardware, data alamat tersebut akan di upload dan akan di download dari aplikasi Tuban 2 PG2, On Screen dan memilih alamat pada Control Structure AI_511_PN3_T1_PV. Setelah itu indikasi panas akan muncul pada monitor CCR dan kita dapat meletakkan indikasi suhu tersebut pada bagian yang mudah terlihat oleh CCR Engineer.



Gambar 8 Display monitor CCR

Desain dan perhitungan dudukan sensor

a. Desain dudukan untuk sensor



Gambar 9 Desain dudukan sensor

b. Hitungan dudukan

Perhitungan dudukan dihitung untuk menentukan dimensi jenis siku yang akan dipilih dan diharapkan tidak mengalami bengkok dan dapat bertahan lama dengan keadaan sekitar.

Desain dan perhitungan dudukan sensor dengan spesifikasi sebagai berikut: berat sensor + kabel = 1kg, material angle steel ST37, dimensi dudukan 1000x10x5 mm dan *Density* baja : 7,85 kg/dm³.

Menghitung beban total

$$\text{Volume base plate} = p \times l \times t$$

$$= 1000 \times 10 \times 5 \text{ mm}$$

$$= 0,05 \text{ dm}^3$$

$$\text{Berat base plate} = \text{Volume base plate} \times \text{density}$$

$$= 0,05 \text{ dm}^3 \times 7,85 \text{ kg/dm}^3,$$

$$= 0,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat total} = 0,4 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = 1,4 \text{ kg} \dots (1)$$



$$\begin{aligned} Ma &= f \times l \\ &= 13,72 \times 800 \text{ mm} \\ &= 10976 \text{ Nmm} \dots (2) \end{aligned}$$

Material angle steel yang digunakan adalah ST37. ST37 memiliki tegangan bengkok sebesar 370 N/mm². Safety factor yang digunakan sebesar 4 untuk beban statik. Sehingga tegangan bengkok yang di ijinakan menggunakan persamaan.

$$\begin{aligned} \sigma_b \text{ allowed} &= \frac{\sigma_b \text{ ST37}}{v} \\ &= \frac{370 \text{ N/mm}^2}{4} \\ &= 92,5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk mencari momen tahanan bengkok, dapat diari menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} \sigma_b \text{ allowed} &= \frac{Mb}{Wb} \\ Wb &= \frac{Mb}{\sigma_b \text{ allowed}} \\ &= \frac{10976}{92,5} = 118,65 \text{ mm}^3 \\ &= 0,11865 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan *Mechanincal and Metal Trades Handbook* hal 148, spesifikasi minimal *angle steel* yang dapat digunakan adalah *angle steel* 20x20x3 mm dengan tahanan bengkok sebesar 0,28 cm³ yang tersebut sudah melebihi spesifikasi yang dibutuhkan.¹

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari tugas akhir yang dibuat adalah

- Penambahan sensor infrared bertujuan membantu CCR engineer memantau panas clinker sebelum masuk ke VRM.
- Tidak ada pengukuran panas clinker secara manual oleh PE Engineer dan Patroller sebelum operasi VRM.
- Suhu *clinker* dapat dilihat di *display* monitor CCR

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Mechanincal and Metal Trades Handbook*
- [2] RAYTEK, *Operating Instruction*, Rev, F1 05/2013
- [3] <https://ardianeko.wordpress.com/2012/05/25/distributed-control-system/>

OPTIMALISASI LAPORAN TERMAL KILN UNTUK MENSINKRONKAN DENGAN TECHNICAL INFORMATION SYSTEM

Conistia Valenciana Utari¹, Fatahula², Abdul Gafur³

¹Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³Production Planning, Production Department, PT Holcim Indonesia Tbk

¹conistiav@gmail.com

²fatahula@gmail.com

³abdul.gafur@lafargeholcim.com

Abstrak

Nilai termal kiln merupakan nilai yang harus dilaporkan oleh bagian Production Planning setiap bulan. Nilai tersebut diolah menggunakan laporan termal kiln. Sebelumnya, nilai yang didapatkan berdasarkan laporan termal kiln tidak sinkron dengan yang ditampilkan di Technical Information System (TIS) serta pada proses pengerjaan didapatkan pengulangan pekerjaan. Namun, dikarenakan terdapat ketidak tepatan pengukuran pada alat ukur, perhitungan diubah dan harus menghasilkan nilai yang sama dengan TIS. Proses pengoptimalisasian dengan melakukan perubahan format laporan termal melalui pembuatan rumus perhitungan di Remote Dekstop Connection dalam bentuk pembuatan LOG Calculated pada perhitungan NCV (Nett Calorific Value). Sehingga nilai yang dilaporkan oleh bagian Production Planning sama dengan di TIS serta data yang akan diupload ke System Application and Product in data processing (SAP) dapat dipertanggungjawabkan secara jelas dan akurat.

Kata kunci: Kiln, Sinkronisasi, Termal, Laporan Thermal, TIS (Technical Information System).

Abstract

Thermal value of Kiln is a value that have been reported by Production Planning division monthly. It is counted with KilnThermal Report. At the past, the thermal value in Kiln Thermal Report is not synchrone with the appearance in Technical Information System (TIS) and when do the report and there is a rework activity. But, because of the accurateless of measuring equipment, the calculation changed and thermal value must give the same value between Thermal Report and TIS. Optimization Process by changing of the thermal report format with make the calculation formula in Remote Dekstop Connection by making NCV (Nett Calorific Value) LOG Calculated. So, the value that reported by Production Planning same as TIS, and the date that will be uploaded to System Application and Product in data processing (SAP) can be clearly and accurately.

Keywords: Kiln, Synchronize, Thermal, Thermal Report, TIS (Technical Information System).

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu fungsi dari bagian Poduction Planning adalah melaporkan hasil proses produksi setiap bulan dalam Board of Director (BOD) Report. Sumber pelaporan utama yang digunakan oleh bagian Production Planning adalah System Application and Product in data processing (SAP). Setiap akhir bulan, dilakukan konfirmasi dari Technical Information System (TIS) ke SAP, sehingga data yang terdapat di TIS sama dengan di SAP. Namun pada kasus pelaporan termal kiln, terdapat ketidak sesuaian nilai BOD Report dengan TIS dikarenakan perbedaan sistem perhitungan. Dengan melakukan perubahan format laporan termal melalui pembuatan rumus perhitungan di Remote Dekstop Connection diharapkan laporan termal dapat lebih terkonsep serta angka yang diapatkan lebih akurat.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan Laporan Termal Kiln dengan mensinkronkan nilai dalam laporan dengan nilai aktual di TIS.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Root Cause Analysis (RCA)

Pembuatan RCA bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan dengan menjabarkan dan menganalisa permasalahan. Tahapan pembuatan RCA yang pertama yaitu mengidentifikasi

permasalahan dengan menjawab apa, di mana, kapan, dan berapa banyak kerugian yang ditimbulkan dari masalah tersebut. Kedua, menganalisa setiap penyebab dengan menanyakan pertanyaan kenapa sehingga ditemukan penyebab dari setiap penyebab masalah sampai pada kondisi tidak dapat dilanjutkan. Ketiga, membuat solusi berdasarkan hasil analisa dengan tahapan *brainstorming*, *TPN analysis*, *Matrix Analysis*, hingga mendapatkan solusi terbaik.

2.2 Perancangan

Setelah dipilih solusi terbaik, dibuat perancangan dari solusi terbaik yaitu dilakukan pembuatan rumus baru di *Remote Dekstop Connection*. Rumus perhitungan yang dibuat dalam bentuk *Log Calculated*, dengan menggunakan perhitungan *Visual Basic* di *ABB Knowledge Manager*.

