



# **PROSIDING A**

# **SEMINAR NASIONAL**

**TEKNIK MESIN 2016 POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**PENGUATAN TEKNOLOGI MANUFAKTUR,  
REKAYASA MATERIAL, DAN KONVERSI ENERGI  
DALAM MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN**

**Rabu, 20 Juli 2016**

## KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah SWT atas segala nikmat dan karuniaNya.

Syukur alhamdulillah dapat dilaksanakan seminar Teknik Mesin 2016 yang bertema PENGUATAN TEKNOLOGI MANUAKTUR, REKAYASA MATERIAL, DAN KONVERSI ENERGI DALAM MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN. Dengan program ini Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta bersama akademisi, peneliti, dan praktisi industri berusaha mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi terapan dengan berbagi pengetahuan, pengalaman penelitian, dan perancangan produk untuk penguatan kemampuan teknologi dalam menghadapi era Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) yang sudah di depan mata. Program ini juga ditujukan untuk memperbaharui pengetahuan, jejaring akademis, dan kompetensi peneliti, perancang, dan para mahasiswa Teknik Mesin.

Seminar ini melibatkan banyak pihak yang dipandang mempunyai kemampuan yang dapat mewakili peran sebagai akademisi, peneliti, praktisi industri dan pengusaha sehingga diharapkan bisa menjadi inspirasi dan motivasi bagi pengembangan kemampuan teknologi dalam menghadapi MEA. Hal ini merupakan tantangan yang harus dihadapi agar tidak menjadi bangsa yang kalah di negeri sendiri. Hasil seminar Nasional diharapkan dapat memberikan sumbangan nyata bagi penguasaan teknologi permesinan nasional

Hasil seminar ini berupa artikel yang disusun dalam Prosiding yang memuat semua tulisan berupa pemikiran dan perancangan para civitas akademik, baik dosen, peneliti, mahasiswa maupun praktisi industri. Tulisan-tulisan dalam Prosiding ini diharapkan menjadi jawaban dan menumbuhkan inspirasi, ide dan konsep yang menjawab tantangan di atas.

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 2016 pada kesempatan ini menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Prof. Dr. Ir. Erry Yulian T. Adesta CEng. MIMechE. Deputy Dean (Postgraduate and Research) IIUM, International Islamic University Malaysia.
- Ir Richard Budihadianto, Ketua Umum IAMSAs Indonesian Aircraft Maintenance And Services Association
- Ir Nicke Wydiawati, Direktur Perencanaan PT PLN (Persero)

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

Panitia menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada

- para sponsor : PT Badak LNG dan PT Holcim Indonesia
- para undangan, pemakalah dan para tamu, baik sebagai dosen, peneliti, praktisi industri, dan mahasiswa yang telah ikut hadir berpartisipasi dalam seminar ini.
- seluruh anggota panitia dan semua pihak yang mendukung terlaksananya seminar ini.

Panitia menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya atas kekurangan dalam pelayanan dan pelaksanaan seminar ini.

Semoga seminar ini akan menjadi kegiatan tahunan yang akan melibatkan lebih banyak lagi pihak-pihak yang kompeten dalam bidang teknologi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta mengharapkan 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, 20 Juli 2016  
Ketua Panitia

Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng(Hons)

**SUSUNAN PANITIA**

<b>Penasihat</b>	:	Direktur Politeknik Negeri Jakarta Pembantu Direktur I
<b>Penanggung Jawab</b>	:	Ketua Jurusan Teknik Mesin
<b>Ketua Pelaksana</b>	:	Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng. (Hons)
<b>Wakil Ketua</b>	:	Adi Syuriadi, M.T.
<b>Koordinator Kesekretariatan, Publikasi, Reviewing dan Proceeding</b>	:	Drs. Moch. Sholeh, M.T.
<b>Anggota</b>	:	Hasnah Syarif, S.T. Nuke Amanda, A.Md.
<b>Seksi Publikasi</b>	:	Haolia Rahman, M.T. Gun Gun R. Gunadi, M.T.
<b>Seksi Proceeding</b>	:	Gun Gun R. Gunadi, M.T.
<b>Seksi Reviewing</b>	:	Candra Damis, M.T.
<b>Bendahara dan Sponsorship</b>	:	Dewin Purnama, M.T. Fuad Zainuri, M.T.
<b>Anggota</b>	:	Nuryanti
<b>Koordinator Seksi Acara, Perlengkapan, Konsumsi dan Keamanan</b>	:	Dra. Indriyani Rebet, M.Si.
<b>Seksi Acara</b>	:	Drs. Sugeng Mulyono, M.Kom. Hamdi, M.Kom.
<b>Seksi Perlengkapan</b>	:	Asep Apriana, M.T. Amril Slamet Supriyadi
<b>Seksi Konsumsi</b>	:	Dra. Arieke Sulistyowati, M.Kom RR. Estuti Budimulyani, M.Si. Dra. Wardah Hanafiah, M.Pd. Supriyatna Baihaqi
<b>Reviewer</b>	:	Prof. Dr. Ir. Johny Wahyudi Soedarsono, DEA. Dr. Totok Prasetyo, B.Eng. M.T. Dr-Ing. Ir. Nasruddin, M.Eng. Dr. Sugeng Ariyono Dr. M. Sjahrul Annas Rosyida Permatasari, Ph.D. Ir. Syamsul Hadi, M.T., Ph.D. Dr. Ir. Bambang Sugiyono Agus Purwono, M.Sc. Dr. Carolus Bintoro Dr. Drs. Agus Edi Pramono, S.T., M.T. Dr. Dianta Mustafa Kamal, M.T. Dr. Vika Rizkia, M.T. Mera Kartika, M.T. Ir. Benhur Nainggolan, M.T. Rachmat Subarkah, M.T. Haolia Rahman, M.T.

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b>	
<b>Kata Pengantar</b> .....	i
<b>Susunan Panitia</b> .....	iii
<b>Daftar Isi</b> .....	iv
<b>Bidang Manufaktur dan Proses Produksi, Perancangan Produk, dan Material</b>	
Model Economic Order Quantity untuk Barang yang Tidak Sempurna dengan Perbaikan dan Tingkat Permintaan Stokastik .....	1
Rancang Bangun Electrical Wiring pada Panel Tripper Limestone 242-TR1 Sesuai Holcim Standard Design Criteria .....	17
Modifikasi Basic Position Encoder untuk Optimalisasi Kiln Temperature Scanner .....	27
Analisa Geometrik pada Mesin Perkakas Milling Vertikal .....	39
Desain Model Cyclone untuk Analisa Penurunan Pressure Drop .....	51
Rancangan Upgrade Program PLC CF dan Low Kiln Feed pada Sistem PT Holcim Indonesia..	59
Modifikasi Flange Sensor Back End Temperature (BET) untuk Pengurangan Frekuensi Rusaknya Sensor .....	67
Rancangan Slat Chain Conveyor Pengangkut Paper Roll Kapasitas 4 Ton .....	73
Modifikasi Dudukan Sensor Speed Switch pada 211-MD-3 Dan 211-MD-4 untuk Optimalisasikinerja Roller Crusher .....	83
Smart-Port (Smart AC Portable) dengan Dual Power Source In High Efficiency .....	89
Modifikasi Panelview untuk Pengurangan Terjadinya Shutdown Palletizer .....	97
<b>Bidang Konversi Energi dan Perawatan dan Perbaikan</b>	
Analisis Efektivitas Heat Exchanger Tipe Plat di PLTP Unit IV Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang .....	107
Karakteristik Pendinginan pada Heat Sink Menggunakan Synthetic Jet dengan Fungsi Gelombang Triangle .....	115
Rekondisi Rumah Bearing untuk Mengatasi Kebocoran Oli pada Reducer Harrow Reclaimer Limestone .....	125
Analisis Kerusakan pada Forklift dengan Metode Diagram Tulang Ikan di PT. XYZ .....	135
Analisa Kerusakan Sistem Kelistrikan pada Forklift di PT Hyundai Indonesia Motor .....	143
Condition Based Maintenance (CBM) Menggunakan Teknik Analisis Spektrum Vibrasi untuk Meningkatkan Keandalan Mesin .....	149
Analisa Kelayakan Mesin Milling F3 dengan Pengujian Ketelitian Geometrik .....	159

**BIDANG MANUFaktur DAN PROSES PRODUKSI, PERANCANGAN PRODUK, DAN  
MATERIAL**

# MODEL ECONOMIC ORDER QUANTITY UNTUK BARANG YANG TIDAK SEMPURNA DENGAN PERBAIKAN DAN TINGKAT PERMINTAAN STOKASTIK

Raka Arba Puspa Darmayo, Vincentius Henry Sentosa, Dennis Arif Prasetya, Hana Stefani Wijaya, Hestia Kopaloma

Universitas Kristen Petra, Sivalankerto 121-131, 031-8439040, 031-8436418,  
m25412069@john.petra.ac.id

## Abstrak

Salameh dan Jaber melakukan penelitian terhadap Economic Order Quantity (EOQ) pada tahun 2000. Pengembangan yang dilakukan oleh Salameh dan Jaber terhadap model EOQ pada umumnya adalah penambahan barang cacat pada model EOQ yang ditelitinya. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana EOQ yang optimum dengan data permintaan yang bersifat stokastik yang diasumsikan berdistribusi normal. Perhitungan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi monte carlo karena perhitungan analitis untuk data yang bersifat stokastik sangat sulit untuk dilakukan. Optimasi pada simulasi yang telah dibuat akan dilakukan dengan metode GRG Non-linear. Simulasi monte carlo ini telah teruji dapat mewakili perhitungan analitis dari Salameh dan Jaber dengan tingkat kesamaan sebesar 95%. Metode GRG Non-linear pada solver juga telah terbukti dapat digunakan dalam simulasi ini. Pembangkitan angka acak yang berdistribusi normal menggunakan metode random variate generator yang akan diuji dengan mean sesuai data Salameh dan Jaber dan standar deviasi sebesar 2%, 5%, dan 10%. Perhitungan EOQ tersebut akan dilakukan sebanyak 5 kali replikasi.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi mengenai EOQ untuk barang tidak sempurna dengan perbaikan dan tingkat permintaan stokastik dapat dilakukan. Hasil tersebut mewakili keadaan sesungguhnya karena telah menggunakan data permintaan yang bersifat stokastik. Penelitian ini diharapkan dapat berguna bagi perhitungan EOQ dengan hasil yang lebih optimum dan mewakili kejadian sesungguhnya.

**Kata Kunci:** Economic Order Quantity, inventory, monte carlo, simulasi

## Abstract

Salameh and Jaber did a research about economic order quantity on 2000. Development that Salameh and Jaber did is about adding a reject product in the EOQ model. This research aims to look how the optimum EOQ with stochastic demand data which has assumed normal distribution. The calculation in this study has done by monte carlo simulation because analytical calculation for stochastic data is too difficult. Optimization in the simulation that has been made will be done by GRG non-linear method. This monte carlo simulation has proven to represent analytical calculation of Salameh and jaber with the level of similarity of 95%. GRG non-linear on solver has also been proven to be used in this simulation. Generation normally distributed random numbers is using random variate generator method that will be tested with mean and standard deviation of 2%, 5%, and 10%. That EOQ calculation will be performed 5 times replication. The result of this study shows that simulation about EOQ for reject product with maintenance and stochastic demand data can be done. These result represent the real events because already used stochastic demand data. This study is expected to be useful for the calculation of EOQ with optimum results and represent real events.

**Keywords:** Economic Order Quantity, inventory, montecarlo, simulation

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Inventory atau persediaan merupakan barang dagangan yang dibeli untuk dijual kembali dan masih ada di dalam gudang berupa stok (Rangkuti, 2000). Perusahaan harus mengetahui jumlah persediaan bahan baku maupun produk jadi yang optimal sehingga tidak menimbulkan permasalahan yang lebih kompleks. Persediaan yang terlalu sedikit dapat mengakibatkan terhambatnya proses produksi sehingga dapat mengurangi tingkat kepuasan konsumen terhadap produk yang ditawarkan oleh perusahaan. Persediaan yang terlalu banyak membuat perusahaan harus membayar lebih untuk biaya penyimpanan serta resiko pemeliharaan dan kerusakan lebih besar. Perusahaan perlu mengetahui persediaan yang efektif dan optimal sehingga meminimalkan biaya operasional.

Persediaan merupakan hal yang penting bagi perusahaan sehingga penelitian tentang persediaan telah sering dilakukan di beberapa jurnal dan buku (Sutjiadi, 2014). Penelitian tentang persediaan pertama kali dilakukan oleh Haris pada tahun 1913 dengan menggunakan metode EOQ (Khan et al., 2011). Metode EOQ (Economic Order Quantity) adalah metode yang digunakan untuk mengestimasi jumlah pemesanan terbaik dengan memperhitungkan biaya pemesanan dan biaya penyimpanan (Rushton, Oxley, & Croucher, 2000). Metode EOQ merupakan metode analitis yang membantu perusahaan dalam menentukan jumlah pemesanan yang paling efektif setiap kali pesan sehingga total biaya persediaan dapat diminimumkan. Biaya yang termasuk didalam total biaya persediaan adalah biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Penelitian persediaan oleh Haris terus dikembangkan dan diperbaiki oleh para peneliti, salah satunya adalah penelitian oleh Salameh dan Jaber pada tahun 2000.

Penelitian persediaan yang dilakukan oleh Salameh dan Jaber (2000) adalah mengembangkan model EOQ dimana pengiriman barang berisi persentase acak dari barang tidak sempurna atau cacat dan memiliki dua asumsi. Asumsi pertama adalah kecepatan pemeriksaan barang lebih cepat daripada kecepatan permintaan sehingga tidak akan terjadi kekurangan barang (shortage). Asumsi kedua adalah barang yang tidak sempurna atau cacat bisa diperbaiki dan masuk ke dalam persediaan kembali. Penelitian Salameh dan Jaber dikembangkan oleh beberapa peneliti dengan memperhatikan shortages backordering, quality, supply chains, dan fuzzy (Khan et al., 2011). Penelitian metode EOQ yang memperhatikan shortages backordering dilakukan oleh Yu et al. pada tahun 2005 serta Chang dan Ho pada tahun 2010. Penelitian metode EOQ yang memperhatikan quality dilakukan oleh Chan et al. pada tahun 2003 dan Tsou et al. pada tahun 2009. Penelitian metode EOQ yang memperhatikan supply chains dilakukan oleh Huang pada tahun 2002 dan Sana pada tahun 2011. Penelitian metode EOQ yang memperhatikan fuzzy dilakukan oleh Chang pada tahun 2004 dan Ouyang et al. pada tahun 2006. Penelitian dengan data permintaan yang bersifat stokastik belum dibahas dalam sejumlah penelitian dari tahun 2000 hingga 2011. Metode analitis sulit dilakukan untuk menyelesaikan masalah persediaan dengan data permintaan bersifat stokastik sehingga metode simulasi diperlukan dalam penelitian.

Metode simulasi berhasil menyelesaikan masalah persediaan dalam penelitian yang dilakukan oleh Henmaidi dan Heryseptemberiza pada tahun 2007 (Sutjiadi, 2014). Penelitian tersebut menghitung nilai persediaan rata-rata dengan metode EOQ dan POQ. Metode POQ secara analitis menghasilkan persediaan rata-rata terkecil dengan data permintaan dan lead time yang berdistribusi konstan. Metode EOQ secara simulasi menghasilkan persediaan rata-rata terkecil dengan data permintaan dan lead time berdistribusi probabilistik sesuai dengan kondisi nyata.

Metode simulasi memiliki manfaat sebagai alat bagi perancang sistem atau pembuat keputusan, dalam hal ini menciptakan sistem dengan kinerja tertentu baik dalam tahap perancangan sistem maupun tahap operasional. Metode simulasi yang selama ini telah dilakukan terbukti memberikan efisiensi yang berarti untuk sistem yang relatif kompleks untuk pemecahan analitis (Suryani, 2006). Metode simulasi tidak memberikan solusi yang optimal dibandingkan metode analitis namun penggunaannya bisa lebih luas dan sederhana.

Penelitian yang akan dilakukan adalah perhitungan persediaan menggunakan metode simulasi dengan data permintaan yang bersifat stokastik. Data yang bersifat stokastik menyebabkan masalah persediaan semakin kompleks sehingga membutuhkan metode simulasi. Metode simulasi diharapkan dapat mempermudah perhitungan data bersifat stokastik yang lebih mendekati kondisi sebenarnya di dalam kehidupan nyata sehingga perusahaan dapat melakukan efisiensi dan optimalisasi persediaan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang ada adalah sebagai berikut:

- Data permintaan pada penelitian Salameh dan Jaber (2000) bersifat deterministik, tidak sesuai dengan kehidupan nyata (permintaan berubah-ubah/stokastik).
- Belum ada pengembangan dari penelitian Salameh dan Jaber (2000) yang membahas penyelesaian data permintaan stokastik dengan metode simulasi.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah menyelesaikan masalah persediaan barang yang tidak sempurna dengan menggunakan metode simulasi sebagai pengembangan penelitian Salameh dan Jaber (2000).

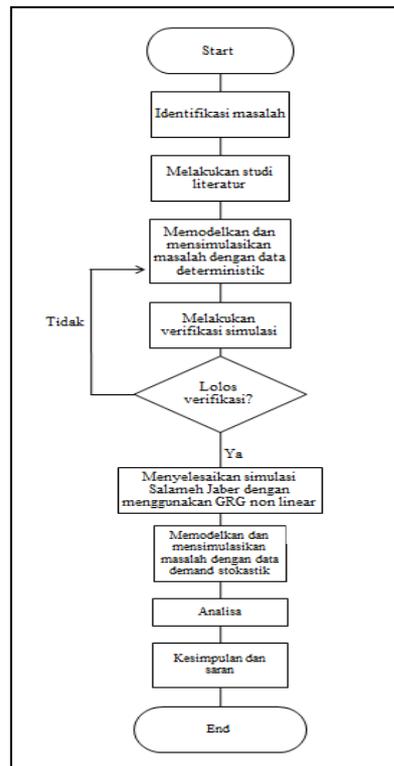
#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan yang digunakan dalam metode penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data dan model yang digunakan berasal dari penelitian Salameh dan Jaber (2000).
- Data permintaan berdasarkan asumsi, bukan data real.
- Seluruh barang yang tidak sempurna akan menjadi sempurna setelah diperbaiki.
- Screening rate konstan.
- Semua biaya konstan.
- Stockout, backorder tidak diperbolehkan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Flowchart dari tahap-tahap penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1. Penelitian yang dilakukan adalah hal yang berhubungan dengan *Economic Order Quantity* untuk barang yang tidak sempurna dengan perbaikan dan tingkat permintaan stokastik. Tahapan dimulai dari identifikasi masalah dan diakhiri dengan pemberian kesimpulan dan saran.



Gambar 2.1 Flowchart Metodologi Penelitian

### 2.1 Identifikasi Masalah

Tahap pertama adalah mengetahui masalah apa yang terjadi dengan *Economic Order Quantity* pada penelitian sebelumnya. Masalah yang teridentifikasi membantu mengetahui apa saja yang harus dilakukan. Penjabaran masalah dapat mempermudah pengerjaan dan pencapaian tujuan.

### 2.2 Melakukan Studi Literatur

Tahap kedua adalah melakukan studi literatur atau pencarian referensi yang berhubungan dengan topik. Literatur yang ada mengacu pada jurnal Salameh dan Jaber (2000). Studi literatur dapat memberikan pemahaman lebih mengenai hal-hal yang akan dibahas dan bagaimana penyelesaiannya. Literatur yang membantu antara lain:

- *Inventory* atau Persediaan, *Supply*, dan *Demand*.
- EOQ (*Economic Quantity Order*).
- Biaya Persediaan.
- Model Matematika Salameh dan Jaber.
- Uji Replikasi.
- Sistem, Model, dan Simulasi.
- Simulasi Monte-Carlo.
- GRG *Non-Linear*.
- *Generating Random Variates* dari Distribusi Normal.
- *Two Sample T-Test*.

### 2.3 Memodelkan dan Mensimulasikan Masalah dengan Data Deterministik

Studi literatur yang telah dipelajari akan dimodelkan dalam bentuk simulasi. Simulasi tersebut dibuat berdasarkan data yang didapatkan melalui studi literatur. Simulasi dibuat dengan metode simulasi Monte-Carlo dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Beberapa variabel yang sesuai dengan literatur seperti jumlah permintaan, biaya transportasi, biaya inventori, dan lain-lain terdapat pada simulasi ini. Simulasi dibuat untuk memodelkan perhitungan analitis dengan data yang sama pada studi literatur.

### 2.4 Melakukan Verifikasi Simulasi

Verifikasi simulasi perlu dilakukan guna memastikan apakah model simulasi tersebut telah menggambarkan kejadian seperti pada model analitis pada studi literatur atau tidak. Simulasi yang belum lolos verifikasi akan direvisi supaya memiliki nilai yang tidak terpaut jauh dengan perhitungan analitis. Verifikasi akan dilakukan dengan cara melihat hasil total keuntungan pada simulasi dan dibandingkan dengan hasil perhitungan analitis. Simulasi dikatakan *verified* jika total keuntungan simulasi tidak berbeda jauh dengan cara perhitungan analitis.