2.3 Uji Coba Tugas Akhir

Penulis melakukan pemantauan serta mencocokkan nilai thermal yang ada di laporan thermal dengan TIS setiap bulan hingga di dapatkan nilai yang sesuai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

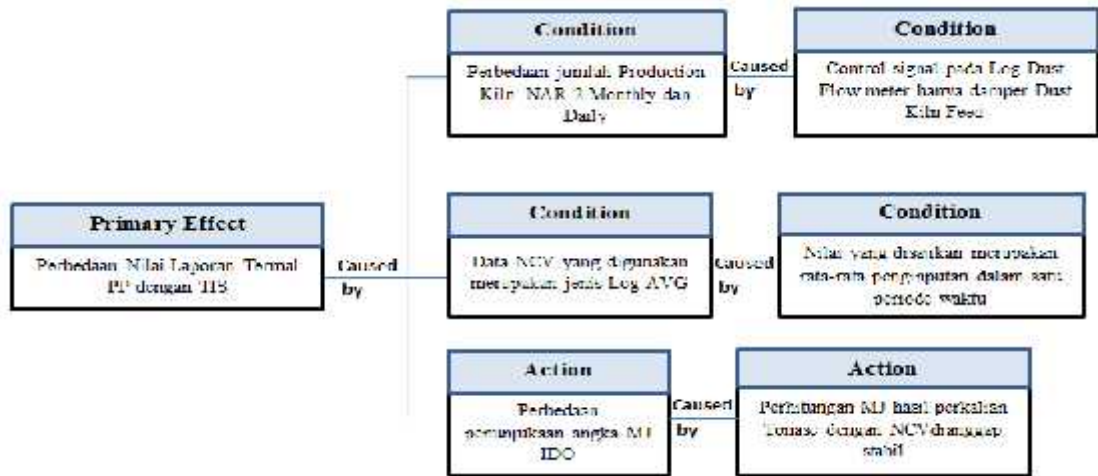
Kevalidan nilai thermal yang dilaporkan oleh *Production Planning* diukur dari hasil perhitungan laporan dibandingkan dengan kondisi aktual di *Technical Information System (TIS)*. Berikut tahapan pengidentifikasian permasalahan sebagai langkah pertama pembuatan RCA.

3.1 Root Cause Analysis (RCA)

Root Cause Analysis dibuat berdasarkan hasil diskusi. RCA dibuat untuk mendapatkan akar masalah dari permasalahan yang didapat. Pembuatan RCA dibatasi pada masalah yang terdapat di sistem perhitungan thermal. Berikut tahapan pembuatan RCA:

1. Menentukan Akar Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah didapatkan maka dibuat analisa untuk menentukan akar permasalahannya. Penentuan akar masalah diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Root Cause Analysis (RCA)

2. Menentukan Solusi

Berdasarkan RCA maka ditemukan akar masalah dan solusinya. Penentuan solusi diberikan pada Gambar 2.

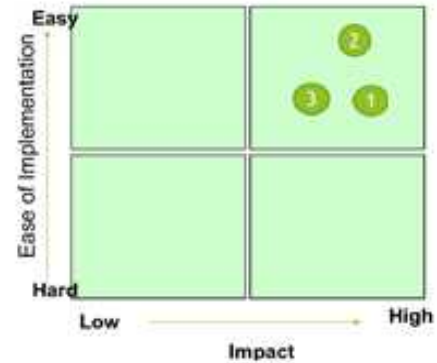


Gambar 2. Solusi dari Setiap Akar Masalah

Setelah mendapatkan akar masalahnya, tahapan selanjutnya adalah menentukan solusi terbaik dari akar masalah tersebut. Tahapan menentukan solusi yang pertama yaitu *Brainstorming* atau diskusi. Tahapan kedua adalah membuat TPN (*Total, Partial, None*) analysis yang diberikan pada Tabel 1. Tahapan ketiga adalah *matrix analysis* yang diberikan pada Gambar 3.

Tabel 1. TPN Analysis

No	Solusi	T	P	N
1	Menambahkan <i>Control Signal Kiln Running</i> pada <i>Log Flow Meter Dust Bin</i>			
2	Membuat <i>Log NCV</i> dengan jenis <i>Calculated</i>			
3	Pengambilan nilai MJ IDO berdasarkan nilai di TIS			



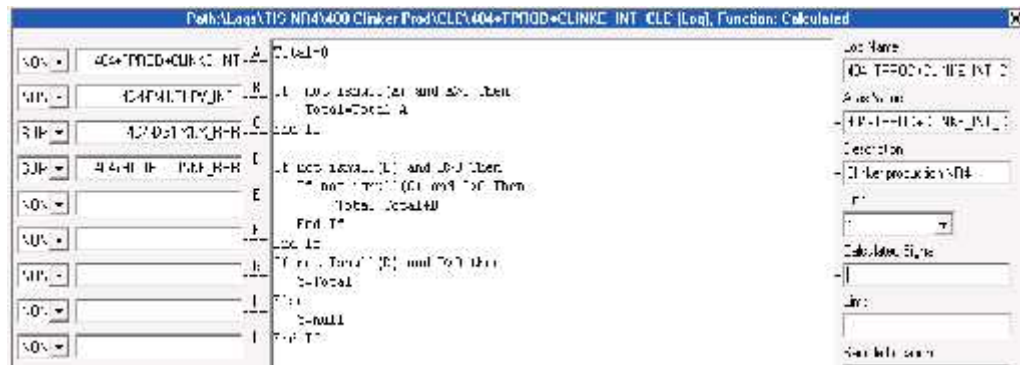
Gambar 3. Matrix Analysis

3.2 Perancangan

Setelah dilakukan analisa dan mendapatkan solusi dari permasalahan yang terdapat di laporan termal kiln, berikut pratinjau dan perancangan untuk setiap solusi yang didapatkan.

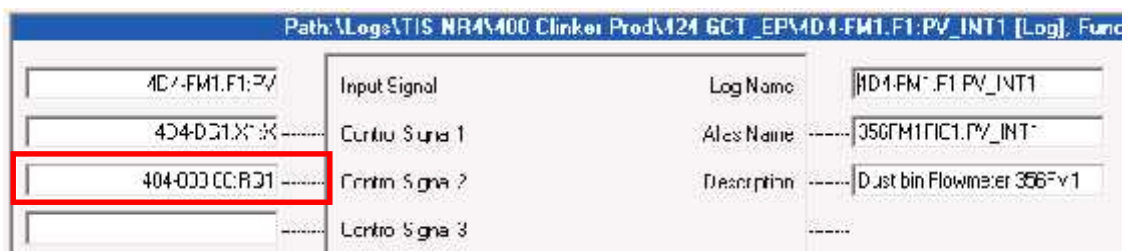
1. Menambahkan Control Signal Kiln Running Status pada Log Flow Meter Dust Bin

Production Clinker Nar 2 berasal dari *Log* jenis *Calculated* (CLC) dengan nama 404+TPROD+CLINKE_INT_CLC. *Log* tersebut merupakan hasil perhitungan berdasarkan beberapa sumber *Log* seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Log Production Clinker Nar 2

Sebelumnya, nilai *Flow Meter Dust Bin* merupakan hasil input signal 4D4-FM1.F1:PV dan hanya di kontrol oleh signal 4D4-DG1.X1:X. Kemudian dilakukan penambahan Control signal *Kiln Running Status* yaitu 404-000.00:RQ1. Seperti pada Gambar 5. Sehingga antara *monthly* dengan *daily* menunjukkan hasil yang sama. Dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 5. Log Flow Meter Dust Bin

NAR PDOR

Interval From 01.04.2017 00:00 To 01.05.2017 00:00 Period Monthly values

Activate < Day Today Day >

Narogong Plant Data						
1. Kiln Operation						
	Unit	NAR1			Budget	TDY
		TDY	MTD	YTD		
Clinker Production	1	122792	122792	494177		215828

Gambar 6. Tampilan Production Clinker Monthly

	D	E
1		Production Clinker
2	Start Time	404 TPDONC INFE_INT_CLC
3		
4	01/04/2017 00:00	6456,110713
5	02/04/2017 00:00	6055,055115
6	03/04/2017 00:00	6056,275318
17	14/04/2017 00:00	7022,100979
18	16/04/2017 00:00	7255,255055
20	17/04/2017 00:00	7085,282134
29	29/04/2017 00:00	7205,215271
30	30/04/2017 00:00	7175,055305
31	JULY	215820,1600

Gambar 7. Production Clinker Daily

2. Pengambilan nilai MJ IDO berdasarkan TIS

Nilai MJ IDO di laporan sebelumnya, nilai MJ didapatkan dari perkalian antara NCV IDO dengan Tonase dengan nilai NCV yang dianggap stabil. Kemudian dilakukan perhitungan dengan nilai NCV yang sesuai dengan TIS. Perhitungan laporan sebelumnya ditunjukkan pada gambar 4.17. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan TIS, didapatkan hasil MJ IDO yang sesuai antara Laporan termal dan TIS, dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

=F12*41821

	D	I	H	I	J
10					
11	rar1 ovc				
12	rar1 ovc		34,40	N1	7.438.543,26
13	rar2		363,34	N2	15.195.383,10
14	total	total			
15					

Gambar 8. Perhitungan MJ IDO Sebelumnya

CLC
403 * MJ * OIL_L_CLC
2640781,25714602 Clinker
MJ

Gambar 9. MJ IDO TIS

Thermal	2.640.781,26
Cons	64,38
NCV	41016,11648

Gambar 10. MJ IDO Laporan Termal

3. Perancangan Log NCV dengan jenis Calculated

Nilai MJ dari masing-masing bahan bakar didapatkan dari hasil perkalian antara tonase penggunaan dengan nilai NCV, seperti pada gambar 4.21. Nilai MJ yang didapatkan berbeda dengan TIS disebabkan oleh bentuk Log nilai NCV tersebut merupakan jenis Log AVG, sehingga data yang terambil adalah data rata-rata selama satu hari. Sedangkan yang diinginkan merupakan data nilai dengan jenis Log CLC.

=IF(D7=0;0;I7*D7)

	D	E	G	H	K	L
1	V88 WF: F1.PV INT		Location:	CVN_K3		Total pile
2	Actual Flow rate Solid AF-4 (schonk screw)			CVN_K3		
3	1			MJT		
7		17,148	Solid Feeder: NAR1	10,317		206.513
8		89,112	Solid Feeder: NAR1	20,437		1.812.454

Gambar 11. Proses Perhitungan MJ dengan NCV Log AVG

Untuk mensinkronkan antara perhitungan TIS dengan Laporan Termal, dilakukan perubahan format laporan dengan membuat rumus perhitungan NCV di *Remote Desktop Connection* dalam bentuk *Log Calculated*. Proses pembuatannya sebagai berikut :

a. Pengelompokan Material

Pada pembuatan semen dibutuhkan campuran antara klinker dan bahan tambahan lainnya seperti *gypsum*, *fly ash*, dan lain-lain. Klinker yang diproduksi oleh *Narogong Plant* terbagi menjadi 2 yaitu Klinker OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan OWC (*Oil Well cement*). Pengelompokan material bahan bakar dalam Penelitian ini membedakan kelompok material bahan bakar berdasarkan klinker yang ingin dibuat, diantaranya:

- 1) Klinker OPC Nar 1 :terdapat beberapa bahan bakar yang digunakan untuk membuat klinker. Yaitu :Batu Bara (Coal), IDO/Solar, Bahan Bakar Sintetis (BBS), dan Solid Alternative Fuel (AF).
- 2) Klinker OWC Nar 1 :terdapat beberapa bahan bakar yang digunakan untuk membuat klinker. Yaitu :Batu Bara (Coal) dan IDO/Solar.
- 3) Klinker OPC Nar 2 :terdapat beberapa bahan bakar yang digunakan untuk membuat klinker. Yaitu : Batu Bara (Coal), IDO/Solar, Rice Husk/ Sekam Padi dan Solid Alternative Fuel (AF).

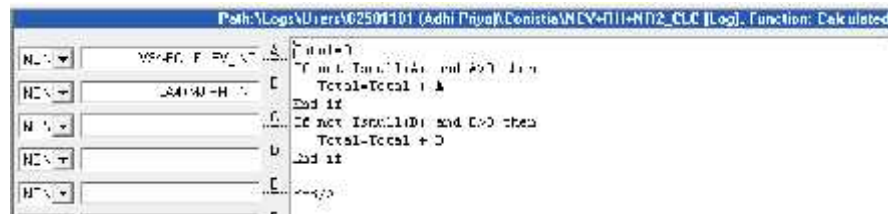
a. Perancangan Log

Log adalah tempat atau wadah untuk menyimpan suatu nilai yang dikirimkan oleh sinyal. Salah satu *Log* yang biasa digunakan untuk proses perhitungan *Log* dengan *Log* lainnya adalah *Log Calculated (CLC)*. *Log CLC*, *Log* berbentuk *calculated*, dimana hasil nilai formula berasal dari input *Log*. *CLC* tertulis dengan *script visual basic*.

CLC – sort aggregation or sort grouping

Adapun untuk membuat *function* penggabungan *log* pada *CLC* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Buka new blank *log* untuk fungsi *calculated*.
- 2) Setelah memilih fungsi *calculated* maka *Log* akan menampilkan jendela *workplace CLC*.
- 3) Dalam *workplace CLC* input *Log* lain pada kolom A. Setelah itu, sisipkan *Log* lainnya, tambahkan *function* pada kolom formula.



Gambar 12. Formula penghubung Log A dengan Log lainnya.

- 4) Beri nama *Log CLC* yang telah dibuat, dan masukan satuan unitnya.



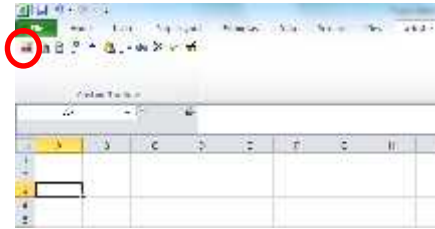
Gambar 13. Workplace Log CLC

- 5) Lalu simpan *Log CLC* yang telah dibuat.

b. Perancangan Laporan *Thermal* menggunakan Add-Ins *ABB Knowledge Based Solution*.

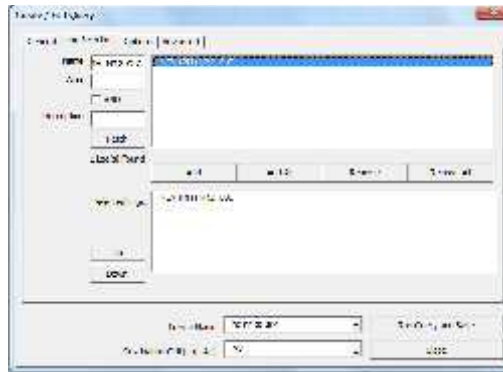
Laporan *Thermal* milik *Production Planning* dirancang dalam format *Microsoft Excel* dengan menggunakan *Add-Ins ABB Knowledge Based Solution*, dengan penggunaan *Add-Ins* memudahkan dalam pengambilan data-data yang bersumber dari TIS (*Technical Information System*). Adapun untuk membuat laporan termal dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Dibuka *Microsoft Excel*, kemudian arahkan *cell* pada salah satu *cell*.
- 2) Pilih *Toolbar Add-Ins* yang telah diinstal sebelumnya. Kemudian klik *Icon KBST* pada bagian pojok kiri atas.



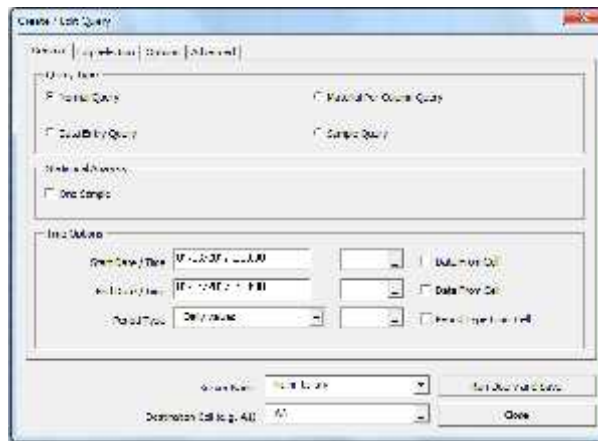
Gambar 14. *Workbook Excel Add Ins*

- 3) Muncul kotak dialog *Add-Ins*, kemudian pilih *Log Selection* untuk memilih *Log* yang akan di ambil datanya.



Gambar 15. *Dialog Box Add Ins*

- 4) Diatur periodik waktu yang akan diambil datanya. Dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan, serta dapat disajikan dalam rentang waktu yang sesuai kebutuhan.



Gambar 16. *Dialog Box Add Ins Sort Time*

- 5) Didapatkan hasil pengambilan data secara otomatis ditampilkan dalam bentuk *table query*.

	A	B	C	D
1	Kaca Hask			
2		Log Thermal	Log Consumption	Log NCV
3	Start Time	AA MLRH INT	V04 BCLF1:PV INT	NCV10H1M2 CUC
4		MJ	z	M/S
5	01/08/2017 0:00	1132530,88	105,0016555	10685,08792
6	02/08/2017 0:00	1150795,068	130,8812277	9791,81982
7	03/08/2017 0:00	1042589,378	131,8082930	10131,48996
8	04/08/2017 0:00	1518655,029	141,6648081	10704,00021
9	05/08/2017 0:00	1305599,108	130,8338791	9979,301502
10	06/08/2017 0:00	528787,4732	80,58210085	10454,02285
11	07/08/2017 0:00	385770,0285	80,11010076	11637,10014

Gambar 17. *Table Query Bahan Bakar*

6) Diulangi sampai seluruh bahan bakar telah diambil datanya. Dibuat sheet perhitungan nilai *Specific Thermal Energy Consumption* (STEC) dan *Total Substitution Rate* (TSR).