### 2.5 Menyelesaikan Simulasi Salameh Jaber dengan Menggunakan GRG Non-Linear

Model simulasi yang telah terverifikasi akan diselesaikan untuk mendapatkan nilai optimal terhadap total biaya. Penyelesaian tersebut dilakukan dengan metode *GRG Non-Linear* pada *solver*. Metode ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai minimum pada total biaya.

### 2.6 Memodelkan dan Mensimulasikan Masalah dengan Data Demand Stokastik

Data permintaan yang terdapat dalam literatur adalah data yang bersifat deterministik. Data permintaan pada kenyataannya adalah data yang bersifat stokastik karena data permintaan tidak selalu sama pada setiap periodenya. Hal ini mempengaruhi peneliti untuk membuat simulasi dengan angka permintaan yang stokastik sehingga simulasi tersebut dapat menggambarkan kejadian yang sesungguhnya. Angka permintaan diasumsikan berdistribusi normal pada pembuatan simulasi ini. Angka permintaan yang akan disimulasikan dalam bentuk stokastik memiliki *mean* sesuai dengan data pada studi literatur dan standar deviasi yang akan digunakan yaitu 2%, 5%, dan 10% dari *mean*. Angka permintaan yang stokastik tersebut didapatkan berdasarkan angka *random* pada Microsoft Excel dan dibangkitkan berdasarkan metode *random variate generator*.

### 2.7 Analisa Hasil Pengolahan Data

Data yang didapatkan dari jurnal berupa data deterministik, yang akan dikembangkan menjadi data stokastik. Data deterministik akan diolah dengan metode perhitungan analitis dan data stokastik dengan metode simulasi. Hasil perhitungan dari dua metode tersebut akan dibandingkan dan dilihat metode mana yang paling efektif digunakan.

### 2.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh dari semua hasil perhitungan yang didapatkan. Hasil perhitungan diperoleh dari analisa pengolahan data. Kesimpulan yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam memberikan saran yang berguna untuk pembelajaran pengolahan data dengan metode yang ada.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Model dan Simulasi Masalah dengan Data Permintaan Deterministik

Data-data yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari studi literatur yang disusun oleh Salameh dan Jaber (2000). Data-data tersebut berupa data yang bersifat deterministik. Rincian data yang ada dijabarkan sebagai berikut:

$$EOQ (y^*) = 3732 \text{ unit}$$

$$ETPU (y^*) = \$1.195.455$$

$$\text{Rata-rata permintaan tiap tahun} = 50.000 \text{ unit}$$

$$1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari}$$

$$\text{Rata-rata permintaan (D)} = 136,99 \text{ unit/hari}$$

$$\text{Tingkat pemeriksaan (X)} = 480 \text{ unit/hari}$$

$$\text{Persentase kecacatan} = U\sim(0, 0,04)$$

$$\text{Setiap berapa hari dilakukan perbaikan} = \frac{50.000}{6.250} = 7,775 \approx 8 \text{ hari}$$

$$\text{Rata-rata perbaikan (R)} = 136,98 \text{ unit/hari}$$

$$\text{Total waktu transportasi (t}_T\text{)} = 3,32 \text{ hari}$$

$$\text{Total waktu perbaikan (t}_R\text{)} = 3,863 \approx 4 \text{ hari.}$$

Data berupa biaya-biaya yang digunakan dalam pengaturan persediaan pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Biaya pengaturan perbaikan (S)} = \$100 \text{ /perbaikan}$$

$$\text{Biaya transportasi tetap (A)} = \$200 \text{ /perbaikan}$$

$$\text{Biaya transportasi (c}_T\text{)} = \$2 \text{ /unit}$$

$$\text{Biaya material (c}_1\text{)} = \$5 \text{ /unit}$$

$$\text{Biaya penyimpanan (h')} = \$0,01 \text{ /unit} = \$0,013 \text{ /unit/hari}$$

$$\text{Biaya pembelian (c}_u\text{)} = \$25 \text{ /unit}$$

$$\text{Biaya inspeksi (c}_I\text{)} = \$0,5 \text{ /unit}$$

$$\text{Biaya pesan (K)} = \$100 \text{ /pesan}$$

$$\text{Harga jual (P)} = \$50 \text{ /unit.}$$

Barang yang cacat akan diperbaiki di tempat perbaikan, terdapat persentase biaya kenaikan perbaikan di tempat perbaikan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Biaya kenaikan perbaikan di tempat perbaikan (m)} = 20\%$$

$$\text{Biaya perbaikan, } c_R(y) = (1 + m)P = \$18,89 \text{ /unit.}$$

Data pada studi literatur Salameh dan Jaber dimodelkan dalam bentuk simulasi. Simulasi dibuat pada *software* Microsoft Excel dengan metode simulasi Monte-Carlo. Simulasi dijalankan untuk melihat beberapa komponen utama. Komponen-komponen tersebut yaitu jumlah stok yang ada didalam gudang, *reorder point*, jumlah barang yang harus diperbaiki di tempat perbaikan, jumlah barang yang kembali ke gudang setelah diperbaiki, dan total biaya persediaan. Biaya persediaan meliputi biaya perbaikan, biaya penyimpanan di gudang, biaya penyimpanan di tempat perbaikan, biaya pembelian, dan biaya inspeksi. Simulasi menunjukkan angka-angka pada setiap komponen-komponen di atas untuk setiap harinya selama 1 tahun. Asumsi yang digunakan adalah 1 tahun sama dengan 365 hari.

Jumlah stok barang pada hari ke-0 adalah 0 unit dan perusahaan memesan barang sebesar 3732 unit (EOQ) di hari ke-0. Jumlah stok yang ada didalam gudang dihitung dengan cara menambahkan stok yang ada didalam gudang dengan jumlah pemesanan dan jumlah barang yang kembali setelah diperbaiki pada periode sebelumnya. Hasil tersebut kemudian dikurangi dengan jumlah barang yang dikirim ke tempat perbaikan untuk diperbaiki dan jumlah permintaan barang (136,99 unit  $\approx$  137 unit). Perusahaan akan melakukan pemesanan kembali sebesar 3732 unit jika jumlah stok barang didalam gudang lebih kecil daripada jumlah permintaan barang dari konsumen.

Jumlah barang yang diperbaiki dihitung dengan suatu pernyataan. Pernyataan tersebut adalah jika hasil bagi jumlah barang yang dipesan (3732 unit) dan tingkat pemeriksaan sama dengan angka di kolom "hari ke-", maka probabilitas kecacatan barang akan dikalikan dengan jumlah barang yang dipesan. Jumlah barang yang diperbaiki adalah 0 unit jika hasil bagi jumlah barang yang dipesan (3732 unit) dan tingkat pemeriksaan tidak sama dengan angka di kolom "hari ke-".

Perusahaan memeriksa barang cacat dari jumlah barang yang telah diterima dari *supplier* (3732 unit) selama 8 hari, sehingga jumlah barang yang harus diperbaiki selalu terjadi pada hari ke-8 setelah barang pemesanan datang. Barang yang telah diperbaiki akan kembali ke gudang dengan jumlah barang cacat sebelum diperbaiki. Barang yang telah diperbaiki kembali ke gudang setelah beberapa hari, hal ini dipengaruhi oleh kemampuan tempat perbaikan dalam memperbaiki barang cacat (137 unit tiap hari) dan total waktu transportasi (3,32 hari).

Perhitungan selanjutnya adalah biaya perbaikan. Biaya perbaikan hanya terjadi apabila perusahaan mengirimkan barang cacat ke tempat perbaikan. Besarnya biaya perbaikan setiap kali adanya pengiriman barang ke tempat perbaikan selalu berbeda, bergantung pada jumlah barang cacat yang diperbaiki. Biaya perbaikan setiap unit adalah \$18,89.

Biaya penyimpanan dibagi menjadi 2, yaitu biaya penyimpanan barang dalam gudang dan biaya penyimpanan barang cacat yang diperbaiki. Biaya penyimpanan barang dalam gudang berasal dari pengalihan jumlah stok barang dengan biaya penyimpanan tiap unit setiap harinya di dalam gudang (\$0,013/unit/hari). Biaya penyimpanan barang cacat yang diperbaiki hanya terjadi apabila perusahaan mengirimkan barang cacat ke tempat perbaikan. Biaya penyimpanan barang cacat yang diperbaiki diperoleh dari pengalihan jumlah barang cacat yang diperbaiki dengan biaya penyimpanan tiap unit setiap harinya di tempat perbaikan (\$0,016/unit/hari) dan total waktu perbaikan.

Biaya pembelian barang atau *purchase cost* didapatkan dengan mengalikan jumlah pembelian barang pada periode tersebut dengan biaya pembelian barang tiap unit, kemudian ditambahkan biaya pemesanan untuk tiap kali pesan (\$100/pemesanan). Biaya pembelian barang selalu sama besarnya, yaitu \$93,400 karena jumlah barang yang dipesan selalu sama. Biaya inspeksi barang berasal dari perkalian jumlah barang yang datang ke gudang, yaitu 3732 unit pada periode tertentu dengan biaya inspeksi barang setiap unit (\$0,5).

Total biaya persediaan untuk setiap harinya diperoleh dengan menjumlahkan semua komponen biaya yang telah dihitung sebelumnya. Komponen-komponen tersebut yaitu biaya perbaikan, biaya penyimpanan di gudang, biaya penyimpanan di tempat perbaikan, biaya pembelian, dan biaya inspeksi. Contoh simulasi yang dilakukan pada *software* Microsoft Excel selama 30 hari ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Contoh Simulasi

Hari	Stock	Reorder	Hari Ke-	Jumlah Barang yang Diperbaiki	Probabilitas Kecacatan Barang	Jumlah Barang yang Kembali Setelah Diperbaiki	Repaired Cost	Holding Cost	Holding Cost Repaired Jam	Purchase Cost	Inspection Cost	Total Cost
0	0	3732	0	0	0.01430	0	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$93,400.00	\$1,866.00	\$95,266.00
1	3595	0	1	0	0.00458	0	\$0.00	\$49.25	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$49.25
2	3458	0	2	0	0.03022	0	\$0.00	\$47.37	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$47.37
3	3321	0	3	0	0.00216	0	\$0.00	\$45.49	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$45.49
4	3184	0	4	0	0.02592	0	\$0.00	\$43.62	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$43.62
5	3047	0	5	0	0.02482	0	\$0.00	\$41.74	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$41.74
6	2910	0	6	0	0.00025	0	\$0.00	\$39.86	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$39.86
7	2773	0	7	0	0.03874	0	\$0.00	\$37.99	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$37.99
8	2636	0	8	117	0.03114	0	\$2,210.27	\$36.11	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$2,246.38
9	2382	0	9	0	0.01538	0	\$0.00	\$32.63	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$32.63
10	2245	0	10	0	0.03779	0	\$0.00	\$30.76	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$30.76
11	2108	0	11	0	0.01930	0	\$0.00	\$28.88	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$28.88
12	1971	0	12	0	0.03253	0	\$0.00	\$27.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$27.00
13	1834	0	13	0	0.00122	117	\$0.00	\$25.13	\$9.62	\$0.00	\$0.00	\$34.74
14	1814	0	14	0	0.01331	0	\$0.00	\$24.85	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$24.85
15	1677	0	15	0	0.00514	0	\$0.00	\$22.98	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$22.98
16	1540	0	16	0	0.02784	0	\$0.00	\$21.10	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$21.10
17	1403	0	17	0	0.01256	0	\$0.00	\$19.22	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$19.22
18	1266	0	18	0	0.03552	0	\$0.00	\$17.35	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$17.35
19	1129	0	19	0	0.03583	0	\$0.00	\$15.47	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$15.47
20	992	0	20	0	0.02932	0	\$0.00	\$13.59	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$13.59
21	855	0	21	0	0.02547	0	\$0.00	\$11.72	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$11.72
22	718	0	22	0	0.03269	0	\$0.00	\$9.84	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$9.84
23	581	0	23	0	0.02160	0	\$0.00	\$7.96	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$7.96
24	444	0	24	0	0.01887	0	\$0.00	\$6.09	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$6.09
25	307	0	25	0	0.00368	0	\$0.00	\$4.21	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$4.21
26	170	0	26	0	0.03571	0	\$0.00	\$2.33	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$2.33
27	33	3732	0	0	0.00834	0	\$0.00	\$0.46	\$0.00	\$93,400.00	\$1,866.00	\$95,266.46
28	3628	0	1	0	0.03107	0	\$0.00	\$49.70	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$49.70
29	3491	0	2	0	0.02309	0	\$0.00	\$47.83	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$47.83
30	3354	0	3	0	0.03160	0	\$0.00	\$45.95	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$45.95

Semua total biaya persediaan tiap hari dijumlahkan untuk mengetahui total biaya setiap tahun. Total biaya persediaan perusahaan selama satu tahun (365 hari) yang diperoleh dari simulasi pada Microsoft Excel adalah \$1.366.400,44. Total penjualan perusahaan setiap tahun adalah \$2,500,000 yang didapatkan dari perkalian antara harga barang tiap unit (\$50) dengan jumlah permintaan konsumen tiap tahun (50000 unit). Keuntungan (*profit*) perusahaan adalah \$1.133.599,56.

### 3.2 Melakukan Verifikasi Simulasi

Verifikasi simulasi dilakukan untuk memastikan apakah model simulasi berhasil menggambarkan kejadian seperti pada model perhitungan analitis dalam penelitian Salameh dan Jaber (2000). Verifikasi simulasi ini dilakukan dengan melihat hasil total keuntungan pada simulasi dan dibandingkan dengan hasil perhitungan analitis. Model simulasi menghasilkan total keuntungan (*profit*) \$1.133.599,56 sedangkan total keuntungan dari hasil perhitungan analitis adalah \$1.195.455. Selisih total keuntungannya adalah \$61.855,44, dengan kata lain perhitungan total keuntungan berbeda 5%, namun tidak selalu 5% karena jumlah barang cacat bersifat acak. Hasil semakin mendekati nilai yang sebenarnya apabila dilakukan simulasi selama 4 sampai dengan 5 tahun (lebih banyak periode) karena data semakin banyak. Perhitungan rata-rata total keuntungan (*profit*) hingga 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perhitungan Rata-rata Total Keuntungan

Tahun ke-	1	2	3	4	5
Rata-rata total <i>profit</i>	\$ 1,133,051.38	\$ 1,170,567.58	\$ 1,177,042.06	\$ 1,185,039.18	\$ 1,185,495.42

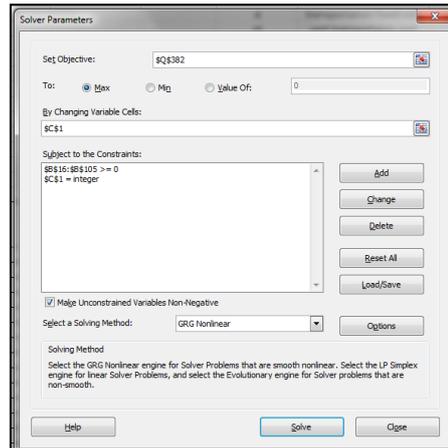
Hasil perhitungan *profit* terus meningkat jika dilakukan simulasi dengan jangka waktu yang lebih lama. Hal tersebut menunjukkan bahwa simulasi yang telah dibuat memiliki perbedaan dibawah 5% jika dilakukan dengan jangka waktu yang lebih panjang. Perhitungan total keuntungan (*profit*) berbeda 5% menunjukkan bahwa simulasi lolos verifikasi.

### 3.3 Menyelesaikan Simulasi Salameh-Jaber dengan Menggunakan GRG Non-Linear

ETPU harus dimaksimumkan agar hasil perhitungan menjadi optimal. Pengoptimalan perhitungan total *profit* dilakukan dengan bantuan *solver* pada *software* Microsoft Excel. Metode penyelesaian yang digunakan adalah GRG *Non-Linear*. Langkah-langkah pengoptimalan *profit* yang dilakukan dengan menggunakan bantuan *solver*:

- Memasukkan *objective cell* dan menetapkan hasil yang diinginkan

*Objective cell* mendklarasikan kepada *solver* bahwa *cell* tersebut merupakan tempat hasil perhitungan yang paling optimum dituliskan.

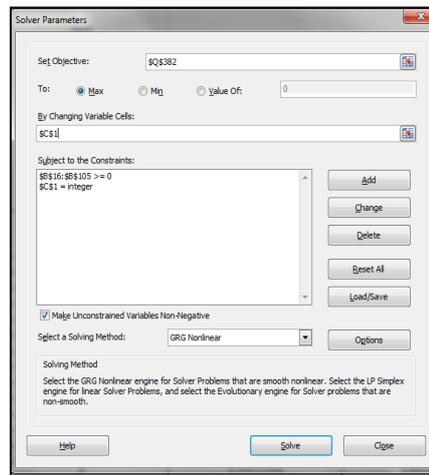


Gambar 3.1 Input pada Objective Cell

Objective cell berisi tulisan Q382, berarti hasil perhitungan paling optimum akan diletakkan pada cell Q382. Hasil pengoptimalan pada objective cell perlu ditetapkan, apakah optimum dalam konteks permasalahan yang setinggi-tingginya (maksimum) atau serendah-rendahnya (minimum). Radiobox Max dapat diklik jika optimum didefinisikan sebagai hasil yang tertinggi, dan Min jika sebaliknya. Konteks permasalahan Salameh dan Jaber mencari total profit yang paling tinggi, maka dari itu radiobox Max yang dipilih.

- Memasukkan changing variable

Changing variable merupakan variabel yang nilainya dapat diubah oleh Microsoft Excel dan mempengaruhi objective cell agar nilai pada objective cell optimum.

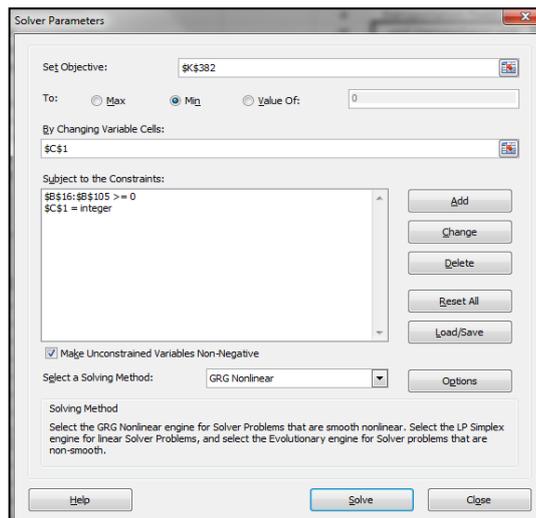


Gambar 3.2 Input pada Changing Variable

Changing variable berisikan tulisan C1, berarti nilai yang mempengaruhi objective cell dan dapat diubah-ubah agar nilai pada objective cell optimum adalah cell C1 yaitu jumlah pesanan barang jika demand lebih besar dari stok yang dimiliki (EOQ).

- Memasukkan constraints dan memilih metode penyelesaian

*Constraints* merupakan batasan-batasan yang dibuat agar hasil optimal namun variabel yang lain sesuai dengan kriteria.



Gambar 3.3 Input pada Constraints

Constraints berisikan tulisan  $B16:B105 \geq 0$  yang berarti bahwa kolom Stock tidak boleh memiliki nilai negatif karena sesuai dengan asumsi bahwa demand tidak boleh negatif agar tidak terjadi shortage atau backorder. Data hanya terbatas dari B16 hingga B105 dikarenakan solver hanya mampu menampung 100 data. Tulisan  $C1 = \text{integer}$  memiliki arti bahwa nilai reorder tidak boleh menghasilkan nilai pecahan. Pemilihan metode GRG Non-Linear sebagai metode penyelesaian menjadi langkah selanjutnya. Metode ini digunakan agar dapat mengetahui biaya yang paling minimum dan simulasi merupakan model non-linear. Pengoptimalan pada simulasi model Salameh dan Jaber menggunakan GRG Non-Linear direplikasi sebanyak lima kali. Replikasi dilakukan karena setiap perhitungan memiliki hasil yang berbeda. Hasil pengoptimalan dengan replikasi sebanyak lima kali dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Pengoptimalan dengan Replikasi Sebanyak Lima Kali

Replikasi	EOQ	ETPU
1	3481	\$1,137,398.10
2	3732	\$1,133,051.38
3	3492	\$1,136,569.76
4	3477	\$1,137,844.19
5	3472	\$1,136,048.45
<i>Average</i>	3530.8	\$1,136,182.38

### 3.4 Model dan Simulasi Masalah dengan Data Permintaan Stokastik

Data permintaan yang akan digunakan berupa data yang bersifat stokastik. Rincian data yang ada dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{ETPU } (y^*) = 1,195,455$$

$$\text{Rata-rata permintaan tiap tahun} = 50,000 \text{ unit}$$

$$1 \text{ tahun} = 365 \text{ hari}$$

$$\text{Rata-rata permintaan } (D) = 136.99 \text{ unit/hari}$$

$$\text{Tingkat pemeriksaan } (X) = 480 \text{ unit/hari}$$

$$\text{Persentase kecacatan} = U \sim (0, 0,04)$$

Setiap berapa hari dilakukan perbaikan = 8 hari

Rata-rata perbaikan (R) = 136.98 unit/hari

Total waktu transportasi ( $t_T$ ) = 3.32 hari

Total waktu perbaikan ( $t_R$ ) = 3.808  $\approx$  4 hari.