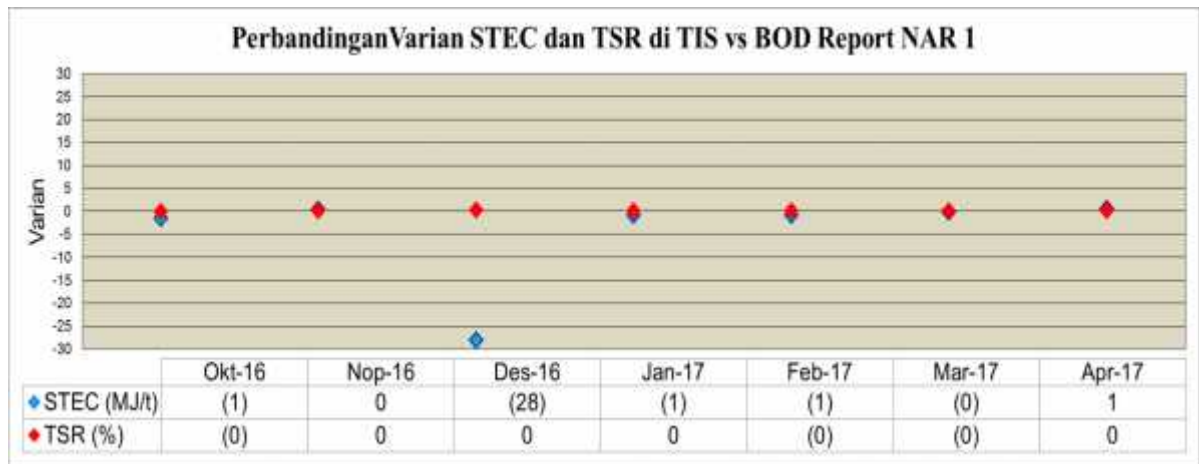
3.3 Uji Coba Penelitian

Setelah dilakukannya perancangan dari masing-masing solusi, dilakukan uji coba dengan membandingkan nilai STEC dan TSR Laporan Termal dalam BOD Report dengan TIS dimulai dari bulan Oktober 2016 hingga bulan April 2017, seperti pada tabel 2 untuk Nar 1 dan tabel 3 untuk Nar 2, didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nar 1

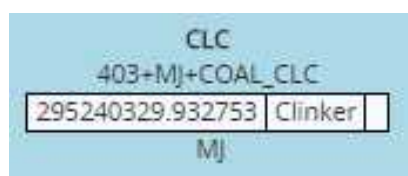
Tabel 2. Tabel Perbandingan Nilai STEC dan TSR BOD Report dengan TIS NAR 1

Month	NAR 2					
	STEC (MJ/t)		Varian	TSR (%)		Varian
	TIS	BOD Report		TIS	BOD Report	
01 Oktober 2016	3.225	3.224	-1	16,19	16,17	0
01 Nopember 2016	3.191	3.191	0	9,41	9,41	0
01 Desember 2016	2.785	2.757	-28	19,82	20,02	0
01 Januari 2017	3.329	3.328	-1	14,96	14,96	0
01 Februari 2017	3.380	3.379	-1	11,11	11,11	0
01 Maret 2017	3.370	3.370	0	15,50	15,50	0
01 April 2017	3.366	3.367	1	13,72	13,72	0



Gambar 18. Grafik Perbandingan Varian STEC dan TSR Nar 1

Pada hasil perbandingan varian STEC dan TSR Nar 1 TIS dengan BOD Report yang ditunjukkan pada gambar 18, didapatkan hasil pada bulan Oktober hingga bulan April nilai STEC dan TSR yang didapatkan telah menunjukkan angka yang sama atau sesuai, adanya perbedaan nilai hanya berdasarkan proses pembulatanannya saja. Namun, pada bulan Desember didapatkan nilai yang tidak sesuai dikarenakan adanya perbedaan nilai MJ Fine Coal di TIS dengan Laporan Termal milik *Production Planning*. Perbedaan nilai MJ Fine Coal dapat dilihat pada Gambar 20 dan Gambar 21.



Gambar 19. MJ Fine Coal bulan Desember di TIS

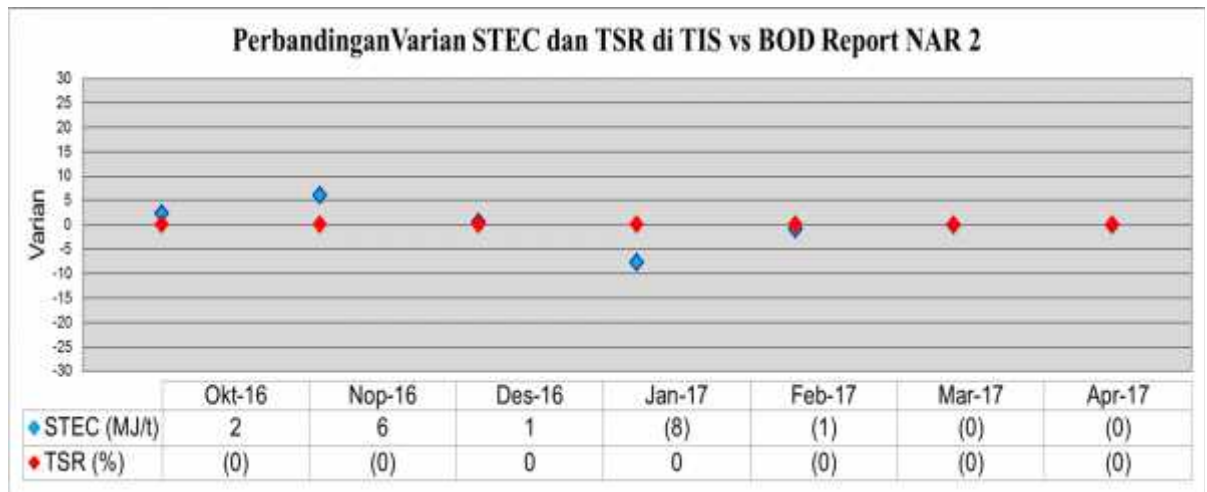
Hspid Thermal Energy Consumption MJ	
Coal	28.070.138.00
DC	
HR	17.024.400.00
HR	
CPG	
CF Sludge	
Flux Fuel	
Normal	
Shredder Product	00.18.10.00
Total	264.540.028.00
TBR	23,02%

Gambar 20. MJ Fine Coal bulan Desember di Laporan Termal

2. Nar 2

Tabel 3. Tabel Perbandingan Nilai STEC dan TSR BOD Report dengan TIS NAR 2

Month	NAR 2					
	STEC (MJ/t)		Varian	TSR (%)		Varian
	TIS	BOD Report		TIS	BOD Report	
01 Oktober 2016	3.498	3.500	2	15,08	15,07	0
01 Nopember 2016	3.518	3.524	6	14,22	14,21	0
01 Desember 2016	3.509	3.510	1	18,86	18,88	0
01 Januari 2017	3.404	3.396	-8	15,13	15,17	0
01 Februari 2017	3.350	3.349	-1	16,94	16,94	0
01 Maret 2017	3.393	3.393	0	17,47	17,47	0
01 April 2017	3.372	3.372	0	17,24	17,24	0



Gambar 21. Grafik Perbandingan Varian STEC dan TSR Nar 2

Pada hasil perbandingan varian TSR dan STEC Nar 2 TIS dengan BOD Report yang ditunjukkan pada gambar 21, didapatkan pada bulan Oktober hingga bulan Nopember 2016 nilai STEC yang didapatkan belum sesuai dikarenakan perbedaan jumlah nilai *monthly* dengan *daily* yang baru terselesaikan bulan Desember. Namun, pada bulan Desember 2016 dan Januari 2017 didapatkan hasil STEC yang tidak sama dikarenakan adanya perbedaan nilai MJ *Fine Coal* di TIS dengan Laporan Termal. Perbedaan nilai MJ *Fine Coal* tersebut dapat dilihat pada Gambar 22, Gambar 23, Gambar 24, dan Gambar 25. Pada bulan Februari hingga April didapatkan nilai yang sesuai antara TIS dengan BOD Report, adanya perbedaan nilai pada hanya berdasarkan proses pembulatanannya saja.

CLC
404+MJ1+COAL_CLC
570920189.202471
MJ

Gambar 22. MJ *Fine Coal* bulan Desember di TIS

10 Spec. Thermal Energy Consumption MJ	
Coal	570.950.385.71
DO	4.057.047.06
RFS	-
PKS	-
C-U	-
Oil Sludge	-
Rice Husk	55.819.202.09
Sawdust	-
Straddle Product	78.189.158.19
Total	708.816.594.45
1' TSR	13,8775%

Gambar 23. MJ *Fine Coal* bulan Desember di Laporan Termal

CLC
404+MJ1+COAL_CLC
569323220.772112
MJ

Gambar 24. MJ Fine Coal bulan Januari di TIS

10	Spec	Thermal Energy Consumption MJ	
	Coal		507.774.429,22
	LJO		3.874.579,83
	DCG		-
	PKS		-
	CFO		-
	Oil Sludge		-
	Rice Husk		30.431.343,57
	Sawdust		-
	Shredder Product		52.773.952,07
	Tota		673.794.304,79
11	TIS		15,17%

Gambar 25. MJ Fine Coal bulan Januari di Laporan Termal

Dengan mensinkronkan nilai TIS dengan Laporan Termal, memudahkan saat terdapat perubahan nilai di TIS, sumber dari perbedaan tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai pada TIS dengan Laporan Termal.