Data berupa biaya-biaya yang digunakan sama seperti data pada Sub Bab 4.1. Barang yang cacat akan diperbaiki di tempat perbaikan, terdapat persentase biaya kenaikan perbaikan di tempat perbaikan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

Biaya kenaikan perbaikan di tempat perbaikan (m) = 20%

Biaya perbaikan,  $c_R(y) = (1 + m) \cdot c_0 = 1.2 \cdot \$19.18/\text{unit}$

Data permintaan stokastik dilakukan pada tingkat standar deviasi 2%, 5%, dan 10%. Setiap tingkat standar deviasi dikalikan dengan rata-rata permintaan barang (137 unit/hari) untuk mendapatkan nilai standar deviasi. Nilai standar deviasi yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tingkat standar deviasi 2%:  $0,02 \times 137 \text{ unit/hari} = 2,74 \text{ unit/hari}$

Tingkat standar deviasi 5%:  $0,05 \times 137 \text{ unit/hari} = 6,85 \text{ unit/hari}$

Tingkat standar deviasi 10%:  $0,1 \times 137 \text{ unit/hari} = 13,7 \text{ unit/hari}$ .

Jumlah permintaan konsumen dengan 3 tingkat standar deviasi didapatkan dengan beberapa langkah. Langkah pertama yaitu mencari angka acak (*random*) selama 1 tahun (365 hari) untuk perhitungan *generating random variates* ( $Z_1$  dan  $Z_2$ ).

$Z_1$  diperoleh dari rumus

$$\sqrt{-2 * LN(\xi)}$$

sedangkan  $Z_2$  diperoleh dari rumus

$$\sqrt{-2 * LN(\eta)}$$

Jumlah permintaan barang dari konsumen dengan tingkat standar deviasi 2% didapatkan dari perkalian nilai standar deviasi 2% dengan Z dan kemudian dijumlahkan dengan rata-rata permintaan barang (137 unit/hari). Jumlah permintaan barang dari konsumen dengan tingkat standar deviasi 5% didapatkan dari perkalian nilai standar deviasi 5% dengan Z dan kemudian dijumlahkan dengan rata-rata permintaan barang (137 unit/hari). Jumlah permintaan barang dari konsumen dengan tingkat standar deviasi 10% didapatkan dari perkalian nilai standar deviasi 10% dengan Z dan kemudian dijumlahkan dengan rata-rata permintaan barang (137 unit/hari). Jumlah permintaan barang dari konsumen ini seluruhnya bersifat stokastik dan digunakan untuk membuat model dan simulasi pada tingkat standar deviasi 2%, 5%, dan 10%. Tabel 3.4 merupakan perhitungan jumlah permintaan barang dari konsumen bersifat stokastik selama 30 hari.

Tabel 3.4 Perhitungan Jumlah Permintaan Barang Bersifat Stokastik

Hari	Random	Z1 dan Z2	Demand 2%	Demand 5%	Demand 10%
1	0.686	0.563	139	141	145
2	0.138	0.661	139	142	146
3	0.214	1.717	142	149	161
4	0.966	0.007	137	137	137
5	0.004	-2.597	130	119	101
6	0.606	-0.742	135	132	127
7	0.633	0.680	139	142	146
8	0.124	0.664	139	142	146
9	0.053	-0.537	136	133	130
10	0.286	-0.212	136	136	134
11	0.979	0.045	137	137	138
12	0.786	-0.580	135	133	129
13	0.658	0.111	137	138	139
14	0.231	1.644	142	148	160
15	0.295	1.443	141	147	157
16	0.063	1.120	140	145	152
17	0.421	1.108	140	145	152
18	0.910	-0.244	136	135	134
19	0.595	-0.216	136	136	134
20	0.284	-1.425	133	127	117
21	0.678	-0.862	135	131	125
22	0.466	0.157	137	138	139
23	0.480	0.865	139	143	149
24	0.877	0.034	137	137	137
25	0.011	-2.789	129	118	99
26	0.438	-0.816	135	131	126
27	0.610	-0.438	136	134	131
28	0.323	1.473	141	147	157
29	0.282	-1.534	133	126	116
30	0.458	-1.148	134	129	121

Perhitungan nilai *reorder* (EOQ) dan ETPU didapatkan dengan cara yang sama seperti pada Sub Bab 3.1 namun menggunakan data jumlah permintaan barang yang bersifat stokastik. Perhitungan EOQ dan ETPU dilakukan dengan jumlah permintaan barang pada masing-masing tingkat standar deviasi 2%, 5%, dan 10%. Pemilihan metode GRG *Non-Linear* sebagai metode penyelesaian menjadi langkah selanjutnya. Metode ini digunakan agar dapat mengetahui biaya yang paling minimum dan simulasi merupakan model *non-linear*. Pengoptimalan pada simulasi model Salameh dan Jaber dengan jumlah permintaan barang bersifat stokastik menggunakan GRG *Non-Linear* direplikasi sebanyak lima kali. Replikasi dilakukan karena setiap perhitungan memiliki hasil yang berbeda. Hasil pengoptimalan dengan replikasi sebanyak lima kali dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Pengoptimalan dengan Replikasi Sebanyak Lima Kali

Replikasi	2%		5%		10%	
	EOQ	ETPU	EOQ	ETPU	EOQ	ETPU
1	3523	\$1,132,712.17	3522	\$1,130,517.40	4479	\$1,114,006.23
2	3522	\$1,126,770.02	3546	\$1,097,363.84	4106	\$1,102,186.26
3	4105	\$1,114,973.10	3825	\$1,097,772.52	3546	\$1,104,085.57
4	3521	\$1,133,935.05	4479	\$1,108,992.38	3489	\$1,123,802.41
5	4106	\$1,108,576.72	3733	\$1,131,289.27	3918	\$1,086,732.85
<b>Average</b>	<b>3755.4</b>	<b>\$1,123,393.41</b>	<b>3821</b>	<b>\$1,113,187.08</b>	<b>3907.6</b>	<b>\$1,106,162.66</b>

### 3.5 Analisa Hasil Pengolahan Data

Simulasi yang telah dibuat bertujuan untuk membandingkan sejauh mana model yang telah dibuat oleh Salameh dan Jaber mampu mewakili data permintaan yang bersifat stokastik. Simulasi dengan data permintaan bersifat deterministik dan stokastik telah dibuat dan diketahui hasil total keuntungannya (*profit*). Hasil perhitungan ini akan dibandingkan dan diuji apakah hasil tersebut berbeda secara signifikan atau tidak. Perhitungan *profit* dilakukan sebanyak 5 kali replikasi pada data permintaan bersifat deterministik serta data permintaan bersifat stokastik pada tingkat standar deviasi 2%, 5%, dan 10%. Replikasi dilakukan karena setiap perhitungan memiliki hasil yang berbeda. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Lima Kali Replikasi

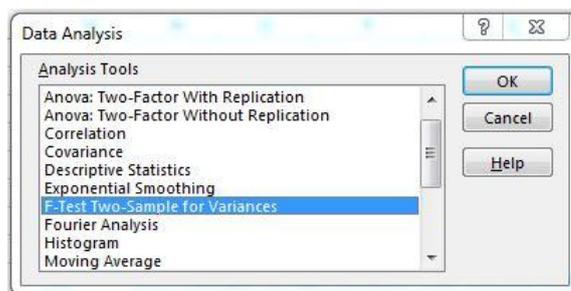
Replikasi	2%		5%		10%		Deterministik	
	EOQ	ETPU	EOQ	ETPU	EOQ	ETPU	EOQ	ETPU
1	3523	\$1,132,712.17	3522	\$1,130,517.40	4479	\$1,114,006.23	3481	\$1,137,398.10
2	3522	\$1,126,770.02	3546	\$1,097,363.84	4106	\$1,102,186.26	3732	\$1,133,051.38
3	4105	\$1,114,973.10	3825	\$1,097,772.52	3546	\$1,104,085.57	3492	\$1,136,569.76
4	3521	\$1,133,935.05	4479	\$1,108,992.38	3489	\$1,123,802.41	3477	\$1,137,844.19
5	4106	\$1,108,376.72	3733	\$1,131,289.27	3918	\$1,086,732.85	3472	\$1,136,048.45
Average	3755	\$1,123,393.41	3821	\$1,113,187.08	3908	\$1,106,162.66	3531	\$1,136,182.38
STDEV	320	11178.1358	389	16834.55053	410	13877.37319	113	1884.857362
Uji Rep.		0.15214131		0.35143003		0.24185144		0.004238955

Jumlah replikasi yang telah dilakukan adalah sebanyak 5 kali dan dianggap telah cukup karena hasil dari perhitungan uji replikasi menunjukkan angka 0.3514 adalah angka terbesar. *Two Sample T-Test* kemudian dilakukan untuk mengetahui apakah data-data tersebut memiliki perbedaan yang signifikan atau tidak. Syarat dari pengujian ini adalah data berdistribusi normal, *independent between group*, *independent within group*, dan asumsi keseragaman varians. Data diasumsikan normal karena menggunakan *random number generation* dengan distribusi normal. Data diasumsikan *independent between group* dan *independent within group* karena menggunakan *random number generation* sehingga angkanya acak. Uji keseragaman varians menggunakan *F-Test Two-Sample For Variances*. Perhitungan tersebut dilakukan dengan menggunakan *data analysis* pada *software* Microsoft Excel.

Hipotesa pada pengujian kesamaan varians adalah sebagai berikut:

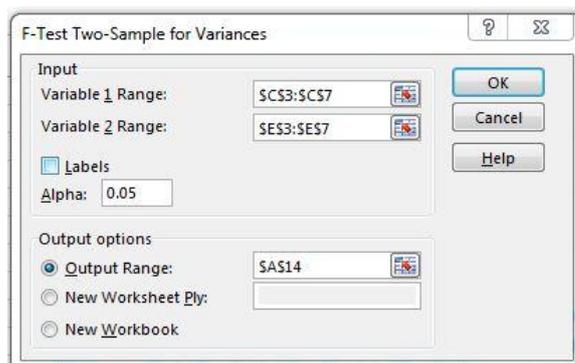
- $H_0$ : Data memiliki varians yang sama.
- $H_1$ : Data memiliki varians yang berbeda.

Pengujian dilakukan dengan membuka *data analysis* dan memilih *F-Test Two Sample for Variances* yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Jendela *Data Analysis*

Pemilihan metode tersebut akan memunculkan jendela baru yaitu jendela untuk mengatur angka yang akan diinputkan. Baris *Variable 1 Range* dan *Variable 2 Range* menunjukkan 2 variabel yang akan diuji. Besar *alpha* diisi 0,05 karena tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%. *Output Range* diisi oleh sel yang akan dikeluarkan hasilnya. Jendela *F-Test* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Jendela *F-Test*

Hasil dari perhitungan *F-Test* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6 yang menunjukkan *mean*, *variance*, *observation*, *df*, *F-value*, *P-value*, *F-critical value*. Kesimpulan dari hipotesis yang telah dibuat dilihat dengan membandingkan angka *F-value* dan *F-critical value*. Hipotesis *null* dikatakan ditolak jika *F-value* lebih besar dari *F-critical value*. Pengujian yang dilakukan adalah membandingkan data stokastik 2% dan 5%, 2% dan 10%, 5% dan 10%, 2% dan deterministik, 5% dan deterministik, dan 10% dan deterministik.

2% & 5%		
F-Test Two-Sample for Variances		
	Variable 1	Variable 2
Mean	1123393	1113187.082
Variance	1.25E+08	283402091.6
Observati	5	5
df	4	4
F	0.440896	
P(F<=f) or	0.223586	
F Critical c	0.156538	
F	>	F Critical
reject h0		

Gambar 3.6 Contoh Output *F-Test*

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa data permintaan bersifat stokastik 2% dan 5% memiliki varians yang berbeda. Hasil perhitungan yang lain adalah data permintaan bersifat stokastik 2% dan 10% memiliki varians yang berbeda. Data permintaan stokastik 5% dan 10% memiliki varians yang sama. Data permintaan stokastik 2% dan deterministik memiliki varians yang berbeda. Data permintaan stokastik 5% dan deterministik memiliki varians yang berbeda. Data permintaan stokastik 10% dan deterministik memiliki varians yang berbeda.

Hipotesis dari pengujian *Two Sample T-Test* adalah sebagai berikut:

- $H_0$ : Total *profit* dengan data permintaan bersifat stokastik tidak berbeda secara signifikan dengan total *profit* dengan data permintaan bersifat deterministik.
- $H_1$ : Total *profit* dengan data permintaan bersifat stokastik berbeda secara signifikan dengan total *profit* dengan data permintaan bersifat deterministik.

Perhitungan *Two Sample T-Test* dilakukan dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Microsoft Excel. Rumus tersebut adalah sebagai berikut:

$=TTEST(array1,array2,tails,type)$

*Array1* dan *array2* adalah data apa yang akan diuji, sebagai contoh jika ingin menguji data permintaan stokastik 2% dan 5% maka *array1* diisi dengan data permintaan bersifat stokastik 2% dan *array2* diisi dengan data permintaan bersifat stokastik 5%. *Tails* merupakan berapa ekor yang akan digunakan, jika hendak menggunakan 1 ekor maka disikan angka 1 dan jika ingin menggunakan 2 ekor maka diisi angka 2. Perhitungan kali ini *tails* yang diisi adalah 2 yaitu menggunakan 2 ekor. *Type* adalah uji apa yang akan digunakan, terdapat 3 tipe pengujian dalam Microsoft Excel, yaitu *Paired-T* disikan angka 1, *Two-Sample Equal Variances* diisi angka 2, dan *Two-Sample Unequal Variances* diisi angka 3. Tipe yang digunakan pada perhitungan bergantung dengan hasil *F-Test*, jika varians sama maka menggunakan tipe 2 dan jika varians tidak sama maka menggunakan tipe 3. *Output* yang dihasilkan dari rumus tersebut adalah *P-value* yang akan dibandingkan dengan *alpha* yaitu 0,05. Tes tersebut dikatakan tolak  $H_0$  jika *P-value* lebih kecil dari *alpha*. Hasil perhitungan *Two Sample T-Test* dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan *Two Sample T-Test*

<i>TTEST</i>	2% & 5%	2% & 10%	5% dan 10%
<i>P-value</i>	0.296192658	0.064099827	0.492053892
	>0.05	>0.05	> 0.05
	Gagal tolak H <sub>0</sub>	Gagal tolak H <sub>0</sub>	Gagal tolak H <sub>0</sub>
<i>TTEST</i>	2% &deterministik	5% & deterministik	10% & deterministik
<i>P-value</i>	0.061865905	0.037352714	0.007939763
	> 0.05	<0.05	<0.05
	Gagal tolak H <sub>0</sub>	Tolak H <sub>0</sub>	Tolak H <sub>0</sub>

Hasil tersebut menunjukkan bahwa total *profit* data permintaan stokastik 2% dan 5% tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 2% dan 10% tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 5% dan 10% tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 2% dan deterministik tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 5% dan deterministik berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 10% dan deterministik berbeda secara signifikan

#### 4. KESIMPULAN

Model dan simulasi EOQ dengan data permintaan bersifat deterministik dapat dilakukan dengan bantuan *software* Microsoft Excel, sesuai dengan studi literatur Salameh dan Jaber (2000). Hasil perhitungan total *profit* pada metode simulasi dengan EOQ milik Salameh dan Jaber (3732 unit) dan data permintaan bersifat deterministik adalah \$1.133.599,56. Hasil perhitungan total *profit* ini terverifikasi karena hanya berbeda 5% dari hasil perhitungan milik Salameh dan Jaber. Pengoptimalan perhitungan total *profit* juga dilakukan dengan bantuan *solver* pada *software* Microsoft Excel. Metode penyelesaian yang digunakan adalah GRG *Non-Linear*. Hasil dari metode GRG *Non-Linear* menunjukkan bahwa total *profit* \$1.136.182,38 bisa didapatkan dengan EOQ sebesar 3531 unit.

Data permintaan yang bersifat deterministik tidak sesuai dengan data permintaan dalam kehidupan nyata yang bersifat stokastik. Pengembangan penelitian model EOQ barang cacat yang bisa diperbaiki oleh Salameh dan Jaber (2000) dapat dilakukan dengan data permintaan bersifat stokastik. Pengembangan berhasil dilakukan dengan metode simulasi Monte-Carlo yang lebih mudah pelaksanaannya dibandingkan dengan metode analitis perhitungan matematika. Penelitian dengan data permintaan bersifat stokastik dilakukan pada tingkat standar deviasi 2%, 5%, dan 10%. Pengoptimalan perhitungan total *profit* juga dilakukan dengan bantuan *solver* pada *software* Microsoft Excel dengan metode penyelesaian GRG *Non-Linear*.

Hasil perhitungan-perhitungan total *profit* pada GRG *Non-Linear* kemudian dibandingkan untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan atau tidak. Total *profit* data permintaan stokastik 2% dan 5% tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 2% dan 10% tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 5% dan 10% tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 2% dan deterministik tidak berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 5% dan deterministik berbeda secara signifikan. Total *profit* data permintaan stokastik 10% dan deterministik berbeda secara signifikan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar, M. S. & Agustina, A. (2007). Optimasi Multirespon dengan Kendala *Confidence Regions*: Studi Kasus Optimasi Kekuatan *Torque* Lampu TL Tipe FL 10 W di PT. Panasonic Lighting Indonesia. Retrieved April 18, 2015, from [http://personal.its.ac.id/files/pub/1354-m\\_syahid\\_a-statistik-Optimasi%20Multirespon%20dengan%20Kendala%20Confidence%20Regions.pdf](http://personal.its.ac.id/files/pub/1354-m_syahid_a-statistik-Optimasi%20Multirespon%20dengan%20Kendala%20Confidence%20Regions.pdf).
- [2] Bandyopadhyay, S. & Bhattacharya, R. (2015). *Discrete and Continuous Simulation: Theory and Practice*. Florida: CRC Press.
- [3] Jaber, M. Y., Zanoni, S., & Zavanella, L. E. (2013). *Economic Order Quantity Models for Imperfect Items with Buy and Repair Options*. Retrieved March, 2015, from [www.elsevier.com/locate/ijpe](http://www.elsevier.com/locate/ijpe).
- [4] Khan, M. et al. (2011). *A Review Of The Extensions Of A Modified EOQ Model For Imperfect Quality Items*. Retrieved March 25, 2015, from ScienceDirect Web Site: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527311001307>
- [5] Law, Averill M. (2007). *Simulation Modeling & Analysis* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.

- [6] Montgomery, Douglas C. (2000). *Design and Analysis of Experiments* (5th ed.). New York: Wiley.
- [7] Purnomo, H. (2004). *Pengantar Teknik Industri* (2nd ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Rangkuti, Freddy. (2000). *Business Plan: Teknik Membuat Perencanaan Bisnis dan Analisis Kasus*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- [9] Rangkuti, Freddy. (2007). *Manajemen Persediaan: Aplikasi di Bidang Bisnis*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- [10] Rushton, A., Oxley, J., & Croucher, P. (2000). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. London: Kogan Page.
- [11] Stephens, Matthew P. & Meyers, Fred E. (2010). *Manufacturing Facilities Design & Material Handling* (4th ed.). New Jersey: Pearson.



## RANCANG BANGUN ELECTRICAL WIRING PADA PANEL TRIPPER LIMESTONE 242-TR1 SESUAI HOLCIM STANDARD DESIGN CRITERIA

Mohamad Fadhil Ardianov<sup>1</sup>, Azwardi<sup>2</sup>, Juhartono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PT Holcim Indonesia, Jl. Ir. H Juanda, (0282) 548939, mfadhilardianov.holcim@gmail.com,

<sup>2</sup>Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup>PT Holcim Indonesia

### Abstrak

Salah satu hal yang penting dalam proses pembuatan semen adalah homogenisasi bahan baku. Homogenisasi bahan baku adalah pencampuran bahan baku yang sama namun didapat dari berbeda tambang. Jadi tidak akan terjadi perbedaan kualitas bahan baku dari waktu ke waktu. Langkah awal dari proses homogenisasi adalah pencurahan material. Alat untuk mencurahkan material disebut tripper. Tripper menggunakan alat transport belt conveyor agar pencurahan dapat digerakkan dan diatur model pencurahannya. Sistem pergerakan tripper menggunakan sistem maju-mundur (*forward-reverse*). Untuk membuat sistem *forward-reverse* pada tripper, gambar wiring diagram dan panel yang sesuai standard. Standard yang digunakan diambil dari PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik) 2000, IEC (International Electrotechnical Commission), Holcim Standard Design Criteria. Dalam sistem tripper ada 3 jenis motor = motor 242-BC6, travelling, dan thrustor brake. Semua beban dikendalikan oleh beberapa interlock dan gawai pengaman. Hasil Dari Tugas Akhir ini adalah berupa wiring diagram yang baru dan sebuah panel yang baru. Setelah wiring diagram dan panel kontrol tripper limestone selesai distandardisasi maka langsung diaplikasikan dan diharapkan dapat mempercepat proses maintenance.