4. KESIMPULAN

Proses pengoptimalan Laporan Termal dengan mensinkronkan nilai dalam BOD Report dengan nilai di Technical Information System (TIS) telah menunjukkan nilai yang sama, dibuktikan dengan perbedaan nilai keduanya atau nilai varian yang didapatkan telah mendekati 0, yaitu pada bulan Oktober 2016- April 2017 untuk Nar 1 didapatkan varian STEC (-1,0,-28,-1,-1,0,1), TSR (0,0,0,0,0,0), untuk Nar 2 STEC (2,6,1,-8,-1,0,0), TSR (0,0,0,0,0,0).

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Abdul Gafur, Bapak Hidayat Arif Abadi, Bapak Adhi Priyo dan Bapak Fatahula atas bimbingan selama pembuatan Penelitiandan penulisan artikel.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Krogmann, 2014, TIS KBST, Holcim Technology Ltd (HTEC).
- [2] Richter, 2014, TIS Workshop, Holcim Technology Ltd (HTEC).
- [3] F. Apriyadi, 2007, Proses Pembuatan Semen pada PT Holcim Indonesia Tbk, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.
- [4] Napitupulu, H. Pengaruh Nilai Kalor Suatu Bahan Bakar Terhadap Perencanaan Ruang Bakar Ketel Uap berdasarkan Metode Penentuan Nilai Kalor Bahan Bakar yang Dipergunakan. Universitas Sumatera Utara, 2006.
- [5] Novac, Sabina, HARP 15-1, Holcim Group Support Ltd, 2015.
- [6] Suprpto, Paparan Bahan Kuliah Bahan Bakar dan Pelumas, Universitas Negeri Semarang, 2004.
- [7] Yudanto, B. Pengaruh Rasio Udara Pembakaran antara udara Primer dan Sekunder terhadap Efisiensi Proses Pembakaran serat Buah Kelapa Sawit. Universitas Sumatera Utara, 2012.
- [8] Yudistira, Arya. (2016). Optimasi Sistem Perencanaan Perawatan. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- [9] <https://support.office.com/en-us/article/Add-or-remove-add-ins-64d3d147-98fb-4b82-8833-709d54e3ace1#bmlernaboutaddins/13.12.2016/09.59> WIB.
- [10] https://teguhsasmitosdp1.files.wordpress.com/2010/05/07_bab_61.pdf/14.12.2016/8:34 WIB.
- [11] <https://laskarteknik.com/2013/12/02/nilai-kalori-bahan-bakar/14.12.2016/8:41> WIB.

PERHITUNGAN BIAYA BAHAN BAKAR PER SEAT-KILOMETER

Diachirta Chrisna Ayu Dwiharpini¹, Michael Febrianus Johny Saputra²,
Muhammad Daffa Aly³

Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta, Jl.
R.S Fatmawati No.1, Jakarta Selatan 12450, Indonesia, 07656971, 07656971,

upnvj@upnvj.ac.id

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan
Nasional "Veteran" Jakarta

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan
Nasional "Veteran" Jakarta

Abstrak

Banyak Masyarakat awam yang mempertanyakan mengapa dahulu jika ada yang hendak berpegian jarak jauh menggunakan Pesawat Terbang harus merogoh kantong yang tidak sedikit. Namun semakin kesini semakin banyak pilihan merek airlines dan semakin menyebarnya Rute penerbangan lalu ditambah banyaknya rute yang murah dan sering adanya promo harga yang mungkin bisa dibilang sangat tidak masuk akal. Oleh karena itu maka kita bisa memperhitungkan Biaya Operasional Penerbangan jika dilihat dari harga tiket 1 kepala dengan bahan bakar yang digunakan. Sehingga saat ini banyak sekali promosi tiket penerbangan. Maka kita ingin mengetahui perbandingan antara biaya oprasional dengan harga tiket saat ini.. Kita menggunakan perhitungan bahan bakar, berat engine dan spesifikasi khusus dari engine. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa saat ini harga tiket pesawat masih lebih tinggi dibandingkan harga operasional. Sehingga promosi bisa sering dilakukan

Keywords: Pesawat terbang, Harga bahan bakar, Avtur, Tiket pesawat, Promo

Abstract

Many ordinary People asked why if someone wants to travelling use the Aeroplane must reach out much money for it. But after the time pass there's many choices of airlines brand and the spread of flight routes plus very cheap price that maybe it can be said that the promo does not make any sense. Because of that we can calculate the Airlines Operation Costs if we see from one ticket with the fuel that they used. So we want to compare operational cost with the ticket in this era. We calculate the airplane fuel, mass of engine and special specification of engine. The result of calculation shows that the cost of the ticket still higher than the operational cost. So, the promotion is still happened.

Keywords: Aeroplane, Fuel Cost, Avtur, Plane ticket, Promotion

1. PENDAHULUAN

Sehubungan dengan adanya peraturan pemerintah yang mengatur Perhitungan biaya untuk menetapkan tarif angkutan umum sesuai dengan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor : SK.687/AJ.206/DRJD/2002, maka tarif-tarif angkutan umum tidak bisa melonjak seperti dahulu kala yang tidak bisa terkendali.

Dan jika diperhatikan banyak masyarakat awam yang mempertanyakan mengapa dahulu jika ada yang hendak berpegian jarak jauh menggunakan pesawat terbang harus merogoh kantong yang tidak sedikit. Namun kedepannya semakin banyak pilihan merek airlines dan semakin banyak pilihan rute penerbangan lalu ditambah banyaknya harga yang murah dan sering adanya promo harga yang mungkin bisa dibilang sangat tidak masuk akal. Oleh karena itu maka bisa memperhitungkan Biaya Operasional Penerbangan jika dilihat dari harga tiket 1 kepala dengan bahan bakar yang digunakan.

Selain sisi marketing yang ditampilkan sebagai analisis perusahaan dan kebutuhan mobilitas masyarakat yang semakin tinggi. Maka dibutuhkan asumsi dasar mengenai bagaimana sih menentukan harga kursi atau berapa biaya operasional per kursi atau dengan kata lain biaya bahan bakar per kursi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Prinsip Bernoulli dalam Pesawat Udara

Sebaiknya kita mengetahui mengenai prinsip dasar dan hukum yang digunakan dalam dalam menerbarkan pesawat udara.

Prinsip Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama Daniel Bernoulli

Hukum Bernoulli

Dalam bentuknya yang sudah disederhanakan, secara umum terdapat dua bentuk persamaan Bernoulli; yang pertama berlaku untuk aliran tak-termampatkan (*incompressible flow*), dan yang lain adalah untuk fluida termampatkan (*compressible flow*).

1) *Aliran Tak-termampatkan (Incompressible flow)* Sumber:(https://id.wikipedia.org/wiki/Prinsip_Bernoulli)

Aliran tak-termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan tidak berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut. Contoh fluida tak-termampatkan adalah: air, berbagai jenis minyak, dan emulsi. Bentuk Persamaan Bernoulli untuk aliran tak-termampatkan adalah sebagai berikut:

$$p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{konstan} \quad [\text{Persamaan.1}]$$

di mana:

v = kecepatan fluida

g = percepatan gravitasi bumi

h = ketinggian relatif terhadap suatu

referensi p = tekanan fluida

= densitas fluida

Persamaan.1 berlaku untuk aliran tak-termampatkan

Dalam bentuk lain, Persamaan Bernoulli dapat dituliskan sebagai berikut:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad [\text{Persamaan.2}]$$

2) *Aliran Termampatkan (compressible flow)* Sumber:(https://id.wikipedia.org/wiki/Prinsip_Bernoulli)

Aliran termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut. Contoh fluida termampatkan adalah: udara dan gas alam. Persamaan Bernoulli untuk aliran termampatkan adalah sebagai berikut:

$$\frac{v^2}{2} + \phi + w = \text{konstan} \quad [\text{Persamaan.3}]$$

dimana:

ϕ = energi potensial gravitasi per satuan massa; jika gravitasi konstan maka, $\phi = gh$ [Persamaan.4]

w = entalpi fluida per satuan massa

$$w = \epsilon + \frac{p}{\rho}, \quad [\text{Persamaan.5}]$$

Catatan:

dimana ϵ adalah energi termodinamika per satuan massa, juga disebut sebagai energi internal spesifik.