**Kata Kunci:** Tripper, wiring diagram, panel kontrol, standardisasi.

### Abstract

One of the important thing in process of cement making is the homogenization of raw material. Homogenization is raw material mixing in order to mix the quality of the same material from different quarry, so there won't be any different quality of the raw materials all the time. First step of homogenization process is pouring materials into stockpile, there are some type of pouring material : chevron type is pouring materials by back and forth along the certain track and the certain high. Stacking cone shell is another pouring material model that stay in a certain place for a while until the certain high so it will move to the next pouring area. Pouring process using an equipment called tripper. Tripper is pouring equipment by using transport equipment like belt conveyor so pouring can be mobilized and set those pouring types. To built *forward-reverse* system on tripper we must make wiring diagram and control panel appropriate with standard regulation such as PUIL 2000, IEC, and Holcim Standard Design Criteria. In tripper sistem there are 3 kinds of motor = 242-bc6, travelling, and thrustor brake. All loads are controlled by some interlock and safety device. The Result of this final project is the newest wiring diagram and a new panel. After wiring diagram and control panel tripper limestone has been standardized, so it can be applied as soon as possible and we hope it can make the process of maintenance faster.

**Keywords:** Tripper, Wiring Diagram, Control Panel, Standardization.

## 1. PENDAHULUAN

Pada pembuatan proses semen membutuhkan beberapa bahan utama, antara lain: *Limestone* (Batu Kapur), *Clay* (Tanah Liat), *Silica Sand* (Pasir Silika), dan *Iron Ore* (Pasir Besi). Dalam mendapatkan bahan utama tersebut PT Holcim Indonesia Tbk Plant Cilacap ada yang berasal dari aktivitas tambang sendiri dan ada yang membeli dari vendor. *Limestone* (Batu Kapur), *Clay* (Tanah Liat) di dapat dari tambang sendiri (quarry) yang bertempat di Pulau Nusakambangan dan Jeruklegi, sedangkan *Silica Sand* (Pasir Silika) dan *Iron Ore* (Pasir Besi) dibeli dari Banjar, Tuban, dan Adipala. Setelah didatangkan seluruh bahan utama (*Raw Material*) akan ditransport menggunakan *belt conveyor* dan dicurahkan menggunakan *tripper* menuju area penampungan *raw material* atau *stock pile*.<sup>[1]</sup>

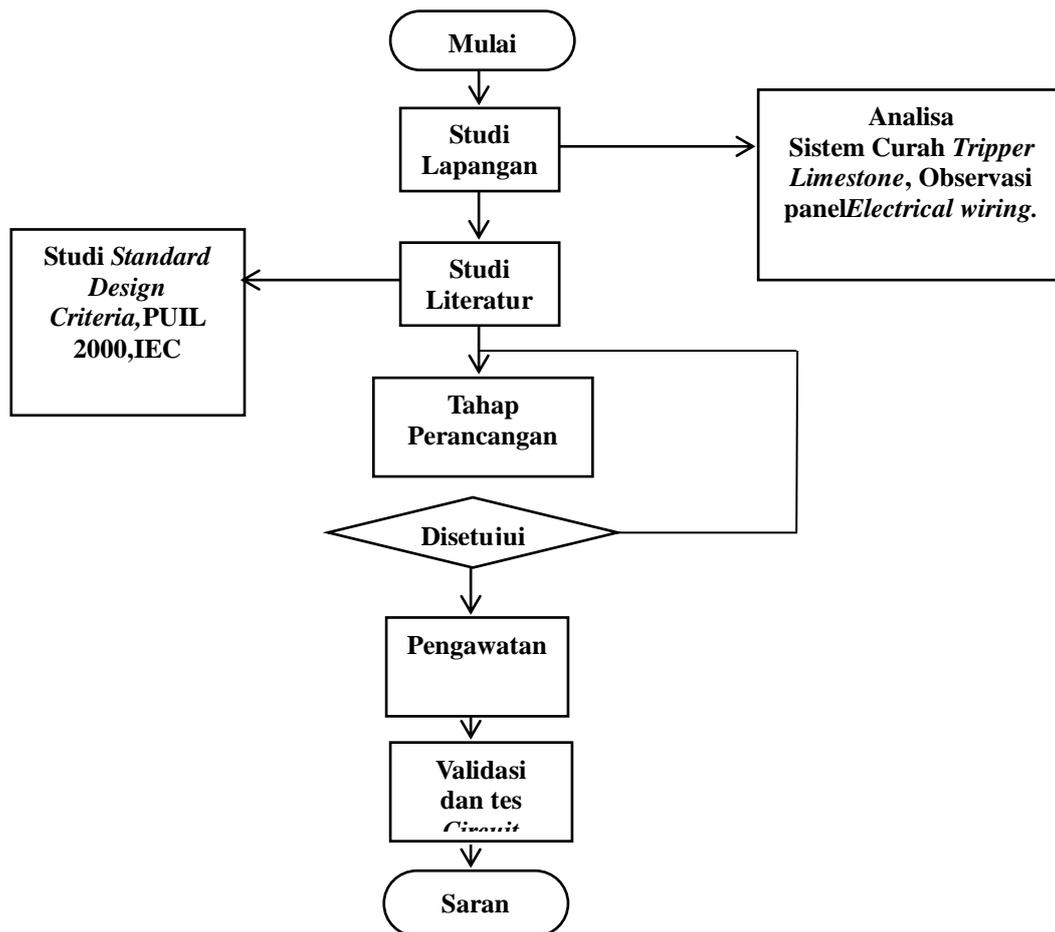
*Tripper* merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai pencurah material dari area *receiving material* menuju *stock pile*. Dalam mencurahkan material *tripper* menggunakan sistem berbasis PLC (*Programmable Logic Control*) dan *electrical wiring* sebagai penyuplai arus menuju penggerak *tripper*. Keduanya dibutuhkan karena sangat penting dalam kelangsungan sistem yang ada dalam *tripper*.

Dalam sejarahnya, sistem *tripper limestone* mengalami banyak perubahan/modifikasi. Namun, modifikasi tersebut kurang difasilitasi dengan kelengkapan *diagram pengawatan* yang standar. Begitu juga kondisi pada *electrical wiring* pada panel tersebut. Dalam melakukan modifikasi, modifikator tidak menerapkan standar-standar rangkaian listrik yang sesuai. Sehingga, tim elektrik areamengalami kesulitan dalam melakukan *troubleshoot*. Selain itu buruknya kondisi komponen-komponen yang ada pada panel tersebut membuat seringnya terjadi *trouble* pada *tripper limestone*.

Oleh karena itu merancang bangun panel tripper limestone sangatlah penting untuk dilakukan, karena ini diharapkan dapat memudahkan para tim elektrik melakukan *troubleshooting* dalam waktu sesingkat-singkatnya. Apabila durasi waktu *troubleshooting* dapat diminimalisir maka tingkat ketersediaan stok bahan baku pembuatan semen yang berupa *limestone* (batu kapur) dapat terjamin.

## 2. METODE

Metode yang digunakan digambarkan dengan diagram alir dibawah ini



### 2.1 Observasi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap sistem existing diagram pengawatan, proses Limestone, kondisi panel control tripper Limestone, serta wawancara terkait sistem hardware pada tripper limestone.

### 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 wirirng 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 Commisions).

**2.3 Metode Diskusi**

**2.4 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 bisa dengan supervisor lapangan bagian elektrik, patrol produksi raw material handling area,serta operator tripperLimestoneTahap Perancangan**

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

**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 pengawatandicek dan disetujui oleh Automation and instrumentation engineer. Validasi adalah kegiatan pengecekan sistem hardwire dari diagram pengawatanyang sudah diperbarui.

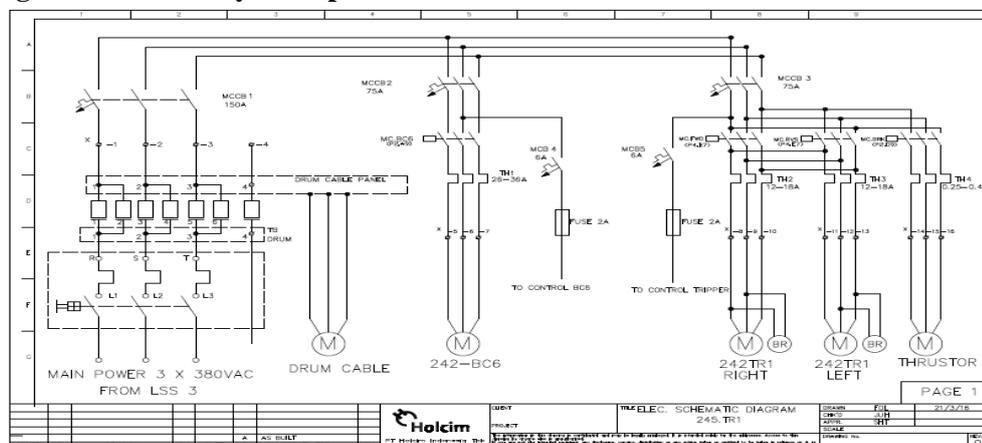
Sedangkan tes circuit ini dilakukan setelah kegiatan wiring selesai dan diawasi oleh Automation and instrumentation engineer, team leader area, dan operator area.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Deskripsi kerja sistem tripper limestone.**

Yang dimaksud deskripsi kerja adalah penentuan pergerakan sistem sesuai dengan objektif yang ditentukan operasional agar mendapatkan nilai nilai yang diinginkan dalam proses produksi.

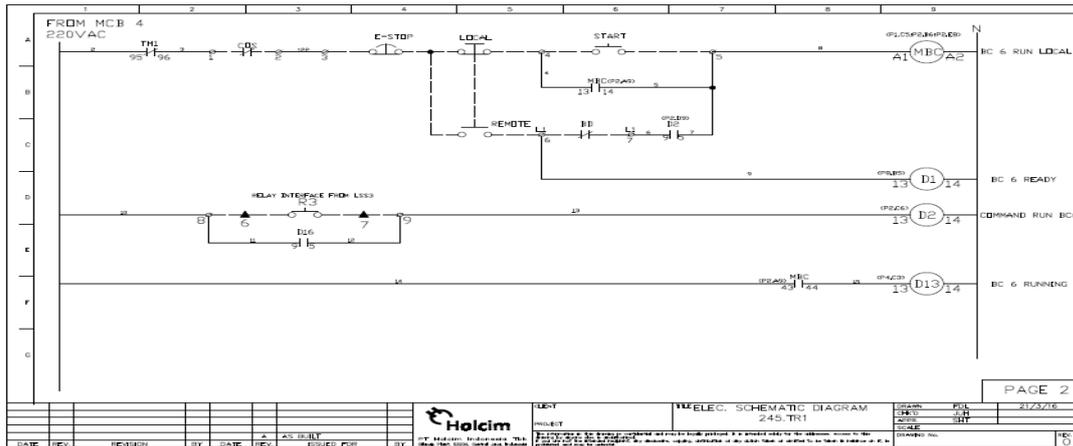
**3.1.1 Pembagian distribusi daya dan proteksi motor**



Gambar 2 Wiring diagram Distribusi daya dan proteksi motor

Daya yang distribusi untuk panel *tripper* berasal dari LSS(*local subswitch*) melalui *slipring* pada panel *drum cable*. Setelah melalui *slipring* daya masuk ke panel *tripper* dengan dibatasi MCCB1. Keluaran MCCB1 diparalel menuju MCCB2 dan MCCB3. MCCB2 untuk mengamankan motor 242-BC6. Keluaran MCCB2 diberi magnetik kontaktor dan *thermal overload relay* sesuai kapasitas motor tersebut. Salah satu line dari keluaran MCCB2 diambil untuk mengambil tegangan 220V sebagai sumber daya untuk rangkaian kontrol 242-BC6 . MCCB3 digunakan untuk mengedalikan sekaligus mengamankan motor *travelling* 242-TR1 dan motor *thrustor brake*. Keluaran MCCB3 diparalel menuju kontaktor untuk mengendalikan gerakan motor *travelling forward*, motor *travelling reverse*, dan motor *thrustor brake*. Magnetik kontaktor *travelling* diparalel untuk menggerakkan motor *travelling* kanan dan kiri.

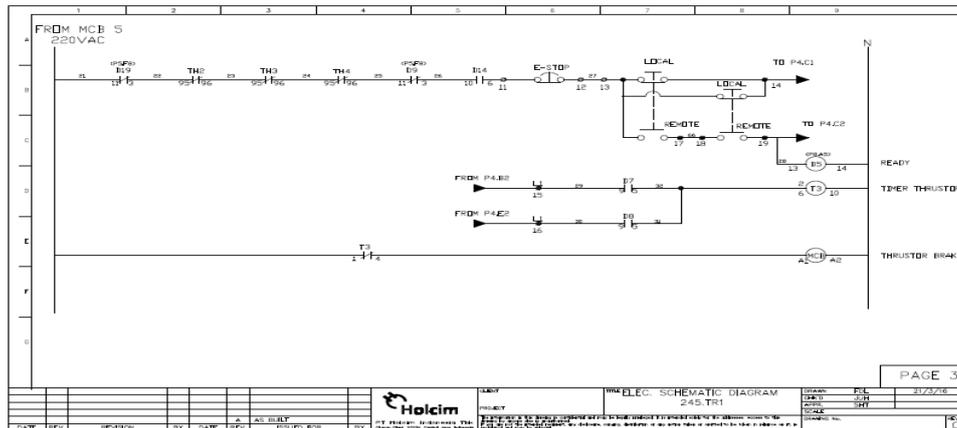
3.1.2 Sistem kontrol 242-BC6



Gambar 3 Wiring diagram Sistem kontrol 242-BC6

Tegangan 220V diambil dari keluaran MCB 4 dan Fuse1 lalu diamankan oleh beberapa gawai pengaman dari auxillary contact thermal overload relay, COS (change over switch), dan emergency stop. Setelah melewati rentetan auxillary contact gawai pengaman masuk ke selector switch (local dan remote) jika selector switch ke jalur local maka akan menuju start pushbutton. Jika start pushbutton ditekan maka mengaktifkan koil BC6 lalu mengholding lewat auxillary contact M.BC. Jika selector switch ke jalur remote akan melewati beberapa syarat interlock dari gawai pengaman belt drift kemudian diparalel menuju auxillary contact (normally open) relay D2 (Command Run BC6) dan koil relay D1 (BC6 ready) yang nantinya digunakan untuk indikasi jika BC6 sudah siap dioperasikan. D2 mendapat kendali yang berasal dari auxillary contact relay interface yang berasal dari PLC pada LSS 3 dan diparalel dengan auxillary contact relay D17 kemudian mengaktifkan koil D2 (command run BC6). Yang terakhir indikasi BC6 ready diambil dari auxillary contact NO dari M.BC kemudian diteruskan ke relay D13 (BC6 ready).

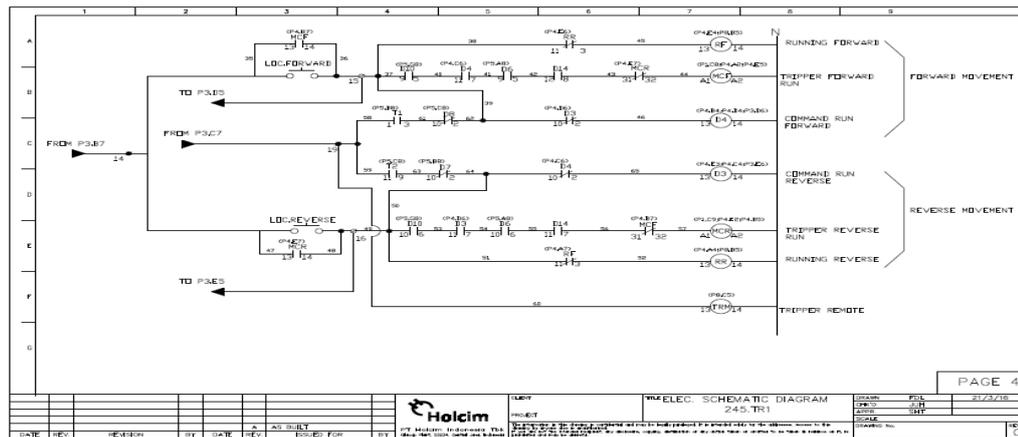
3.1.3 Sistem Kontrol travelling dan Thrustor brake.



Gambar 4. Wiring diagram Sistem kontrol travelling dan thrustor brake

Sebelum masuk ke selector switch (local/remote) harus melewati syarat interlock auxillary contact dari normally close D19 (stop chevron movement), thermal over relay 2, 3, dan 4, D9 (Drum cable fault), D14 (Overtravel), dan emergency stop. Jalur penjelasan sistem local dan remote dilanjutkan di halaman berikutnya. Indikasi remote ready diambil pada jalur remote langsung ke koil D5.

Sistem *thrustor brake* diambil dari sistem *travelling* melalui terminal 15 dan 16. Dari terminal 15 menuju NO dari D7 (command run remote forward), terminal 16 menuju NO dari D8 (command run remote reverse). Keluaran masing masing *auxillary contact* D7 dan D8 menuju koil *timer* T3 yang nantinya mengaktifkan *auxillary contact* NC T3 lalu mengaktifkan koil magnetik kontaktor *thrustor brake* (M.C.B). *Timer* diatur selama 2 detik, agar setelah koil T3 aktif melepas *auxillary contact* NC setelah *timer* selesai *thrustor brake* akan nonaktif lalu mengerem.

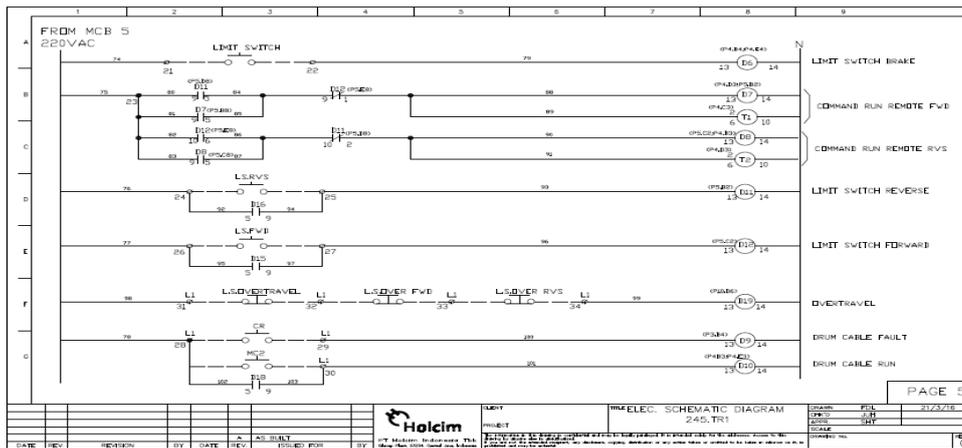


Gambar 5 Wiring diagram Sistem kontrol travelling

Lanjutan dari Jalur *Local* melewati terminal 14 kemudian diparalel *pushbutton local forward* dan *local reverse*. Jalur *pushbutton loc.forward* menuju terminal 15 kemudian diparalel ke kontak NO relay D10(*Drum Cable Run*), NC relay RR(*Running reverse*), dan NC relay D3(*Command Run Reverse*), dan NO auxillary contact MCF sebagai *holder*. Keluaran dari kontak NO D10, menuju NO kontak D4(*Command Run Forward*) lalu menuju kontak NO D6(*Limit Switch Brake*), kontak NO D14(*Limit Switch Overtravel*), kontak NC MCR(Kontaktor Magnetik MCR) yang sebagai *interlock*, lalu menuju koil MCF(Kontaktor Magnetik *Forward*). Keluaran *push button* di paralel juga dengan kontak NC D3(*Command run reverse*) sebagai *interlock*, lalu menuju koil D4 (*Command Run Forward*). Keluaran *Pushbutton* yang terakhir menuju ke NC RR(*running reverse*) lalu ke koil RF(*Running Forward*) sebagai indikasi ke PLC.

Jalur *pushbutton loc.reverse* menuju terminal 16 kemudian diparalel ke kontak NO relay D10(*Drum Cable Run*), NC relay RF(*Running reverse*), dan NC relay D4(*Command Run Forward*), dan NO auxillary contact MCR sebagai *holder*. Keluaran dari kontak NO D10, menuju NO kontak D3(*Command Run Forward*) lalu menuju kontak NO D6(*Limit Switch Brake*), kontak NO D14(*Limit Switch Overtravel*), kontak NC MCF(Kontaktor Magnetik MCF) yang sebagai *interlock*, lalu menuju koil MCR(Kontaktor Magnetik *reverse*). Keluaran *push button* di paralel juga dengan kontak NC D4(*Command run forward*) sebagai *interlock*, lalu menuju koil D3 (*Command Run Forward*). Keluaran *Pushbutton* yang terakhir menuju ke NC RF(*running forward*) lalu ke koil RR(*Running Reverse*) sebagai indikasi ke PLC.