2.2. Bahan Bakar Pesawat Terbang

Setiap kendaraan atau alat transportasi membutuhkan bahan bakar agar bisa bergerak dan menjalankan fungsinya. Tak terkecuali dengan pesawat terbang. Begitu pentingnya bahan bakar, ibarat makanan yang merupakan sumber energi bagi manusia, bahan bakar pesawat adalah seperti 'makanan' bagi pesawat.

Pesawat terbang sendiri memiliki dua jenis bahan bakar yang biasa digunakan yakni Avgas dan Avtur. *Aviation Gasoline* atau yang biasa disebut dengan Avgas adalah bahan bakar dari fraksi minyak tanah yang dirancang sebagai bahan bakar pesawat terbang dengan menggunakan mesin yang memiliki ruang pembakaran internal. Yakni mesin piston atau mesin yang bekerja dengan prinsip resiprokal atau dengan pengapian/pembakaran. Dengan kata lain jenis bahan bakar Avgas ini untuk jenis pesawat yang bermesin piston engine.

Avgas memiliki nilai oktan 100-104 yang spesifik digunakan untuk mesin pesawat terbang dengan tingkat kompresi yang tinggi. Sumber: (<http://mobil.otomotifnet.com/Motor/Teknik/Ragam-Bahan-Bakar-racing-For-Competition-Only>)

Avgas serupa dengan bensin, bahan bakar ini diolah dari gasoline (bensin) yang lebih disempurnakan dari segi volitility, titik didih, titik bekunya dan flash pointnya. Berbeda dengan mogas atau motor gasoline, Avgas digunakan pada pesawat terbang sedangkan mogas digunakan pada kendaraan bermotor seperti motor dan mobil yang bahan bakarnya dijual di SPBU. Avgas memiliki sifat sangat mudah menguap dan sangat mudah terbakar pada temperatur normal. Maka dari itu, dibutuhkan prosedur dan peralatan khusus dalam menangani produk ini.

Penggunaan jenis bahan bakar tergantung jenis pesawat, yakni Avtur, *Aviation Turbine Fuel* atau Avtur yang secara internasional lebih dikenal dengan nama Jet A-1 adalah bahan bakar yang digunakan untuk pesawat terbang jenis jet atau turbo jet, baik tipe *jet propulsion* atau *propeller*. Berbeda dengan Avgas yang diolah dari bensin, Avtur diolah dari kerosene (minyak tanah) yang digunakan untuk keperluan penerbangan sipil di seluruh dunia, itulah asalnya Avtur.

2.3. Pemasaran Pesawat Terbang penumpang.

Bisnis jasa pada dasarnya merupakan suatu bisnis yang tidak berwujud, yang dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Salah satu bisnis jasa adalah bisnis penerbangan.

Komponen utama bisnis penerbangan adalah maskapai penerbangan atau *airlines*. Maskapai penerbangan adalah sebuah organisasi yang menyediakan jasa penerbangan bagi penumpang atau barang. Perusahaan maskapai tersebut menyewa atau memiliki pesawat terbang untuk menyediakan jasa transportasi. *Airlines* juga dapat membentuk kerja sama atau aliansi dengan maskapai lainnya untuk memperkuat cakupan jalur penerbangannya melalui konsep *hub* dan *spoke*.

Dalam bisnis jasa terdapat 7 komponen *marketing mix* atau sering disebut dengan istilah bauran pemasaran. *Philip E Kotler (Kotler, PE, 2000:50)* berpendapat bahwa bauran pemasaran adalah seperangkat alat pemasaran yang digunakan perusahaan untuk mencapai tujuan dalam pasar sasaran.

Pada umumnya, dalam pemasaran terdapat empat prinsip dasar bauran pemasaran (*marketing mix*) yang terdiri 4 P, yaitu produk (*product*), harga (*price*), tempat (*place*), dan promosi (*promotion*). Sedangkan dalam pemasaran layanan jasa dikenal dengan sebutan 7 P, di mana 3 P berikutnya adalah proses (*process*), orang (*people*), dan bukti fisik (*physical evidence*).

Tujuh bauran pemasaran pada bisnis jasa penerbangan dijelaskan sebagai berikut;

Sumber: (*Newman. D G, Engineering Economic Analysis, (1991), Binarupa Aksara, Jakarta*)

1. *Product* (Produk) merupakan barang atau jasa yang dihasilkan untuk digunakan oleh konsumen guna memenuhi kebutuhan dan memberikan kepuasannya. Hal-hal yang tergolong produk dalam bisnis jasa penerbangan antara-lain : Pesawat yang besar dan moderen, mengutamakan keselamatan penerbangan, makanan dan *snack* yang berkualitas, pelayanan bagasi yang handal dan terpercaya, tempat duduk di dalam pesawat yang nyaman dan tidak sempit, pilihan jadwal penerbangan, program *Frequent Flyer* yang menarik;

2. *Price* (Harga). Komponen harga merupakan satu-satunya unsur bauran pemasaran yang memberikan pendapatan bagi perusahaan, sedangkan ketiga unsur lainnya (produk, saluran distribusi, dan promosi) adalah penyebab timbulnya *cost*/biaya. Hal-hal yang tergolong sebagai saluran distribusi dalam bisnis jasa penerbangan antara-lain : Harga yang murah, tarif batas atas, tarif batas bawah, harga yang sesuai kualitas penerbangan, harga murah tetapi dengan pelayanan minim, paket potongan /*discount* harga; *Group*,
Hal | 812

3. *Place* (Tempat atau Saluran Distribusi). Peranan saluran distribusi adalah sebagai kegiatan pemasaran yang berusaha untuk mempermudah penyampaian barang dan jasa dari perusahaan ke konsumen. Hal-hal yang tergolong sebagai saluran distribusi dalam bisnis jasa penerbangan antara-lain : Pemesanan tiket yang mudah melalui *call center*, pemudahan *online booking* (*Web/SMS*), kemudahan menjangkau Agen/Kantor Penjualan, kemudahan dalam pembayaran *E-ticketing*;

4. *Promotion* (Promosi), Promosi adalah arus informasi atau persuasi satu arah yang dibuat untuk mengarahkan seseorang kepada tindakan yang menciptakan pertukaran dalam pemasaran. Hal-hal yang tergolong sebagai promosi dalam bisnis jasa penerbangan antara-lain : Pemberian kemudahan fasilitas pada *Frequent Flyer*; kemudahan akan informasi penerbangan/iklan yang ditampilkan, adanya undian berhadiah dalam penerbangan, adanya iklan di TV.

5. *People* (Orang), maksudnya adalah jasa sebagian besar diberikan oleh orang, sehingga seleksi, pelatihan dan motivasi pegawai dapat membuat perbedaan besar dalam kepuasan pelanggan. Idealnya, pegawai harus memperhatikan kompetensi, sikap memperhatikan, responsif, inisiatif, kemampuan memecahkan masalah dan niat baik. Hal-hal yang tergolong sebagai *People* dalam bisnis jasa penerbangan antara-lain : Sikap karyawan penjualan yang ramah, sikap karyawan yang profesional, asistensi petugas sebelum keberangkatan, tanggapan karyawan terhadap keluhan; Keramahan pilot dan pramugari.

6. *Physical Evidence*, Kualitas jasa dapat ditunjukkan melalui bukti fisik dan penyajian. Jadi suatu bisnis penerbangan akan mengembangkan suatu penampilan dan gaya yang dapat diamati dalam menangani pelanggannya, sehingga dapat menyampaikan nilai yang diharapkan bagi konsumen, baik itu kebersihan, kecepatan atau manfaat lainnya. Hal-hal yang tergolong sebagai *Physical Evidence* dalam bisnis jasa penerbangan antara-lain : Kantor perwakilan yang bersih dan nyaman, Agen penjualan yang bersih dan nyaman, Pesawat yang bersih dan indah, Logo perusahaan yang menarik;

7. *Process* (Proses) merupakan sistem organisasi adalah elemen yang tidak terlihat tetapi mendukung bisnis jasa tersebut. Hal-hal yang tergolong sebagai Proses dalam bisnis jasa penerbangan antara-lain : *Proses check-in* dan *boarding* yang mudah, Jadwal keberangkatan dan kedatangan yang tepat waktu, Proses pengambilan bagasi yang cepat.