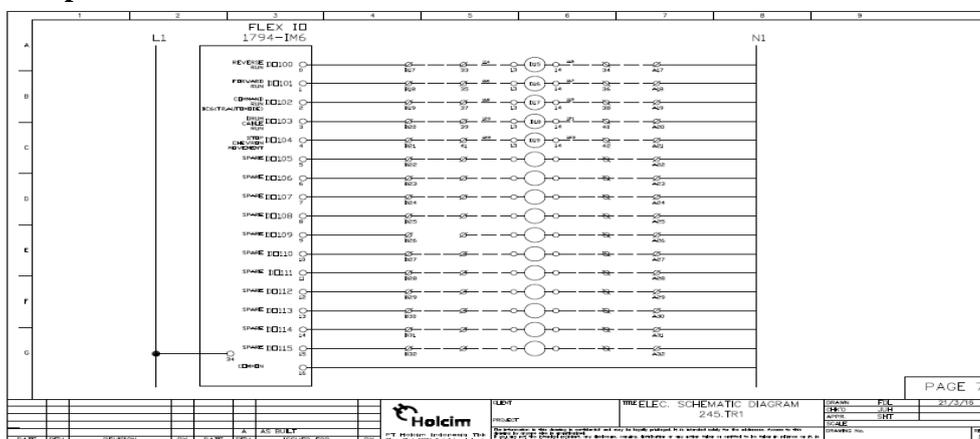
Lanjutan jalur *remote* melalui terminal 17 lalu masuk ke *selector switch remotekemudian* menuju terminal 19. Di terminal 19 diparalel menuju 3 jalur. Jalur pertama yaitu jalur *remote* untuk *travelling forward*. Dimulai dari kontak NO T1(*Timer command run remote forward*) lalu ke kontak NC D8(*Command run remote reverse*) sebagai *interlock*, selanjutnya sama dengan urutan jalur *local forward* hanya saja tanpa melalui *selector switch local forward*. Begitu juga jalur *remote* untuk *travelling reverse*, sama dengan urutan sistem jalur *localreverse* namun mendapat tambahan syarat dari kontak NO T2(*Timer command run remote reverse*) dan *interlock* kontak NC D7(*Command run remote forward*). Ditambah jalur untuk mengambil indikasi *tripper remote* dengan koil relay TRM.



Gambar 6 Wiring diagram Sistem kontrol travelling

Dalam sistem berikutnya merupakan memasukkan command dari beberapa gawai kendali. Koil D6 merupakan koil yang didapat dari sinyal limit switch thrustor brake dan nantinya kontaknya digunakan sebagai salah satu syarat urutan sistem pergerakan travelling . Koil D7 dan koil T1 sebagai command run remote forward mendapat masukkan sinyal dari D11 yang merupakan trigger dari gawai kendali limit switch travelling reverse(sebagai pembatas pergerakan pada saat melakukan travelling reverse untuk command pergerakan menuju forward) dan kontak NO D16 (trigger digital output forward run PLC).T1 diatur selama 10s, jadi setelah limit switch travelling reverse T1 akan memberikan delay sebelum mentrigger menuju travelling arah forward. Sementara koil D8 dan T2 sebagai command run remote reverse mendapat masukkan sinyal dari D12 yang merupakan trigger dari gawai kendali limit switch travelling forward(sebagai pembatas pergerakan pada saat melakukan travelling forward untuk command pergerakan menuju reverse) dan kontak NO D15(trigger digital output reverse run PLC).T2 diatur selama 10s, jadi setelah limit switch travelling forward T2 akan memberikan delay sebelum mentrigger menuju travelling arah reverse. Sementara itu terdapat juga D14 koil untuk trigger yang berasal dari sinyal gawai pengaman limit switch over travel baik untuk overtravel travelling,maupun overtravel diujung jalur curah. Koil D9 (drum cable fault) mendapat masukkan sinyal dari kontak NO relay CR yang berasal dari panel drum cable. D10(drum cable run ) digunakan sebagai indikasi bahwa drum cable aktif, D10 mendapat masukkan sinyal kontak NO relay MC2 yang berasal dari panel drum cable dan mendapat NO kontak D18(relay drum cable run) yang berasal dari digital output dari PLC.

### 3.1.4 Digital Output dari Modul FLEX IO 1794-IM6



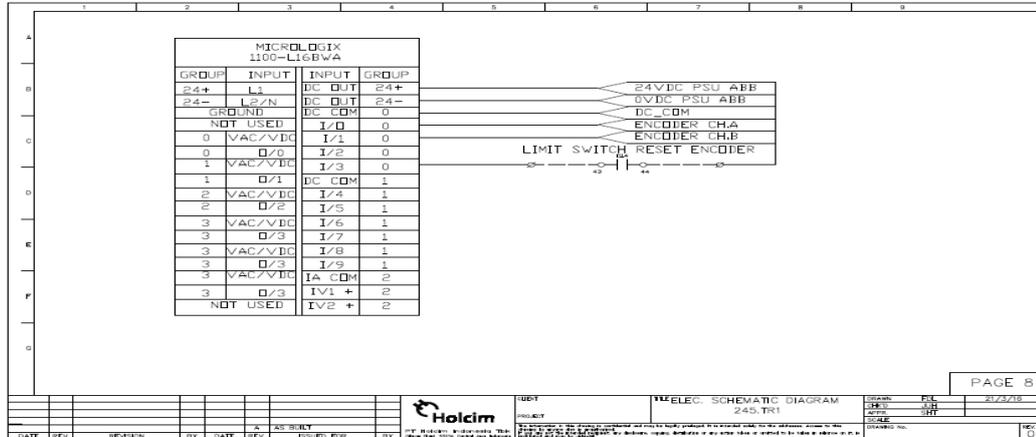
Gambar 7 Wiring diagram Digital output PLC

Modul DO (*Digital Output*) yang berasal dari panel PLC memberikan *command* melalui koil-koil relay yang berada pada panel kontrol *tripper*:

- **D0100(channel no 0)** mengaktifkan koil relay D15 yang digunakan untuk mengaktifkan *reverse run*.
- **D0101(channel no 1)** mengaktifkan koil relay D16 yang digunakan untuk mengaktifkan *forward run*.

- D0102(channel no 2) mengaktifkan koil relay D17 yang digunakan untuk mengaktifkan *command run bc6*.
- D0103(channel no 3) mengaktifkan koil relay D18 yang digunakan untuk mengaktifkan *drum cable run*.
- D0104(channel no 4) mengaktifkan koil relay D19 yang digunakan untuk mengaktifkan *stop chevron movement*.

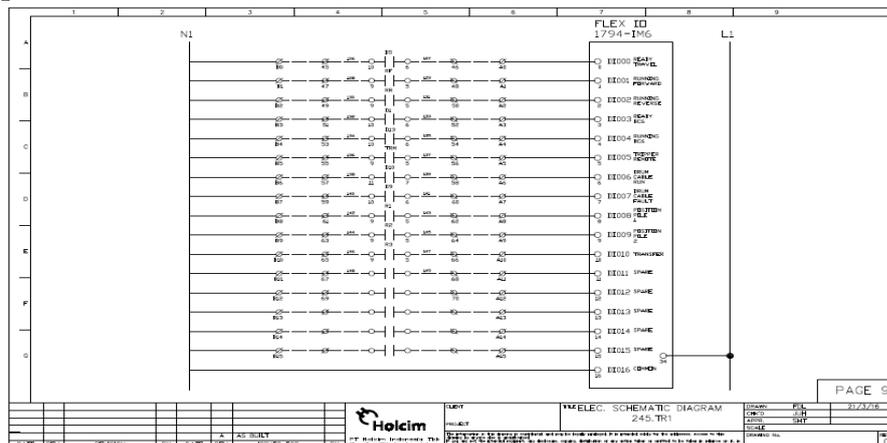
### 3.1.5 Digital Input dari modul MICROLOGIX 1100-L16BWA



Gambar 8 Digital input PLC

Dalam Modul MICROLOGIX 1100-L16BWA hanya memanfaatkan 1 kontak NO yang berasal dari relay D14(Overtravel) sebagai penerima sinyal yang nantinya dikelola PLC untuk me-reset sinyal *encoder*.

### 3.1.6 Digital Input dari modul FLEX IO 1794-IM6



Gambar 9 Digital input PLC

Modul DI (*Digital input*) yang berasal dari panel PLC menerima *trigger auxillary contact* yang berasal dari relay yang ada di panel kontrol *tripper*.

- DI000(channel no 0) menerima kontak NO dari relay D5 yang membawa sinyal *ready travel*.
- DI001(channel no 1) menerima kontak NO dari relay RF yang membawa sinyal indikasi *running forward*.
- DI002(channel no 2) menerima kontak NO dari relay RR yang membawa sinyal indikasi *running reverse*.
- DI003(channel no 3) menerima kontak NO dari relay D1 yang membawa sinyal *ready BC6*.
- DI004(channel no 4) menerima kontak NO dari relay D13 yang membawa sinyal *running BC6*.
- DI005(channel no 5) menerima kontak NO dari relay TRM yang membawa sinyal indikasi *tripper remote*.
- DI006(channel no 6) menerima kontak NO dari relay D10 yang membawa sinyal *drum cable run*.



**5. UCAPAN TERIMA KASIH**

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

**6. DAFTAR PUSTAKA**

[1] Duda, Walter H.1988. *Cement Data Book 1*. Berlin : Bauverlag.



## MODIFIKASI BASIC POSITION ENCODER UNTUK OPTIMALISASI KILN TEMPERATURE SCANNER

Syaifuddin<sup>1</sup>, Hamdi<sup>2</sup>, Rum Karimak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta,

[syaifuddin.holcim@gmail.com](mailto:syaifuddin.holcim@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup>SI E/I RMK TQ2, Holcim Indonesia Tuban Plant

### Abstrak

Salah satu peralatan utama dalam proses pembuatan semen adalah Kiln. Kiln berfungsi sebagai alat untuk membakar material batu kapur, tanah lat, pasir besi, dan pasir silika menjadi terak. Kondisi operasi Kiln harus dipantau secara terus menerus agar proses produksi terak menjadi maksimal. Salah satu hal yang harus dipantau adalah suhu Kiln Shell. Suhu Kiln Shell dipantau menggunakan alat yang bernama Kiln Temperature Monitoring System. Cara kerja alat ini adalah dengan memancarkan sinyal infra merah untuk mengukur suhu dari Kiln Shell. Alat ini membutuhkan encoder (basic position encoder) sebagai pedoman posisi 0° Kiln Shell. Untuk sekarang, saklar encoder ini sering mengalami kerusakan akibat kegagalan mekanik dari saklar. Pegas dari saklar sering macet sehingga encoder tidak bekerja. Apabila encoder tidak bekerja, maka Scanner tidak dapat menentukan kapan Kiln Shell berada pada titik 0°. Hal ini akan menyebabkan kesalahan sistem pada Scanner sehingga suhu dari Kiln Shell tidak dapat dipantau. Pada masalah ini, saya melakukan modifikasi encoder tersebut. Sensor limit switch akan diganti dengan sensor non-kontak (proximity inductive), serta posisinya akan digeser sehingga tidak terkena paparan panas. Setelah dilakukan penggantian sensor dan memindah posisi encoder dari Scanner, kegagalan dalam memantau suhu Kiln Shell tidak terjadi lagi dan meningkatkan efisiensi dari segi keamanan dan perawatan.

**Kata Kunci:** Kiln, Kiln Shell, Temperature Monitoring System, Basic Position Encoder

### Abstract

One of main equipment in process of cement making is Kiln. Kiln is used for burn the material like limestone, clay, iron sand, and silica sand into clinker. Kiln operation condition have to be monitored continuously, so that the clinker production always in optimum condition. One of condition that have to be monitored is Kiln Shell temperature. Kiln Shell temperature is monitored by Kiln Temperature Monitoring System. The working principle of this tool is using infrared wave to measure the temperature of Kiln Shell. This tool needs encoder (basic position encoder) as 0° Kiln Shell reference. For now, the encoder switch often break because of switch mechanical failure. The spring of the switch often jam, so that the encoder doesnt work. If the encoder doesnt work, the scanner will not be able to determinewhen the Kiln Shell in the 0° position. It will causing malfunction in the Scanner system, so that the temperature of Kiln Shell cant be monitored.

In this case, I modify the encoder. The mechanical limit switch will be replaced by non-contact censor (inductive proximity) and the censor position will be moved to the less heat radiation position.

After change and reposition the censor of the encoder of Scanner, the monitoring failure will not happen anymore and increase the efficiency of maintenance and safety.

**Keywords:** Kiln, Kiln Shell, Temperature Monitoring System, Basic Position Encoder

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu proses yang kritical dalam pembuatan semen adalah proses pembakaran oleh Kiln. Proses pembakaran ini sangat berpengaruh pada kualitas terak yang dihasilkan. Oleh karena itu digunakan beberapa sensor untuk membantu operator dalam mengontrol operasi Kiln.

Salah satu sensor yang digunakan untuk memantau kinerja Kiln adalah sensor Kiln Temperature Scanner. Kiln Temperature Scanner digunakan untuk memonitor suhu dari Kiln Shell secara kontinyu.

Masalah yang sering terjadi (terjadi dua kali dalam 1 bulan operasi) adalah limit switch dari Basic Position Encoder Module yang tertekan secara terus menerus. Hal ini diakibatkan oleh paparan suhu tinggi ( $\pm 100$  °C) yang berasal dari suhu operasi Kiln. Akibat dari limit switch yang tertekan secara terus menerus adalah sensor dari Kiln Temperature Scanner tidak men-sinkronkan posisi Kiln dengan

pembacaan sensornya. Untuk sekarang, tindakan yang dilakukan untuk memperbaiki kesalahan ini adalah dengan membongkar mekanisme penonjok limit switch kemudian mereposisi mekanismenya. Tetapi, hal ini kurang efektif karena masalah yang sama akan terjadi lagi setelah beberapa saat. Selain masalah sama yang terjadi lagi, orang yang melakukan perbaikan akan terpapar panas akibat proses pembakaran Kiln karena posisi limit switch yang berada sangat dekat dengan Kiln Shell. Sensor yang digunakan juga kurang tepat karena sensor akan mengalami kontak mekanik secara terus menerus sehingga lifetime dari sensor akan lebih rendah.

Atas dasar permasalahan tersebut, maka penulis ingin melakukan modifikasi sensor Kiln Scanner untuk mengurangi frekuensi maintenance dan menambah lifetime sensor.

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah telah disebutkan, penulis dapat merumuskan masalah, yaitu:

- Bagaimana desain dari modifikasilimit switchKiln Temperature Scanner agar permasalahan tidak terjadi lagi?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- Membuat desain modifikasi, memasang modifikasi, dan mengamati hasil modifikasi dari Basic Position Encoder Kiln Temperature Scanner

### 1.4 Tujuan Pembuatan Tugas Akhir

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- Menghilangkan masalah kerusakan, meningkatkan *lifetime*sensor, mengurangi frekuensi *maintenance* dari *Basic Position Encoder* pada *Kiln Temperature Scanner*

### 1.5 Luaran Tugas Akhir

Luaran yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah Basic Position Encoder yang telah dimodifikasi agar kinerja Kiln Temperature Scanner menjadi lebih optimal dan menaikkan kewanasan serta mengurangi maintenance.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kiln

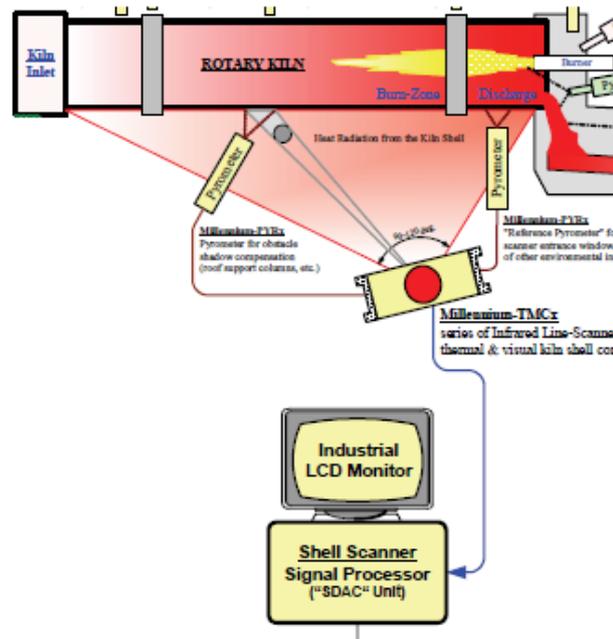
Pada ere sekarang, peralatan yang digunakan untuk memproduksi terak dalam skala industri adalah *rotary Kiln*. Penggunaan *rotary Kiln* masih menjadi jalan terbaik dalam hal pengontrolan untuk proses yang menggunakan temperature sangat tinggi serta untuk material yang bermacam-macam.



Gambar 2. 1 Rotary Kiln

### 2.2 Kiln Temperature Scanner

*Kiln Temperature Scanner* adalah sebuah alat yang digunakan untuk me-monitor suhu dari *Kiln Shell* secara menyeluruh dan terus menerus. Tidak hanya mengetahui kondisi *Kiln Shell*, *scanner* ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi adanya “hot spot” serta digunakan untuk mengontrol penggunaan bahan bakaar untuk proses pembakaran di *Kiln*.



Gambar 2. 2 Kln Temperature Scanner

Alat ini menggunakan sinar inframerah untuk menangkap radiasi panas yang dihasilkan oleh *Kiln Shell*. Setelah melakukan *scanning*, data akan diolah pada data acquisition controller kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada monitor.

Scanner ini interlock dengan *Basic Position Encoder*. Fungsi dari *Basic Position Encoder* adalah melakukan sinkronisasi posisi *Kiln Shell*. *Basic Position Encoder* akan memberitahu apabila *Kiln Shell* telah berputar 360°. Bentuk dari *Basic Position Encoder* adalah "mechanical limit switch". Pada *Kiln Shell* telah diberi sebuah *metal target* yang akan mengenai *limit switch* apabila *Kiln Shell* telah berputar 360°. Apabila data acquisition controller telah menerima signal dari limit switch, maka *Scanner* akan melakukan *scanning* mulai dari awal.

### 2.3 Mechanical Limit Switch

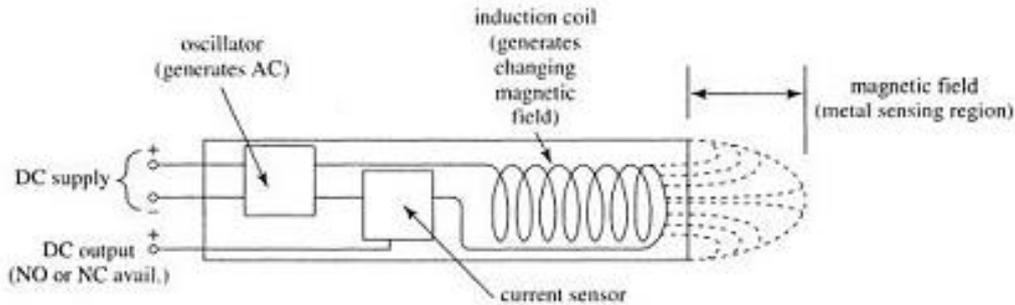
*Mechanical limit switch* adalah sensor yang digunakan mendeteksi keberadaan atau posisi suatu benda. Sensor ini sering digunakan untuk keperluan industri. *Mechanical limit switch* memiliki sebuah "tuas kontak" dimana tuas ini berfungsi sebagai pengubah kontak *limit switch* (*normally open or normally close*). Untuk penerapannya dalam dunia industri, *mechanical limit switch* biasanya dikombinasikan dengan peralatan listrik lainnya dimana *mechanical limit switch* berfungsi sebagai saklar.



Gambar 2. 3 Mechanical Limit Switch

### 2.4 Sensor Proximity

Sensor *Proximity* Induktif adalah sensor yang mampu mendeteksi keberadaan benda logam tanpa harus menyentuhnya. Hal ini dikarenakan sensor ini menggunakan prinsip induksi elektromagnet, oleh karena itu hanya benda logam yang dapat mempengaruhi medan elektromagnet yang dihasilkan oleh sensor.



Gambar 2. 4 Parts of Proximity Sensor

Sebuah sensor *proximity* induktif memiliki empat komponen: Kumparan, osilator, rangkaian deteksi dan rangkaian *output*. Osilator menghasilkan medan magnet berfluktuasi berbentuk donat melengkung dari coil yang terletak di permukaan sensor. Ketika sebuah benda logam berada pada medan pendeteksian sensor, menghasilkan arus *eddy* pada benda logam sehingga mengurangi osilasi medan sensor induktif itu sendiri. rangkaian pendeteksian sensor menguatkan osilator dan memicu sebuah *output*. *Output* Sensor berupa tegangan DC dalam bentuk Pulsa.

## 2.5 Teori Rumus Perancangan

1. Rumus bending moment untuk beban merata :

$$Mb = F \times l$$

Keterangan:

Mb = bending moment

F = bending force

l = panjang screen Persamaan 1.

2. Rumus Yield Strength yang diperbolehkan:

$$Ys \text{ Allowable} = \frac{Ys}{v}$$

Keterangan :

Ys = Yield strength material

V = Safety factor Persamaan 2.

3. Rumus untuk mencari axial section modulus:

$$\sigma_b = \frac{Mb}{W}$$

Keterangan:

$\sigma_b$  = bending stress

Mb = bending moment

W = axial section modulus Persamaan 3.

4. Rumus untuk mencari diameter poros silinder:

$$W = \frac{\pi \times d^3}{32}$$

Keterangan:

W = axial section modulus

$d$  = diameter      Persamaan 4.

5. Rumus untuk mencari beban geser yang terjadi :

$$S_{load} = \frac{F \times v}{A}$$

Keterangan:

$S_{load}$  = Beban geser yang terjadi di area pengelasan

$F$  = Beban yang diterima

$A$  = Luas area pengelasan

$v$  = Safety factor      Persamaan 5.