2.4. Tahap Awal

Tahap awal dalam perhitungan ini memperhitungkan biaya pemakaian bahan bakar dan biaya perawatan pesawat digunakan contoh sebagai berikut:

1. Perhitungan hanya berdasarkan Pemakaian Bahan Bakar dan Biaya Perawatan.
2. *Load Factor* 100 % dikarenakan tidak berpengaruh terhadap perhitungan
3. Rute penerbangan adalah sama
4. Kondisi terbang dan cuaca dalam keadaan Normal.
5. Biaya yang diperhitungkan adalah untuk satu kali penerbangan atau satu trip (Contoh: Jogjakarta – Denpasar).
6. Dalam kurun waktu yang ditentukan, tidak terjadi penurunan dari kinerja pesawat, dan penggunaan bahan bakar tidak mengalami penambahan.
7. Jenis bahan bakar yang dipergunakan adalah sama yaitu avtur dengan berat jenis 6,7 lb/gallon. Harga avtur mempergunakan harga dari PT. Pertamina pada bulan April 2017 seperti contoh berikut

News

[Pertamina Posting Price](#)

[Pertamina Aviation News Releases](#)

[Industry News and Information](#)

Pertamina Posting Price

Search Airport :

Airport : Halim Perdanakusuma
Jakarta, Indonesia (HLP)

Jet A-1 Prices

Into Aircraft Delivery ** : 7,400.00 IDR per litre / 55.20 US Cent per litre
Not Into Aircraft Delivery ** : 9,730.00 IDR per litre / 72.60 US Cent per litre
Packaged product *** : 2,441,000.00 IDR per Drum

Avgas Price

Packaged product ** : 15,611,000.00 IDR per Drum

Methmix Price

Packaged product ** : 0.00 IDR per litre

For fuel price information outside Indonesia please contact our [Commercial Sales Office](#)

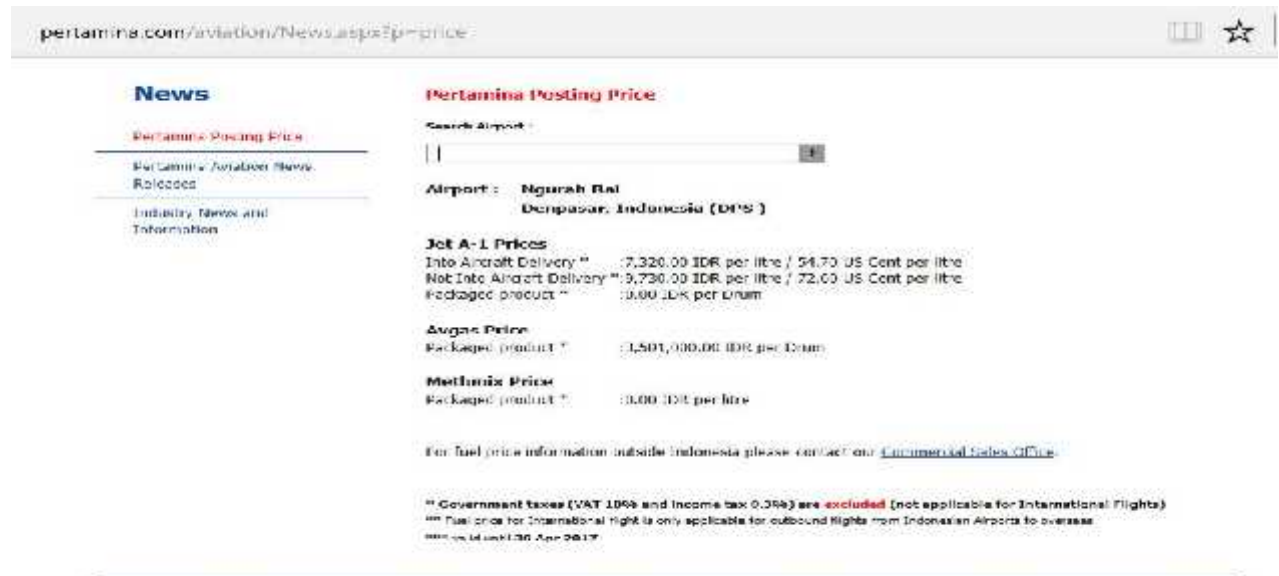
** Government taxes (VAT 10% and income tax 0.3%) are **excluded** (not applicable for International flights)

*** Fuel price for international flight is only applicable for outbound flights from Indonesian Airports to overseas

**** valid until 30 Apr 2017

Head Office : PETA AN OFFICE A Building - 2nd Floor
Jalan Abadi Pusat No. 02-58 A
Jakarta Pusat 10160 - Indonesia

Gambar.1 : Harga Avtur di Bandara Halim Perdanakusumah – Jakarta



Gambar.2 : Harga Avtur di Bandara Ngurah Rai – Denpasar Bali

Maka diambil *sample* untuk perhitungan sebesar Rp.7.500,00/liter

8. Penerbangan menggunakan berat maksimum saat *take off* (MTOW) untuk masing-masing pesawat dan menggunakan data umum yang sesuai dari literatur.
9. Nilai tukar rupiah terhadap dollar adalah Rp. 12.936,00. Untuk memudahkan perhitungan dibulatkan menjadi Rp. 12.950.
10. Jumlah trip dalam satu hari adalah 2 kali, sehingga dalam satu tahun menjadi 730 trip dimana dalam satu tahun terdapat 365 hari.

Tabel.1 : Spesifikasi Pesawat

Spesifikasi Pesawat					
Jenis Pesawat	Airbus A-319	Airbus A-320	Airbus A-320	Boeing 737-300	Boeing 737-400
Kecepatan	840 km/h= 521,952 mph	840 km/h= 521,952 mph	840 km/h= 521,952 mph	794 km/h= 493,369 mph	813 km/h= 505,175 mph
Jumlah Kursi	153	179	179	149	170
Berat (lb)					
OEW	88.537	92.980	92.980	84.100	72.700
MTOW	141.095	162.040	162.040	154.500	138.500
MLW	134.480	142.195	142.195	129.200	121.000
1 mph	= 1,609344 km/jam				
1 mach	= 1193,256 km/jam				
1 nm	= 1,852 km				
JOG-DPS	= 560 km				

2.5. Biaya Bahan Bakar

Penggunaan bahan bakar untuk *cruise* dan bahan bakar *non cruise* untuk setiap trip penerbangan sesuai dengan persamaan perhitungan biaya bahan bakar pada Tabel.1, dengan berat *take off* adalah MTOW dan jumlah *engine* adalah dua, ketinggian terbang 35.000 ft serta parameter untuk *non cruise fuel* menggunakan parameter *take off* sebagai dasar parameter lain yang termasuk dalam *non cruise*, perhitungan untuk pesawat Airbus A-319, Airbus A-320, Boeing 737-300 dan Boeing 737-400 adalah sebagai berikut :

Tabel.2 : Spesifikasi Engine

Jenis pesawat	Jenis Engine	Jumlah Engine	T/O Thrust (lb)	Sfc T/O (lb/hr/lb thrust)	Sfc Cruise (lb/hr/lb thrust)	L/D	Berat Engine (lb)
Airbus A-319	CFM-56-5A4	2	22.000	0,320	0,600	14,1	4.995
Airbus A-320	CFM-56-5B4	2	27.000	0,340	0,600	14,6	5.250
Boeing 737-300	CFM-56-7B24	2	24.200	0,360	0,603	13,2	5.257
Boeing 737-400	CFM-56-3C1	2	23.500	0,390	0,672	13,7	4.301

Sumber : An Economic Model of US Airline Operating Expensive, Harris Franklin : 2005

Perhitungan Bahan Bakar untuk Airbus A-319

$$\begin{aligned}
 \text{Total Fuel} &= \text{Non Cruise Fuel} + \text{Cruise Fuel} && \text{[Persamaan.6]} \\
 &= 496,1196357 + 987,24 \\
 &= 1.483,359636 \text{ gallon} \\
 &= 5.615,127365 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

dimana 1 gallon = 3,785412 liter

Sehingga biaya bahan bakar untuk Pesawat Airbus A-319

$$\begin{aligned}
 \text{adalah } C_{\text{fuel}} &= 5.615,127365 \text{ liter} \times \text{harga avtur} \\
 &= 5.615,127365 \text{ liter} \times \text{Rp } 7500 \\
 &= \text{Rp } 42.989.415,11/\text{trip}
 \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar sebesar Rp 42.989.415,11

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya bahan bakar per trip dijadikan per seat} \\
 &= \text{Rp } 42.989.415,11 / \text{trip} / 153 \text{ seat} \\
 &= \text{Rp } 275.251,3414 / \text{trip} / \text{seat}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Bahan Bakar untuk Airbus A-320

$$\begin{aligned} \text{Total Fuel} &= \text{Non Cruise Fuel} + \text{Cruise Fuel} \\ &= 431,9921 + 1100,2 \\ &= 1532,192 \text{ gallon} \\ &= 5.799,978 \text{ liter} \end{aligned}$$

dimana 1 gallon = 3,785412 liter

sehingga biaya bahan bakar untuk Pesawat Airbus A-320

$$\begin{aligned} \text{adalah } C_{\text{fuel}} &= 5.799,978 \text{ liter} \times \text{harga avtur} \\ &= 5.799,978 \text{ liter} \times \text{Rp } 7500 \\ &= \text{Rp } 43.499.837,71/\text{trip} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar sebesar Rp 43.499.837,71

$$\begin{aligned} \text{Biaya bahan bakar per trip dijadikan per seat} \\ &= \text{Rp } 43.499.837,71 / \text{trip}/179\text{seat} \\ &= \text{Rp } 243.015,8531/\text{trip}/\text{seat} \end{aligned}$$