6. Rumus untuk mencari beban yang terjadi di setiap baut :

$$F_{bolt} = \frac{F_{total} \times v}{n}$$

Keterangan:

$F_{bolt}$  = Beban yang terjadi per baut

$F_{total}$  = Beban yang diterima

$n$  = Jumlah baut

$v$  = Safety factor      Persamaan 6.

7. Rumus untuk menghitung diameter baut:

$$A = \frac{\sigma_{gb}}{F_{bolt}}$$

Keterangan:

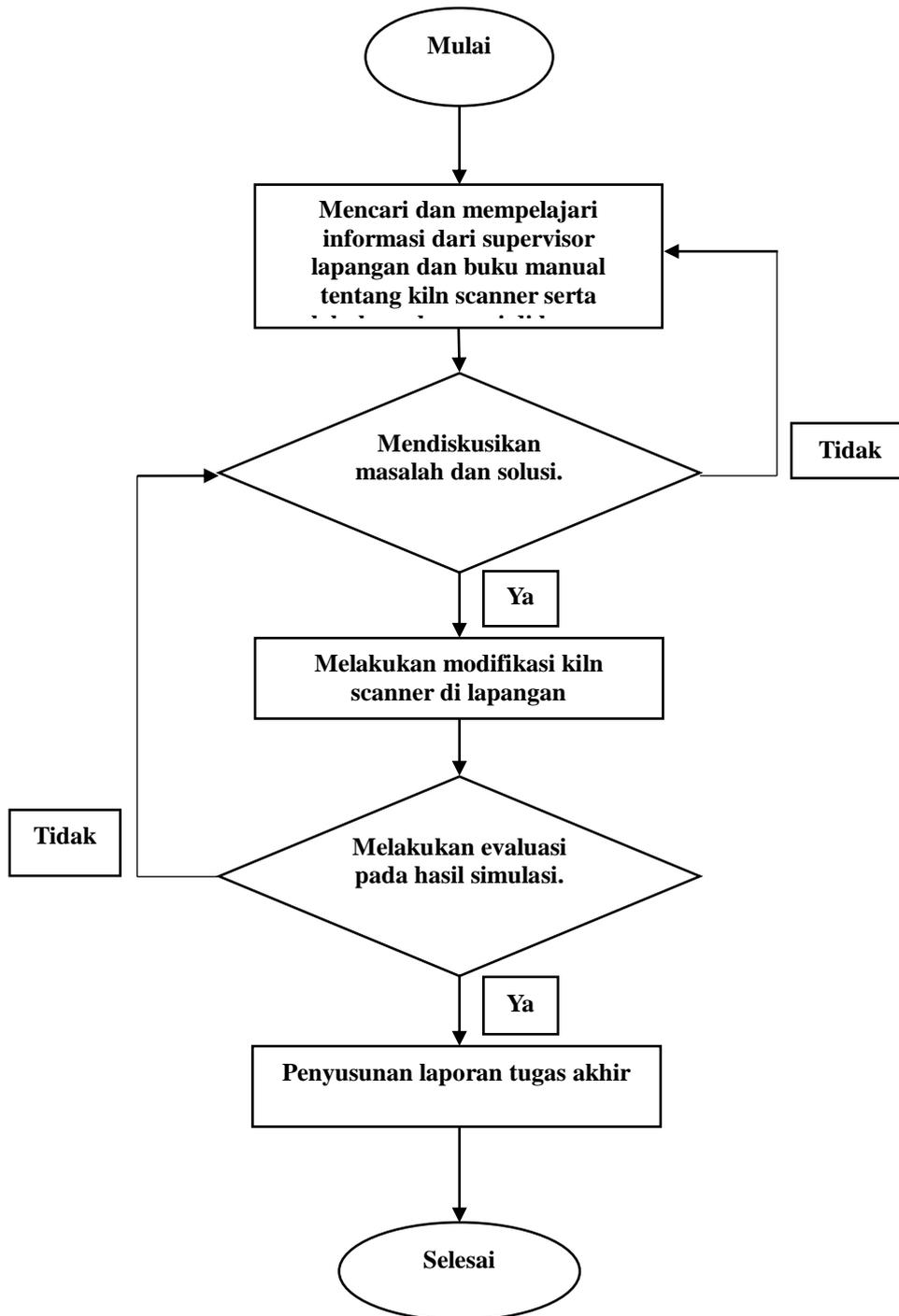
$A$  = Luas penampang baut

$\sigma_{gb}$  = Tegangan geser baut

$F_{bolt}$  = Beban geser per-baut      Persamaan 7.

### 3. METODOE PELAKSANAAN

Guna tercapainya tujuan tugas akhir yang telah ditentukan sebelumnya serta untuk menjawab rumusan masalah yang ada, maka dipilih beberapa metode-metode pelaksanaan. Metode-metode tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Identifikasi Kebutuhan Konsumen

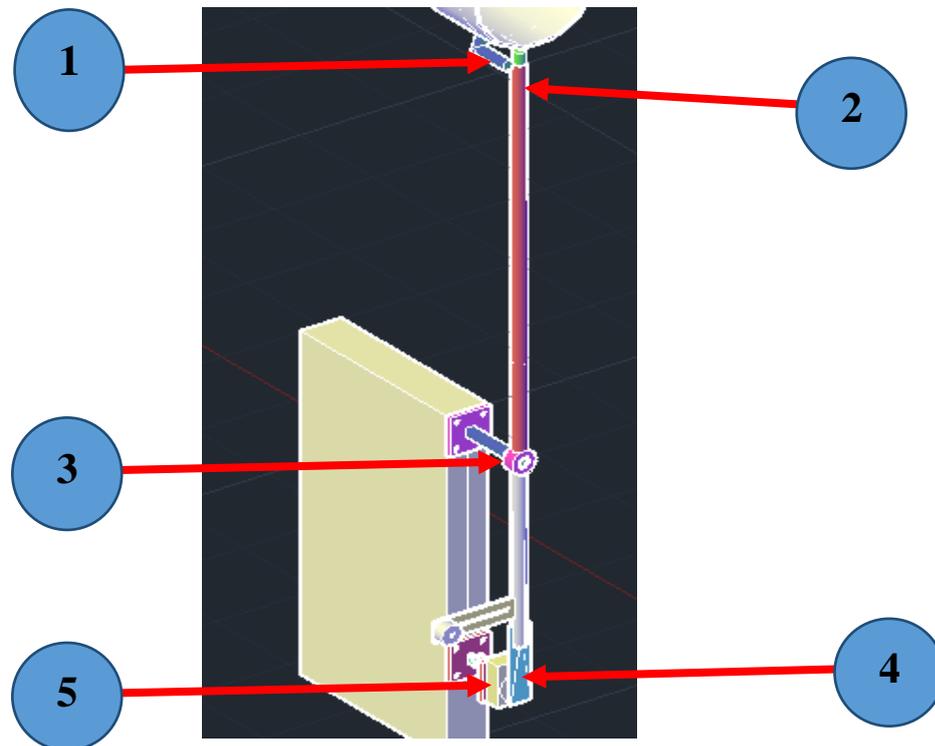
*Basic position encoder* yang diperlukan adalah tahan terhadap kondisi lingkungan serta apabila akan dilakukan maintenance posisi dari *basic position encoder* tersebut menjadi lebih aman.

### 4.2 Pemilihan Konsep

Konsep yang dipilih adalah menggunakan sensor non kontak dengan bantuan stick (kontak mekanik) sebagai metal target penentu  $0^\circ$  *Kiln Shell*. Posisi sensor dipindah ke area yang memiliki suhu sekitar  $40^\circ\text{C}$ . Pilihan kedua ini dirasa tepat karena meskipun menggunakan komponen dengan prinsip kontak mekanik (stick) sehingga tetap akan menyebabkan keausan, tetapi yang dapat aus adalah hanya sebatang besi (harga lebih murah dari sensor kontak), selain itu batang besi dapat digeser sehingga apabila terjadi

keausan tidak perlu langsung diganti. Serta apabila akan dilakukan maintenance posisi pekerja tidak terpapar panas tinggi.

#### 4.3 Prinsip Kerja *Basic Position Encoder* setelah Modifikasi Bagian Utama



Gambar 4. 1 Basic Position Encoder after Modify

1. Stick Metal Target
2. Adjustable Stick
3. Pivot
4. Sensor Metal Target
5. Proximity Sensor

#### Prinsip Kerja

Metal target stick akan ikut berputar *Kiln Shell*, ketika pada posisi  $0^\circ$  metal target akan menabrak stick, sehingga stick akan berputar terbawa oleh metal target stick. Secara bersamaan metal target sensor proximity akan ikut bergerak dan sensor proximity akan mendeteksi adanya perubahan posisi sehingga kontak yang semula normally close akan menjadi normally open. Sinyal normally open ini akan diterima oleh data acquisition controller. Apabila signal telah diterima, maka data acquisition controller akan memerintah *Scanner* untuk melakukan *scanning* mulai dari awal.

#### 4.4 Penentuan Bahan dan Ukuran Menentukan Sensor Non-Kontak

Dipilih sensor proximity induktif karena sensor tersebut memiliki beberapa kelebihan, yaitu :

- Tidak memerlukan kontak fisik sebagai pengubah kontak normally open menjadi normally close dan sebaliknya, sehingga lebih tahan lama.
- Hanya mendeteksi benda metal, sehingga apabila sensor kotor oleh debu masih dapat bekerja.

#### Menentukan Metal Target Stick

Dipilih menggunakan pipa galvanize  $\frac{1}{4}$ " karena bahan tersebut tidak mudah dipengaruhi oleh suhu, tidak mudah berkarat, serta mudah untuk difabrikasi.

#### Menentukan Adjustable Stick

Dipilih menggunakan pipa galvanize 1/4" karena bahan tersebut tidak mudah dipengaruhi oleh suhu, tidak mudah berkarat, serta mudah untuk difabrikasi. Stick dapat diatur ketinggiannya, hal ini agar waktu stick ketika dibawa oleh metal target dapat diatur, sehingga kecepatan perubahan kontak oleh sensor dapat diatur kecepatannya.

### Menentukan Pivot

#### 1. Poros Penahan

Untuk poros pivot sekaligus sebagai penahan, material yang dipilih adalah material yang telah tersedia di workshop, yaitu besi tuang s235. Poros tersebut akan menahan beban bengkok dengan berat sekitar ±5kg.

Untuk menghitung momen bengkok yang diterima oleh poros :

Beban total = 8 kg

$F = 80 \text{ N}$

$l = 160 \text{ mm}$

Rumus yang digunakan untuk beban merata adalah :

$$Mb = F \times l$$

Keterangan:

$Mb$  = bending moment

$F$  = bending force

$l$  = panjang screen

Jadi,  $Mb = F \times l$

$$Mb = 80 \text{ N} \times 160 \text{ mm} = 12800 \text{ Nmm}$$

Untuk menghitung yield strength poros yang diperbolehkan :

$$= 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Yield Strength s235 (EN10025)

$$= 6$$

Safety Factor (Brittle + Temp.)

$$= \frac{Y_s}{v}$$

Yield Strength yang diperbolehkan

$$= \frac{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{6}$$

$$= 39,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Untuk menghitung axial section modulus, digunakan rumus :

$$\sigma_b = \frac{Mb}{W}$$

Keterangan:

$\sigma_b$  = bending stress

Mb = bending moment  
W = axial section modulus

$$W = \frac{Mb}{\sigma_b}$$

Jadi,

$$W = \frac{12800 \text{ Nmm}}{39,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$W = 327,4 \text{ mm}^3$$

Untuk mengetahui minimal diameter untuk poros pivot :

$$W = \frac{\pi \times d^3}{32}$$

Keterangan:

W = axial section modulus

d = diameter

$$d^3 = \frac{327,4 \text{ mm}^3 \times 32}{\pi}$$

Jadi,

$$d^3 = 3336,6$$

$$d = 14,94 \approx 15 \text{ mm}$$

## 2. Pengelasan Poros Penahan

Untuk menempelkan poros penahan ke support base digunakan metode pengelasan, berikut perhitungan kebutuhan pengelasan agar mampu menahan beban (beban geser) yang ada:

$$= \frac{F \times v}{A}$$

Sload

Keterangan:

Sload = Beban geser yang terjadi

F = Beban yang diterima

A = Luas area pengelasan

v = Safety factor

F = 100 N

A = w × l

= 8 × 78,5

= 628 mm<sup>2</sup>

$$S_{load} = \frac{F \times v}{A}$$

Jadi,

$$S_{load} = \frac{100 \times 6}{628}$$

$$S_{load} = 0,995 \frac{N}{mm^2}$$

Jadi kawat las yang diperlukan untuk pengelasan adalah kawat yang memiliki kekuatan beban geser 0,995 N/mm<sup>2</sup>. Tetapi, ketersediaan kawat las adalah kawat dengan tipe E7108 dimana kawat tersebut memiliki kekuatan beban geser sebesar 355 N/mm<sup>2</sup>.

### 3. Bearing

Untuk pemilihan bearing yang perlu diperhatikan adalah kondisi lingkungan serta beban yang diterima oleh bearing. Berdasar perhitungan diatas, shaft pivot yang diperlukan adalah besi dengan diameter 15mm, sehingga bearing yang digunakan harus memiliki diameter dalam 15mm. Selain itu, kondisi lingkungan juga terdapat debu dan panas. Kerja bearing adalah pada putaran rendah. Dari beberapa hal tersebut bearing dengan ukuran 6202 RS dirasa cocok untuk dipilih sebagai material anti-friksi.

#### Menentukan Metal Target Sensor

Karena sensor yang digunakan adalah sensor induktif, metal targe harus terbuat dari metal. Untuk ukuran disesuaikan dengan sensing area dari sensor, yaitu 80 mm × 50 mm. Oleh karena itu material yang dipilih adalah steel plate 2 mm dengan ukuran 80 mm × 50 mm. Untuk ketebalan 2 mm dipilih untuk memudahkan proses fabrikasi.

#### Menentukan Ukuran Baut Untuk Support Base

Untuk menempelkan perangkat alat kepada dinding beton dipilih menggunakan baut. Berikut adalah perhitungan beban geser yang terjadi :

$$F_{bolt} = \frac{F_{total} \times v}{n}$$

Keterangan :

$F_{bolt}$  = Beban yang terjadi per baut

F = Beban yang diterima

n = Jumlah baut

v = Safety factor

F = 110 N

n = 4

$$F_{bolt} = \frac{F_{total} \times v}{n}$$

Jadi,

$$F_{bolt} = \frac{110 \times 6}{4}$$

$$F_{bolt} = 165 N$$

Untuk menghitung diameter baut:

$$A = \frac{\sigma_{gb}}{F_{bolt}}$$

Keterangan :

A = Luas penampang baut  
 $\sigma_{gb}$  = Tegangan geser material baut  
Fbolt = Beban per-baut  
 $\sigma_{gb} = 8 \times 100 \times 0,5$   
 $= 400 \text{ N/mm}^2$

S<sub>load</sub> = 165 N

$$A = \frac{\sigma_{gb}}{F_{bolt}}$$

Jadi,

$$A = \frac{400}{165}$$

$$A = 2,42 \text{ mm}^2$$

$$D = \frac{\sqrt{A}}{\pi/4}$$

$$D = \frac{\sqrt{2,42}}{0,785}$$

$$D = 1,75 \text{ mm}$$

Dengan pertimbangan ketersediaan barang, baut yang digunakan adalah baut M10.

#### 4.5 Hasil Modifikasi

Setelah hasil modifikasi dipasang dan digunakan untuk operasi dapat diperoleh data sebagai berikut :

- Sensor tidak mengalami kontak mekanis.
- Temperature sensor pada saat kiln operasi normal adalah <40°C.
- Dalam rentang waktu 1 bulan, frekuensi maintenance sistem monitoring suhu dari Kiln Shell adalah 0.



Gambar 4. 2 Hasil modifikasi

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

- *Sensor basic position encoder* untuk sistem monitor suhu *kiln shell* tidak mengalami kerusakan lagi.
- Sensor tidak mengalami kontak mekanis dengan metal target serta bekerja jauh dibawah suhu maksimal sensor sehingga *lifetime* sensor akan lama.
- Setelah dimodifikasi, dalam rentang 1 bulan, frekuensi *maintenance* untuk basic position encoder adalah 0.

### 5.2 Saran

- Dapat dilakukan modifikasi lebih lanjut agar saat posisi stick kembali seperti semula tidak memantul terlebih dahulu.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] EATON, (2012), "The Basic of Limit Switch Training".
- [2] Gesotec, (2007), "Millenium TMCx Manual Book", Jerman: Gesotec GmbH.
- [3] Nourney, Vollmer GmbH &Co, (2006) "Mechanical and Metal Trades", Jerman.
- [4] Trisetiyanto A, Djuniadi, (2011), "PENGEMBANGAN SISTEM PERINGATAN GANTI OLI PADA SEPEDA MOTOR", Semarang.
- [5] Holcim, (2010), "Cement Manufacturing Course – Volume 4".

## ANALISA GEOMETRIK PADA MESIN PERKAKAS MILLING VERTIKAL

Febryan Maulana

Pusat Teknologi Industri Permesinan, TIRBR - BPPT, Gedung Teknologi 2 Puspiptek, Serpong  
e-mail : febryan.maulana@bppt.go.id

### Abstrak

*Dalam penelitian ini, penulis ingin mengetahui kondisi sebenarnya dari mesin milling yang ada di laboratorium kami, apakah masih layak beroperasi? Dengan membandingkan data hasil pengujian dengan parameter standart geometrik yang diijinkan, sehingga dapat ditarik hasil pengujian tersebut. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian dan pengukuran geometrik dalam hal ini adalah : Ketegaklurusan, Kesejajaran, Silindrisitas, Kerataan dan Kelurusan. Dengan menggunakan Standar uji dari literatur : Testing machine tool 8th edition, G.Schlesinger. Hasil Uji Tes Performance dan Verifikasi melalui proses pemesinan menunjukkan bahwa ada penyimpangan hasil pemakanan benda kerja sepanjang 400 mm dengan kedalaman pemakanan sebesar 0,1 mm. Sebesar 0,455 mm. Penyimpangan tersebut dikarenakan penurunan dari posisi work table bagian kiri mesin. , maka penulis menyimpulkan bahwa mesin milling vertikal ini perlu dilakukan penyetaraan (leveling) ulang untuk posisi kedudukan knee, saddle dan work table. Kepresisian tidak dapat dicapai pada operasi surface milling dengan pencekaman sepanjang work table.*

**Kata Kunci:** pengukuran, mesin milling, vertikal, work table

### Abstract

*In this study, the authors wanted to know the actual conditions of the existing milling machine in our laboratory, is it still worth it operates? By comparing the test data with the geometric parameters of the allowable standard, so it can be the result of the test. This calibration is testing and measurement geometry in this case is: perpendicular, Alignment, Silidrisation, flatness and alignment. By using a standard test of literature: Testing machine tool 8th edition, G.Schlesinger. Performance and Verification through a machining process shows that there is a deviation results feeds the workpiece along the 400 mm with a depth of 0.1 mm funeral. Amounting to 0,455 mm. Such irregularities are due to the decline of the position of the left side of the machine work table. , The authors concluded that this vertical milling machine necessary alignment (leveling) the knee position to position, saddle and work table. Precision can not be achieved on a milling operation with a clamping surface along the work table.*

**Keywords:** measurement, milling machines, vertical, work table

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Mesin Milling adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang lain. Hal ini disebabkan karena selain mampu memesis permukaan datar maupun berlekuk dengan penyelesaian dan ketelitian istimewa, juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki. Dalam kondisi aktual, banyak faktor yang mempengaruhi kepresisian dari hasil produk yang dibuat, diantaranya kondisi mesin. Kondisi mesin yang kurang baik berakibat pada hasil produk tersebut.

Untuk itu dilakukan analisa pengukuran dan pengkalibrasian dari mesin Milling tersebut untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi dan membandingkannya dengan standar-standar, sehingga dapat diketahui apakah mesin tersebut masih dalam batas yang layak digunakan, dan sejauh mana pengaruhnya terhadap produk yang dibuat.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi sebenarnya dari mesin perkakas ( Mesin Milling ), apakah mesin tersebut masih layak beroperasi.

## 2. TEORI DASAR

### 2.1 Pengertian

*Milling* adalah suatu proses untuk permesinan permukaan dengan cara melepaskan secara *progressive* dari material benda kerja yang memakannya dengan menggunakan cutter milling yang berputar. Salah satu

karakteristik dari permesinan dengan milling tiap gigi cutternya melepaskan sekrap material (*chips*) dengan tersendiri melalui alur-alurnya atau lazim disebut sebagai pemakanan secara individual<sup>[1]</sup>. Kualitas akhir atau karakteristik fisik dari permukaan yang dihasilkan dari proses permesinan milling ditentukan dari metode atau cara yang digunakan, ada dua dasar dalam metode proses milling, yaitu *peripheral milling* dan *face milling*. Pemotong *Milling (milling cutter)* memiliki satu deretan mata potong pada kelilingnya yang masing-masing berlaku sebagai pemotong tersendiri pada daur putaran. Benda kerja dipegang oleh salah satu alat yaitu ragum, Cekam dengan 3 *jaw*, suatu kepala indeks, meja putar, diantara pusat, pada suatu peralatan tetap khusus atau dibaut ke meja mesin. Proses *frais* digunakan untuk menghasilkan permukaan rata, pemotongan sudut, celah, roda gigi dan ceruk.

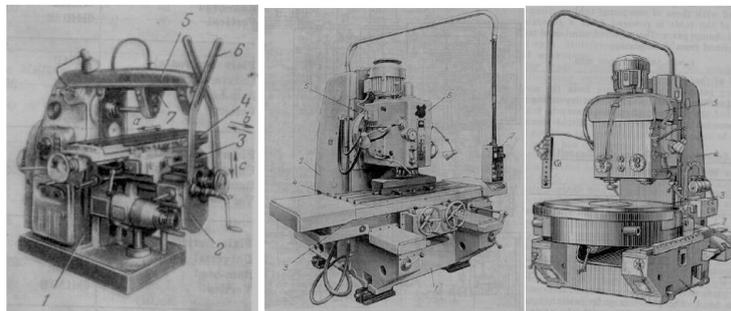
### 2.2 Fungsi Mesin Milling

Fungsi dasar dari mesin milling adalah menghasilkan permukaan rata pada benda kerja. Tetapi mesin milling dapat juga membuat bentuklain pada benda kerja selain permukaan rata yaitu pemotongan sudut, celah, roda gigi dan ceruk. Fungsi ini diperoleh dengan menghantarkan benda kerja yang secara perlahan-lahan ke suatu pahat potong bundar yang berputar dengan kecepatan yang moderat.

### 2.3 Klasifikasi Mesin Milling

a) Berdasarkan konfigurasi dan gerakan meja kerja <sup>[2]</sup> :

Tipe *knee*, tipe bangku, tipe penyerut , tipe meja putar.



(a)

(b)

(c)

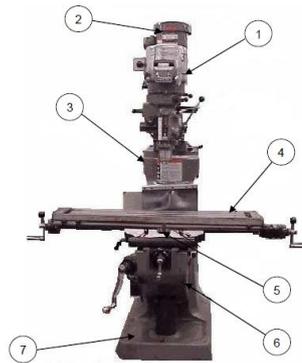
b) Berdasarkan orientasi spindel :

Tipe *Knee Horizontal Plain*, Tipe *Horizontal axis (spindel)* dan *Swivelling bed*, Tipe *Spindel Vertikal*.



Gambar 2. Mesin *Milling* tipe Vertikal

## 2.4 Komponen Utama Mesin Milling Vertikal



Gambar 3. Nama Bagian Mesin Milling tipe Vertikal<sup>[6]</sup>

Bagian-bagian Utama mesin Milling Vertikal antara lain :

1. *Tool Head* : Sebagai rumah dari spindle utama, terletak pada posisi *Ram*, pada *tool head* terdapat motor utama.
2. *Motor* : Sebagai penyuplai Tenaga ke *Spindle Cutter*.
3. *Column* : Sebagai penopang bagian utama dari mesin *milling*, memegang *base* dan membentuk struktur mesin.
4. *Work Table* : Sebagai tempat Memegang dan mencekam dari benda kerja yang akan diproses.
5. *Saddle* : Terletak menempel pada *knee* sebagai pengatur gerak masuk dan keluar serta arah pergerakan sumbu Y pada *work table*.
6. *Knee* : Sebagai penyokong dari *saddle* dan *table*. *Knee* berfungsi sebagai penggerak *worktable* naik dan turun.
7. *Base* : Sebagai bodi mesin, sama sepanjang *column* sebagai komponen utama struktural mesin, berfungsi sebagai pemegang dan penopang dari tubuh mesin.

## 2.5 Toleransi

Toleransi yang membatasi deviasi nilai yang tidak boleh dilampaui berhubungan dengan ukuran, bentuk, posisi dan gerakan yang penting untuk akurasi kerja dan dalam pemasangan berbagai alat komponen penting serta perlengkapan.

Dua aspek utama dalam penunjukan pengukuran dan hubungannya dengan toleransi adalah :

1. Berhubungan dengan teknik ( teknik pembuatan, kontrol kualitas, pengkondisian mesin dan perhitungan dalam pengukuran alat dan mesin.)
2. Memilih dan mencantumkan ukuran hingga memungkinkan pembuat membuat benda kerja setepat mungkin seperti yang dikehendaki<sup>[3]</sup>.

## 2.6 Pengujian Geometrik

### 2.7 Tahapan Awal Pengujian Geometrik Mesin Perkakas

<sup>[4]</sup>Pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas dimaksudkan sebagai:

- a. Tes Kelaikan (acceptance test)

Tes kelaikan dilaksanakan menurut prosedur yang standar dan lembar uji menunjukkan bahwa pabrik pembuatan mesin perkakas tersebut menjamin kualitas mesin yang dijualnya kepada pemakai.

- b. Bagian kegiatan pemeliharaan (maintenance) mesin perkakas

Setelah dipakai dalam selang waktu tertentu maka terjadi keausan maupun faktor lain yang menyebabkan perubahan pada komponen –komponen mesin perkakas tersebut. Data hasil pengujian geometrik bias menjadi petunjuk apakah besarnya penyimpangan yang terjadi telah melewati batas yang diijinkan atau belum. Sehingga dengan demikian pihak pemakai mesin perkakas yang bersangkutan bisa mengambil langkah lebih berkelanjutan berkenaan dengan kondisi mesin perkakasnya itu.

- c. Evaluasi hasil rekondisi (rehabilitasi) mesin perkakas.

Dalam kasus ini, data hasil pengujian geometrik bisa menjadi ukuran keberhasilan usaha rehabilitasi suatu mesin perkakas. Data hasil pengujian sebelum kegiatan rehabilitasi bisa dijadikan pedoman bagi usaha rehabilitasi tersebut dan data pengujian setelah rehabilitasi bisa memperbaiki kualitas mesin perkakas yang bersangkutan.

## 2.8 Pengkondisian Temperatur Komponen-komponen Sebelum Pengujian

Tujuan pengkondisian ini adalah supaya temperatur beberapa komponen mesin perkakas yang akan diuji itu mendekati keadaan normalnya pemakaian sehari-hari. Keadaan ini terjadi misalnya spindle utama tempat chuck ,cutter dan bantalannya, serta beberapa komponen roda gigi dan mekanisme transmisi seperti pulley. Dalam emakaiannya komponen-komponen mesin tersebut menjadi relatif lebih tinggi dari komponen lainnya dan mengalami pemuaiian yang memungkinkan perubahan bentuk maupun pergesean posisi komponen tersebut. Pengkondisian temperatur dikerjakan dengan menjalankan mesin perkakas dalam keadaan tanpa beban, kecepatan putaran termasuk kelompok putaran yang tinggi. Lama pemutaran tanpa beban biasanya 60 menit dan temperatur rata-rata kepala diam adalah 56° C.

### 2.9 2.6.1.2 Lembar Uji (Test-Chart)

Pada penjelasan diatas telah disebutkan bahwa pabrik pembuat mesin perkakas mencantumkan angka-angka hasil pengesanan ketelitian mesin perkakas pada lembar uji. Lembar uji yang lengkap biasanya memberikan informasi sebagai berikut :

- a. Standar yang digunakan dalam pengujian ketelitian geometric mesin perkakas tersebut.
- b. Jenis pengujian dan urutan proses pengujian serta jumlah keseluruhan jenis pengujian.
- c. Gambar sket masing-masing jenis pengujian yang merupakan ilustrasi pengujian.
- d. Data kuantitatif hasil pengujian ketelitian geometrik yang dilakukan oleh pabrik yang bersangkutan.
- e. Tanggal dilakukan pengujian tersebut.
- f. Nama penanggung jawab pengujian ketelitian geometrik. Apabila butir (c) tidak tercantum pada lembar uji maka informasi pelengkap bisa dicari pada dokumen yang memuat standar yang dipergunakan atau pada dokumen ISO.

## 2.10 2.6.2 Tinjauan Umum Pokok-pokok Ketelitian Geometrik Mesin Perkakas

Secara umum pokok-pokok ketelitian geometrik dibahas dalam berbagai buku metrology ataupun literatur tentang pengukuran teknik. Pembahasan pokok-pokok tersebut dalam tulisan ini dimaksudkan sebagai rangkuman singkat pengertian yang tercakup dalam pokok-pokok ketelitian geometrik mesin perkakas.

### 2.11 2.6.2.1 Rekomendasi ISO dan Tes Schlesinger

Organisasi internasional untuk standarisasi telah menetapkan beberapa rekomendasi yang berguna untuk prosedur pengujian mesin perkakas. Dasar-dasar pengertian yang tercakup dalam pengujian, ketelitian geometrik mesin perkakas tercantum dalam ‘Kode Tes Mesin Perkakas’ R 230. Disamping itu ISO telah menetapkan rekomendasi untuk pengujian ketelitian geometrik mesin Milling<sup>[3]</sup>. Beberapa rekomendasi lainnya juga telah ditetapkan yang mencakup pengujian untuk berbagai mesin perkakas lainnya. Informasi lengkap lainnya yang sangat berguna dalam pengujian ketelitian geometrik bisa dikaji dari buku : Testing Machine Tools oleh G.Schlesinger.

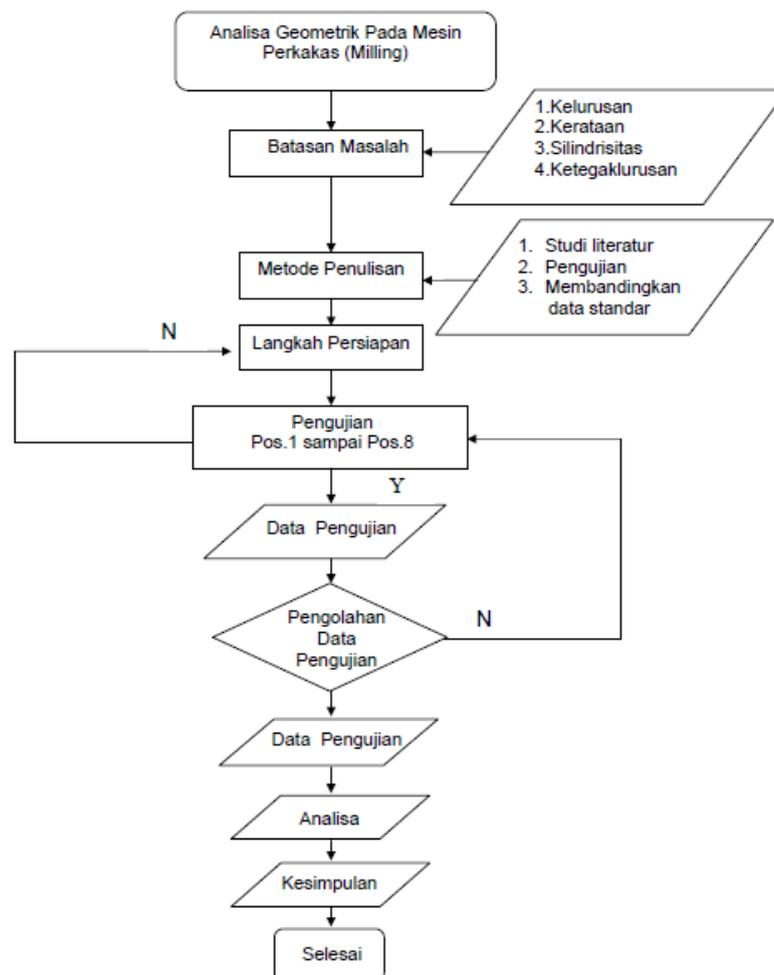
### 2.12 2.6.2.2 Pokok-pokok Tes Ketelitian Geometrik

Garis ataupun bidang permukaan yang terdapat pada suatu mesin perkakas bila ditinjau dari bentuk posisi atau gerak pindahnya terlihat memiliki suatu ciri tertentu yang bisa diungkapkan dalam bentuk :

- Kelurusan (Straighness)
- Kerataan (Flatness)
- Kesejajaran (Parallelism)
- Ketegaklurusan (Squareness)
- Rotasi (Rotation)

### 3. METODOLOGI

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengujian geometrik terhadap mesin *milling* jenis vertikal. Aliran proses penelitian dapat diperlihatkan pada bagan dibawah ini :



Gambar 4. Alur proses pengujian mesin *milling*

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin perkakas yang digunakan dalam penelitian ini adalah Jenis mesin milling vertikal merk doall peralatan ukur yang digunakan adalah *siprit level*, *Dial Indikator*, *Vernier Caliper* serta beberapa alat bantu seperti Blok Presisi, *Stand Dial*, spidol dan penggaris mistar.

#### 4.1 Data Mesin

Mesin perkakas yang digunakan dalam penelitian adalah mesin Milling konvensional dengan data sebagai berikut :

Mesin Milling : Doall Vertikal Milling Machine<sup>[6]</sup>

Tipe : GPM – 200S

Tahun Pembuatan : 1981

Tahun pemakaian : 1986

#### 4.2 Data Instrumen Ukur dan Alat Bantu Pengujian

Dalam pengujian ini instrumen dan alat Bantu Pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### 1. Dial Indikator

Brand : Mitutoyo Dial Indikator

Model : 513-404

Ketelitian : 0,01 mm

##### 2. Dial Indikator

Brand : Tealock

Model : 21095-10

Ketelitian : 0,01

##### 3. Jangka Sorong (Varnier Caliper)

Brand: Mitutoyo

Model: 1378-65

##### 4. Ketelitian: 0,05 mm Blok Presisi Tipe L

Dimensi: P x L x T (150 mm x 150 mm x 20 mm)

##### 5. Dial Stand

Brand: Kunestu

Model: 4251-791

Setiap alat yang digunakan untuk pengukuran sudah dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil pengujian yang sesuai sasaran dan dapat dipertanggungjawabkan.

#### 4.3 Data Test Spesimen

Benda kerja ( *Test Specimen* ) digunakan untuk menguji dan membuktikan apakah dalam proses pemesinan aktualnya, terjadi penyimpangan atau tidak. Benda kerja yang digunakan adalah sebagai berikut dengan acuan sebagai berikut :



Gambar 5. Benda kerja pada Tes *Performance*

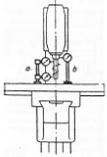
- Proses : *Surface milling* dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm
- Analisa :

Dari hasil proses pemesian terjadi penyimpangan pada pemakanan sebesar 0,1 mm dimana pada posisi permukaan antara *range* 200 - 400 mm, aktual pengukuran permukaan benda kerja aktual kedalaman pemakanan sebesar 0,48 mm, hal ini dimungkinkan karena adanya penurunan pada *work table* pada sisi kiri.

#### 4.4 Pengolahan Data Hasil Pengukuran Geometrik Mesin Perkakas

##### 4.4.1 Pengujian *Internal Tapper* dari ruas *Cutter Spindle*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui silindrisitas dari spindle cutter dan juga cutter itu sendiri

No	Skema	Jenis Pengujian	Penyimpangan yang Diijinkan (mm)	Hasil Pengujian
1a		(1) Jarak terdekat dengan spindle (2) Pada jarak sepanjang cutter ( 150 mm)	0,01 0,02	0,01 Min : 0,015 Max : 0,02

Gambar 6. pengujian internal *taper* dari *spindle cutter*

Posisi	Jarak (mm)	Penyimpangan (mm)
0	0	0
1	50	0
2	100	0,015
3	150	0,02

Gambar 7. Data Hasil Pengukuran Jarak internal *tapper spindle* sepanjang *cutter* 150 mm

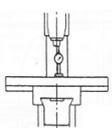
Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa besarnya penyimpangan yang terjadi, adapun penyimpangan terbesar terjadi pada posisi 2 dan 3 yaitu pada jarak 100 mm dan 150 mm dari panjang total spindle ke ujung cutter, Dengan penyimpangan terbesar sebesar 0,02 mm.

Analisa :

Kesilindrisan pencekaman spindle terhadap cutter yang digunakan masih dalam batas yang diijinkan yaitu sebesar 0,02 mm, sehingga dalam pengoperasiannya tidak perlu disetting atau di kalibrasi ulang, hal ini berlaku untuk proses pemesian dengan panjang cutter sepanjang 150 mm, untuk pengoperasian dengan cutter lebih dari itu maka perlu ditinjau ulang untuk dilakukan pengukuran.

##### 4.4.2 Pengujian *Axial Slip* Pada *Cutter Spindle* mesin

Pengujian ini mengacu pada dua posisi yaitu sampai diameter bearing 50 mm dan lebih dari diameter 50 mm.

No	Skema	Jenis Pengujian	Penyimpangan yang Diijinkan	Hasil Pengujian
2		(1) Pengujian axial slip pada spindle cutter sampai diameter 50 mm (2) Pengujian axial slip pada spindle cutter sampai diameter lebih dari 50 mm	0,01 0,02	0,005 s/d 0,01 0,02

Gambar 8. Pengujian *Axial Slip* Pada *Cutter Spindle* Mesin

Analisa :

Axial slip cutter spindle mesin masih masuk dalam batas toleransi , itu berarti proses pemesian masih memenuhi syarat sehingga pemasangan chuck akan baik.

#### 4.4.3 Pengukuran Kerataan Work Table

Pengujian ini menggunakan dua arah parameter yaitu pada arah longitudinal dan arah *Transversal*. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kerataan dari *work table* sebagai landasan utama dari benda kerja yang akan di lakukan proses pemesinan, hal ini sangat penting dikarenakan, *work table* bisa dijadikan acuan dalam datum benda kerja.

Tabel I. Data Hasil Pengukuran kerataan Work Table arah Transversal

Posisi	Jarak (mm)	Pembacaan Water Pass Penyimpangan dari posisi center (mm)	
		Kiri	Kanan
0	0-100	0	0
1	100-200	0	0.01
2	200-300	0	0.01
3	300-400	0	0.08
4	400-500	0	0.08

Analisa:

(Diambil pada penyimpangan terbesar dipengukuran 300-500 mm)

Hasil Pengukuran = 0,08 mm

Toleransi yang diijinkan = 0,04 mm (-)

---

Penyimpangan = 0,04 mm

Penyimpangan ini terjadi dikarenakan pada penggunaannya sehari hari *work table* di posisi tersebut selalu dikenakan beban berlebih seperti ragum, dan pada saat selesai pengoperasian mesin posisi *work table* tidak dikembalikan pada posisi semula ( center ) terhadap Spindle cutter.

Tabel II. Data Hasil Pengukuran kerataan Work Table arah Longitudinal

Posisi	Jarak (mm)	Pembacaan Water Pass Penyimpangan dari posisi center (mm)	
		Kiri	Kanan
0	0-100	0	0
1	100-200	0	0
2	200-300	0	0.02
3	300-400	0	0.08
4	400-500	0	0

Analisa :

(Diambil pada penyimpangan terbesar diposisi pengukuran 300-500 mm)

Hasil Pengukuran = 0,1 mm

Toleransi yang diijinkan = 0,04 mm (-)

---

Penyimpangan = 0,06 mm

Dari kedua pengukuran yang lakukan dapat dilihat bahwa penyimpangan pembacaan water pass pada skala sisi kanan ( gelembung berada di skala kanan) Hal ini berarti *work table* mengalami kemiringan pada sisi kiri .dan dari data yang didapat berarti mempunyai kemungkinan penyebab yang sama dengan hasil pengujian arah transversal. Korelasinya dari pengujian ini dapat terlihat bahwa terjadi keausan antara komponen yang saling bersinggungan yaitu *work table* dan saddle. Sepanjang posisi eretan *work table* dan saddle yang dikenai beban berlebih yang tidak seimbang, akan lebih cepat terjadi keausan antar komponennya.

#### 4.4.4 Pengukuran Kerataan *Work Table*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerataan work table di lihat dari parameter ketegaklurusannya terhadap cutter dan cutter spindle.

Tabel III. Pengukuran Pergeseran Work Table arah Longitudinal

Posisi	Kiri/kanan dari center spindle	Jarak (mm)	Penyimpangan (mm)
-5	kiri	250	0.015
-4	kiri	200	0.012
-3	kiri	150	0.012
-2	kiri	100	0.01
-1	kiri	50	0
0	center	0	0.005
1	kanan	50	0.005
2	kanan	100	0.005
3	kanan	150	0.005
4	kanan	200	0.005
5	kanan	250	0.005

Analisa :

Dari data gambar diatas dapat di ketahui bahwa kecenderungan kemiringan dari work table adalah pada arah kiri dari center spindle cutter, namun dari hasil pengukuran masih dalam batas toleransi yang diijinkan. Sehingga work table tidak perlu disetting ulang.

#### 4.4.5 Pengecekan permukaan *Work Table* paralel dengan arah *Tranversal*

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kerataan work table dilihat dari parameter ketegaklurusan terhadap cutter spindle arah transversal. Data hasil pengujian dicatat dan dimasukkan kedalam tabel sebagai berikut ini :

Tabel IV. Pengukuran Permukaan Work Table Arah Transversal

Posisi	Jarak (mm)	Penyimpangan (mm)
0	250	0
1	200	0
2	150	0.015
3	100	0.018
4	50	0.02
5	0	0.02

Analisa : Dari data hasil pengukuran dapat dilihat bahwa penyimpangan permukaan work table masih dalam batas toleransi yang diijinkan yaitu penyimpangan terbesar pada pengukuran diposisi 220 mm , sebesar 0,02 mm.