Perhitungan Bahan Bakar untuk Boeing 737-300

$$\begin{aligned} \text{Total Fuel} &= \text{Non Cruise Fuel} + \text{Cruise Fuel} \\ &= 453,0744 + 1167,58956 \\ &= 1.620,66396 \text{ gallon} \\ &= 6.134,880802 \text{ liter} \end{aligned}$$

dimana 1 gallon = 3,785412 liter

sehingga biaya bahan bakar untuk Pesawat Boeing 737-300

$$\begin{aligned} \text{adalah } C_{\text{fuel}} &= 6.134,880802 \text{ liter} \times \text{harga avtur} \\ &= 6.134,880802 \text{ liter} \times \text{Rp } 7500 \\ &= \text{Rp } 46.011.606,02/\text{trip} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar sebesar Rp 46.011.606,02

$$\begin{aligned} \text{Biaya bahan bakar per trip dijadikan per seat} \\ &= \text{Rp } 46.011.606,02/\text{trip}:149 \text{ seat} \\ &= \text{Rp } 308.802,7249/\text{trip}/\text{seat} \end{aligned}$$

Perhitungan Bahan Bakar untuk Boeing 737-400

$$\begin{aligned} \text{Total Fuel} &= \text{Non Cruise Fuel} + \text{Cruise Fuel} \\ &= 505,4151625 + 1154,60608 \\ &= 1.660,021243 \text{ gallon} \\ &= 6.283,84332 \text{ liter} \end{aligned}$$

dimana 1 gallon = 3,785412 liter

sehingga biaya bahan bakar untuk Pesawat Boeing 737-400

$$\begin{aligned} \text{adalah } C_{\text{fu}} &= 6.283,84332 \text{ liter} \times \text{harga avtur} \\ &= 6.283,84332 \text{ liter} \times \text{Rp } 7500 \\ &= \text{Rp } 47.128.982,49/\text{trip} \end{aligned}$$

Konsumsi bahan bakar sebesar Rp 47.128.982,49

$$\begin{aligned} \text{Biaya bahan bakar per trip dijadikan per seat} \\ &= \text{Rp } 47.128.982,49/\text{trip}/170\text{seat} \\ &= \text{Rp } 277.229,3088/\text{trip}/\text{seat} \end{aligned}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Harga satu tiket penerbangan pesawat untuk saat ini yang terjadi pada harga pemasaran kisaran Rp. 500.000 Hingga Rp. 1.000.000.

Tabel.3 : Perhitungan Harga per seat

Jenis Pesawat	Jumlah Mesin	Berat Mesin	Harga per Seat
Airbus A-319	2	4.955	Rp 275.251
Airbus A-320	2	5.250	Rp 243.016
Boeing 737-300	2	5.257	Rp 308.802
Boeing 737-400	2	4.301	Rp 277.230

Untuk mendapatkan satu tiket penerbangan seperti yang ada pada Table.3 dapat menggunakan rumus yaitu:

$$\left(\frac{\text{ketinggian}}{\text{MTOW}} \times 2 \right) + \left(\text{Berat Engine} \times \text{SFC} \times \frac{T}{O} \right) + \left(\text{Jumlah Engine} \times \frac{L}{D} \right) \quad [\text{Persamaan.7}]$$

Hasil tersebut dikalikan dengan satu liter per gallon yang mempunyai harga 3,785412 . Lalu hasil tersebut dikalikan dengan satu liter avtur yang seharga Rp. 7.500 perliter. Sehingga menghasilkan harga satu kali perjalanan untuk semua penumpang. Hasil yang diperoleh bukan hasil akhir, sehingga kita harus membagi hasil yang kita peroleh tadi dengan jumlah seat yang ada di pesawat. Setelah dibagi kita akan menemukan hasil akhir yaitu harga untuk satu seat dalam satu kali penerbangan.

4. SIMPULAN

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa harga satu tiket untuk rute Jogjakarta – Denpasar satu orang pada penerbangan pesawat terbang yaitu sebagai berikut :

Tabel.4 : Harga per *seat* di jenis pesawat berbeda.

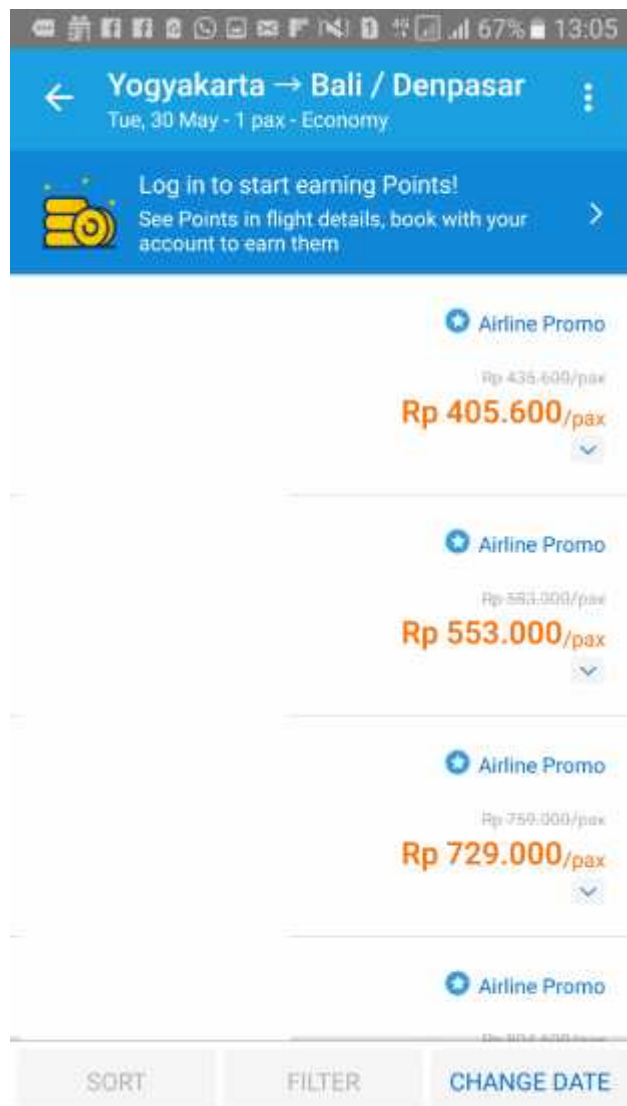
Jenis Pesawat	Harga per <i>seat</i>
Airbus A-319	Rp 275.251
Airbus A-320	Rp 243.016
Boeing 737-300	Rp 308.802
Boeing 737-400	Rp 277.230

Jadi bisa ditarik kesimpulannya :

- 1) Bahwa perhitungan harga satu tiket pada satu kali penerbangan jauh lebih murah dibandingkan dengan harga yang dijual di pasaran saat ini.
- 2) Tetapi harga yang diperhitungkan belum memperhitungkan biaya *docking* (istilah pesawat parker untuk penerbangan di bandara), biaya marketing atau promosi, perawatan, biaya operasional dan lain sebagainya.
- 3) Kapasitas kursi lebih sedikit mempengaruhi penerbangan ini.

Diinformasikan pengecekan disalah satu website perjalanan biaya yang beredar di masyarakat sebagai berikut.

Gambar.3 : Harga pasaran tiket pesawat.



5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama Kami ucapkan Puji dan Syukur Kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala Nikmat yang Tuhan berikan kepada kami hingga detik ini. Yang kedua kami ucapkan terimakasih kepada orang tua dan civitas akademi Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta atas fasilitas dan ilmu serta doa yang telah beliau berikan kepada kami.

Daftar Pustaka

[1] Agung, D.,2013,” Perancangan Sistem Surge Absorber Untuk Mencegah Terjadinya Waterhammer Pada Pipeline Sistem Pendistribusian Avtur Di DPPU Pertamina - Bandara Ngurah Rai”, Jurnal Teknik ITS

[2] Teddy S.,2012,” Disain dan Implementasi Kontrol PID Model Reference Adaptive Control untuk Automatic Safe Landing pada Pesawat UAV Quadcopter”, Jurnal Teknik ITS

[3] Jeffri M., 2013, ”Analisa Kegagalan pada Fuel Intake Manifold Pesawat Terbang Boeing 737-500”, Jurnal Teknik ITS