#### 4.4.6 Pengecekan center *T Slot* paralel dengan pergerakan *Work Table*

Pengukuran ini bertujuan untuk pengecekan T Slot untuk pencekaman benda kerja, yang berfungsi untuk mengetahui pengaruh kondisi kerataan T Slot yang diukur tegak lurus terhadap spindle cutter, terhadap benda kerja yang dibuat.

Tabel V. Tabel Hasil Pengecekan *Centre T Slot* Paralel dengan Pergerakan *Work Table*

Posisi	Posisi Jarak (mm)	Penyimpangan (mm)	
		Posisi Work Table kiri	Posisi Work Table Kanan
0	0	0	0
1	0-50	0	0.05
2	50-100	0.015	0.08
3	100-150	0.013	1.08

Analisa :

(Diambil pada penyimpangan terbesar diposisi pengukuran work table bagian kiri, rentang posisi jarak 100-150 mm)

Hasil Pengukuran = 0,13 mm

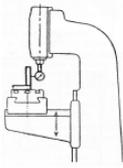
Toleransi yang diijinkan = 0,02 mm (-)

Penyimpangan = 0,11 mm

Dari data hasil pengukuran dapat terlihat bahwa penyimpangan T Slot terbesar adalah pada work table bagian kiri dari spindle cutter di posisi titik pengukuran 100 – 150 mm dengan nilai pembacaan dial sebesar 0,13 mm atau penyimpangan sebesar 0,11 mm dari standar yang diijinkan. Hal berbanding lurus dengan penyimpangan work table yang telah terlihat pada pengujian 3 dan 4, keausan antara komponen yang saling bersinggungan antara worktable dan saddle yang mengakibatkan penyimpangan tersebut.

#### 4.4.7 Pengujian Ketegaklurusan *Knee Ways* Terhadap *Work Table*.

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kekotakan pemesian dilihat dari sisi kenaikan knee ways.

No	Skema	Jenis Pengujian	Penyimpangan yang Diijinkan (mm)	Hasil Pengujian
7		Pengujian Ketegaklurusan <i>Knee Ways</i> Terhadap <i>Work Table</i>	0,02 / 300 mm	0,018 mm

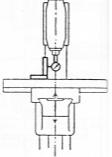
Gambar 9. *Worksheet* Pengujian ketegaklurusan *Knee Ways*

Analisa :

Ketegaklurusan *Knee Ways* terhadap *Work table* yang diukur dari parameter *Spindle cutter* masih dalam batas toleransi yang diijinkan, yaitu dengan penyimpangan maksimum sebesar 0,018 mm. Sehingga mesin masih dalam kondisi normal.

#### 4.4.8 Pengujian kecondongan lateral *Knee Ways*

Pengecekan ini bertujuan untuk melihat ketegaklurusan dan kecondongan lateral pemesian dilihat dari sisi kenaikan knee ways.

No	Skema	Jenis Pengujian	Penyimpangan yang Diijinkan (mm)	Hasil Pengujian
8		Pengujian Ketegaklurusan <i>Knee Ways</i> Terhadap <i>Work Table</i>	0,02 / 300 mm	0,015 mm

Gambar 10. Worksheet Pengujian kecondongan lateral *Knee Ways*

Analisa :

Pada dasarnya pengujian ini sama pada pengujian 7, perbedaannya pada arah dari precision blok yang digunakan sebagai basic pengukuran . Dari data hasil pengukuran dapat dilihat bahwa ketegaklurusan dari Lateral *Knee Ways* masih dalam batas toleransi yang diijinkan yaitu sebesar 0,015 mm.

#### 5. KESIMPULAN

Hasil test performance dan verifikasi menunjukkan adanya penyimpangan hasil pemakanan benda kerja yang dikarenakan penurunan dari posisi *work table* bagian kiri mesin. Penurunan *work table* dimungkinkan terjadi karena adanya pembebanan yang tidak seimbang terhadap *work table* akibat peletakan posisi ragam atau pencekaman benda kerja. Karenanya berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan diatas , maka penulis menyimpulkan bahwa mesin *milling* vertikal ini perlu dilakukan penyelarasan (leveling) ulang untuk posisi kedudukan *knee*, *saddle* dan *work table*. Kepresisian tidak dapat dicapai pada operasi *surface* milling dengan pencekaman sepanjang *work table*.

#### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Rekan rekan di BPPT, Universitas Pancasila dan teman teman yang sudah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

#### 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G, Schlesinger. 1978. Testing Machine Tools. Pergamon Press.
- [2] Taufiq, Rochim. 1993. Teori & Teknologi Proses Permesinan. Penerbit ITB.Bandung.
- [3] ISO Recommendation 230. 1996. Test Code for Machine Tools. Second Edition.
- [4] A.J.Hapman. 1973. Workshop Technology Part 2. Edward Arnold Publisher. London.
- [5] Morris, Alan S., 2001. Measurement and Instrumentation Principles. Butterworth Heinemann. UK
- [6] Lasconelson. 1978. Machine Shop. American Techical Soceity press. USA



## DESAIN MODEL CYCLONE UNTUK ANALISA PENURUNAN PRESSURE DROP

Tunggul Priadi<sup>1</sup>, Azwardi<sup>2</sup>, Dandun Kriswahyudi<sup>3</sup>

Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta,  
tunggulpriadi.holcim@gmail.com

Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, azwardiir@gmail.com

SI Process Engineering, Lafarge Holcim Indonesia Cilacap Plant, dandun@lafargeholcim.com

### Abstrak

Salah satu perangkat penting dalam industri semen adalah siklon, yang berfungsi untuk memisahkan udara dengan material. Material yang mengalir dalam siklon akan dipisahkan oleh gaya sentrifugal sesuai dengan massa jenisnya. Material yang memiliki massa jenis lebih ringan akan keluar melalui bagian atas (outlet duct), sedangkan material yang memiliki massa jenis lebih berat akan menuju ke bagian bawah. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk membandingkan perbedaan tekanan antara bagian inlet dan outlet serta debit udara yang terukur pada dua jenis model siklon. Metode yang digunakan yaitu pengukuran tekanan dan debit pada miniatur siklon menggunakan alat ukur manometer. Hasilnya, berupa perbandingan beda tekanan antara bagian inlet dan outlet dan debit antara dua model siklon. Kesimpulan dari hasil simulasi menunjukkan bahwa desain saluran outlet model lengkung menghasilkan beda tekanan yang lebih kecil daripada desain saluran outlet model tegak lurus.

**Kata kunci** : siklon, beda tekanan, debit, saluran outlet, simulasi

### Abstract

One of vital equipments in cement industry is cyclone, that has function to separate between gas and material. Materials flow in cyclone are separated by centrifugal force as depend on the density. Materials that have lower density will flow to the outlet gas duct, while materials that have bigger density will go to the bottom part. There are 2 things that will be observed, they are flow and pressure drop. The gas flow is related to pressure drop, the different between inlet duct pressure and outlet duct pressure. The purpose of the simulation is to compare the pressure drop and flow measured in both of cyclone models. The method used is pressure and flow measurement on cyclone miniature by using manometer. The result is comparation between pressure drop and flow between two models. The conclusions from the result show that bend outlet duct design has lower pressure drop than outlet duct that perpendicular to the fan design.

**Key Words** : cyclone, pressure drop, flow, outlet duct, simulation

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Sebuah sistem siklon terdiri dari *body* berbentuk silinder dengan kerucut di bagian bawahnya serta saluran yang terdapat pada bagian atas *body* sebagai jalan keluarnya udara. Material masuk melalui bagian *inlet* pada *body*, lalu akan menyebar di sepanjang dinding silindris dan mengalami pemisahan karena gaya sentrifugal yang terjadi sesuai dengan massa jenisnya. Dalam prosesnya, banyaknya material yang mengalir akan menyebabkan adanya tekanan. Tekanan yang terjadi di dalam siklon terukur pada bagian *inlet* dan saluran *outlet*.

Siklon mendapatkan suplai berupa tarikan yang diperoleh dari *fan* untuk mengalirkan material. Dengan adanya tarikan dari *fan*, maka terukur kecepatan udara pada bagian *inlet*, yang akan mempengaruhi seberapa besar tekanan dalam siklon dan seberapa besar laju aliran udara. Tekanan yang terukur pada bagian *inlet* dan saluran *outlet* memiliki nilai yang berbeda. Hal ini karena adanya kehilangan daya yang disebabkan oleh gesekan material dalam siklon dengan bagian *casing* sisi dalam, baik dinding *body* maupun saluran *outlet*. Fenomena ini dinamakan *pressure drop* (perbedaan tekanan).

Dengan adanya *pressure drop*, maka dapat diketahui performa dari sebuah siklon. Semakin besar perbedaan tekanan yang terukur, maka laju aliran udara akan semakin sedikit. Ada beberapa hal yang mempengaruhi *pressure drop* dan laju aliran udara, diantaranya kecepatan tarikan dari *fan* dan geometri siklon.

Pembuatan desain simulasi siklon ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan tekanan yang terjadi (*pressure drop*) antara bagian *inlet* dan saluran *outlet*. Dua desain saluran *outlet* yang berbeda akan dianalisa seberapa besar *pressure drop* dan laju aliran/debit yang terukur.

### 1.2 Tujuan

Dalam sistem *cyclone*, terdapat beberapa parameter yang terukur. Tekanan dan debit merupakan dua parameter yang signifikan dalam operasi sebuah siklon. Untuk mendapatkan operasi yang optimal, diperlukan *pressure drop* yang kecil dan *flow* yang tinggi. Pembuatan desain simulasi siklon memiliki tujuan untuk menganalisa penurunan *pressure drop* dan peningkatan *flow* dengan variasi desain *outlet duct* siklon. Dengan demikian, maka dapat diketahui bagaimana kinerja siklon yang optimal.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan dari penelitian ini 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, lihat Gambar 1 di bawah ini:

### 2.1 Pengamatan dan studi Lapangan

Tahap pertama dalam pelaksanaan simulasi yaitu melakukan pengamatan dan studi di lapangan terkait dengan *equipment* yang akan diuji yaitu *cyclone*. Dengan pengamatan yang dilakukan, maka selanjutnya didapat perspektif tentang bagaimana perkiraan desain yang akan dibuat. Hasil dari pengamatan yaitu pemahaman mengenai desain dan model *cyclone*.

### 2.2 Merancang desain

Perancangan desain *cyclone* mempertimbangkan berbagai hal, seperti tipe/jenis *cyclone*, kemudahan dalam proses pembuatan, dan biaya yang digunakan dalam pembuatan simulasi. Desain simulasi *cyclone* yang dibuat menggunakan tipe umum yang digunakan dunia industri, dengan metode yang digagas oleh Shepherd dan Lapple. Desain *outlet duct* dibuat dengan 2 jenis, yaitu tegak lurus dan lengkung.

### 2.3 Proses pembuatan

Proses awal persiapan bahan dimulai dari pengukuran dan pemotongan bahan material yaitu akrilik dengan tebal 5 mm, dilanjutkan dengan pemanasan yang dilakukan dalam suhu 150°C di dalam oven selama 1,5 jam. Pencetakan bentuk selanjutnya menggunakan pipa PVC 4 inch. Dengan pola yang sudah terbentuk, maka pengeleman di semua sisi menjadi penyelesaian akhir untuk menyatukan semua bagian. Penyempurnaan dengan pemasangan selang sebagai *outlet duct* dilakukan sesuai dengan dua desain yang telah dibuat untuk disimulasikan.

### 2.4 Pengujian simulasi menggunakan alat ukur

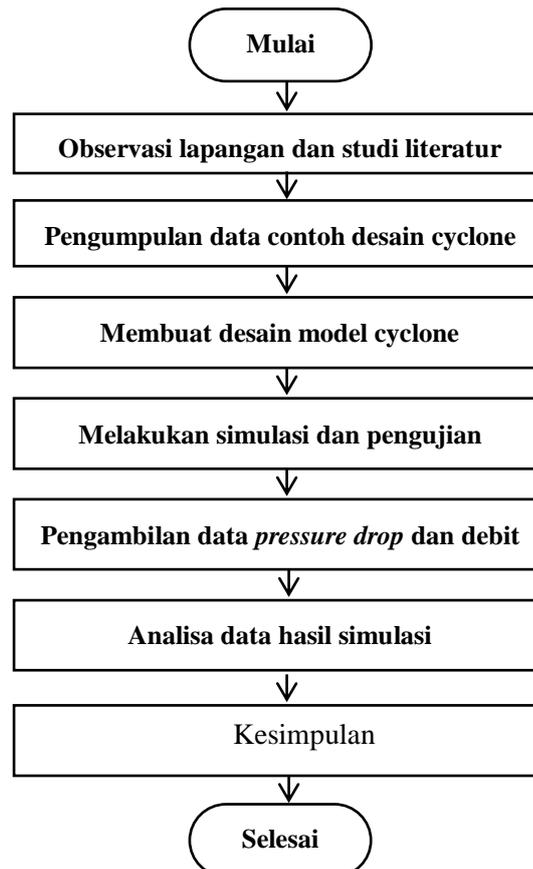
Simulasi dilakukan dengan menggunakan miniatur cyclone yang dibuat, dengan memanfaatkan sebuah vacuum cleaner sebagai penyuplai udara tarikan yang dihubungkan dengan sebuah perangkat pengatur kecepatan berdasarkan frekuensi (*variable speed drive*). Terdapat beberapa variabel yang akan diukur dalam simulasi ini, diantaranya adalah tekanan dan debit. Setiap variabel dicatat dan akan diulangi dalam beberapa percobaan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur manometer. Setiap langkah dan hasil dalam simulasi akan dicatat data beserta keterangan terkait untuk kemudian disusun secara sistematis.

### 2.5 Analisa dan pengolahan data

Hasil dari simulasi yang dilakukan akan menunjukkan sejumlah data yang kemudian akan diolah dan dianalisa. Data yang didapat disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, lalu dianalisa ke dalam beberapa penjelasan yang berkaitan dengan data tekanan serta debit yang terukur melalui simulasi.

### 2.6 Pengambilan kesimpulan

Analisa yang dilakukan secara mendetail dan sistematis mengarah kepada pengambilan kesimpulan. Kesimpulan didapat dengan merujuk kepada hasil analisa, yaitu bagaimana perbandingan beda tekanan yang terukur antara dua model siklon dengan saluran outlet yang berbeda. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan dapat digunakan untuk mengetahui performa siklon yang lebih optimal.



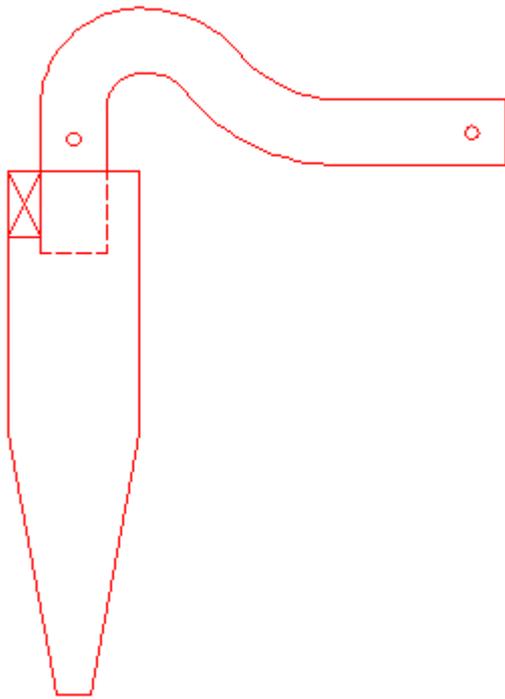
Gambar.1 Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

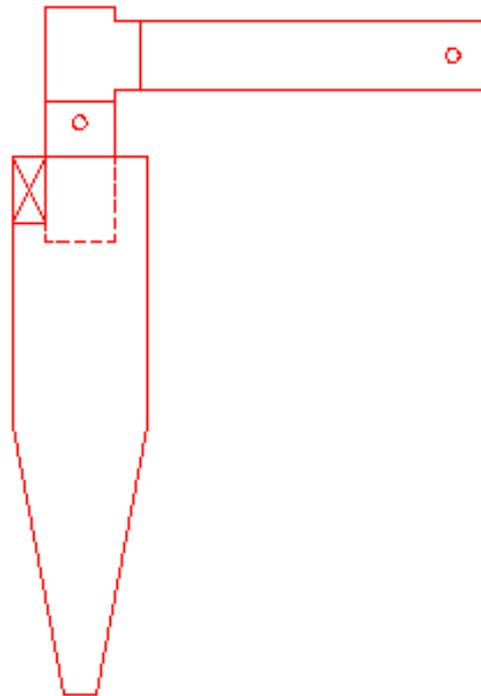
#### 3.1 Proses Simulasi

Simulasi *cyclone* dilakukan pada dua buah model yang berbeda. Kedua model ini, yaitu lengkung (Gambar 1) dan tegak lurus (Gambar 2). Di bagian ujung dari *outlet duct*, dihubungkan sebuah *vacuum cleaner* yang berfungsi sebagai penyuplai udara tarikan. Setelah dilakukan perangkaian pada semua perangkat, dilakukan pengukuran pada 2 titik, yaitu di titik 1 dan titik 3. *Pressure Drop* (perbedaan tekanan) diukur langsung pada dua titik secara bersamaan. Pengukuran dilakukan menggunakan manometer, dengan satuan yang terbaca dalam mbar atau mmH<sub>2</sub>O.

Lalu, pengukuran berikutnya adalah pengukuran debit pada titik 3 (titik dekat dengan fan). Debit dari dua buah model diukur dalam satuan yang terbaca m/s. Setiap pengukuran disetting dengan beberapa frekuensi menggunakan perangkat *variable speed drive* untuk mengatur kecepatan putar dari *fan*. Perangkat *variable speed drive* akan menampilkan sejumlah data berupa frekuensi, arus, *power* dan *rating*.



Gambar. 2 Desain *cyclone* lengkung



Gambar. 3 Desain *cyclone* tegak lurus

### 3.2 Hasil Simulasi

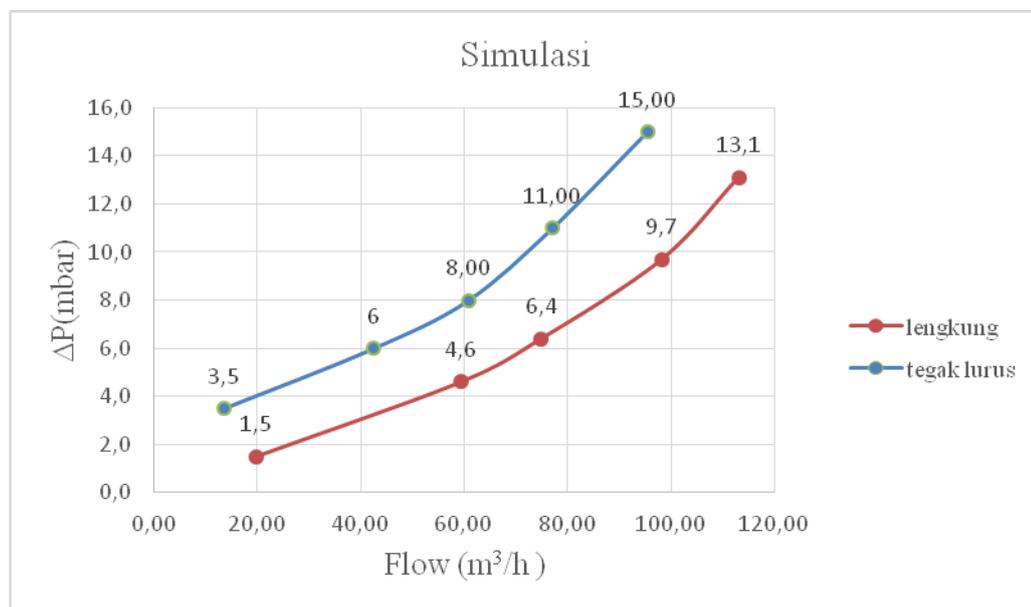
Data hasil simulasi pengukuran tekanan dan debit di beberapa frekuensi yang disetting pada *variable speed drive* ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Simulasi

No.	Frekuensi	Model Lengkung		Model Tegak lurus		Selisih (lengkung-tegak lurus)	
		Q (debit)	$\Delta P$ (beda tekanan)	Q (debit)	$\Delta P$ (beda tekanan)	Q (debit)	$\Delta P$ (beda tekanan)
1	40 Hz	19,80 m <sup>3</sup> /h	1,5 mbar	13,4 m <sup>3</sup> /h	3,5 mbar	6,36 m <sup>3</sup> /h	2,0 mbar
2	45 Hz	59,40 m <sup>3</sup> /h	4,6 mbar	42,4 m <sup>3</sup> /h	6 mbar	16,97 m <sup>3</sup> /h	1,4 mbar
3	50 Hz	74,96 m <sup>3</sup> /h	6,4 mbar	60,81 m <sup>3</sup> /h	8,00 mbar	14,14 m <sup>3</sup> /h	1,6 mbar
4	53 Hz	98,29 m <sup>3</sup> /h	9,7 mbar	77,08 m <sup>3</sup> /h	11,0 mbar	21,21 m <sup>3</sup> /h	1,3 mbar
5	55 Hz	113,14 m <sup>3</sup> /h	13,1 mbar	95,46 m <sup>3</sup> /h	15,00 mbar	17,68 m <sup>3</sup> /h	1,9 mbar

### 3.3 Pembahasan

Simulasi yang dilakukan pada dua model *cyclone*, telah menghasilkan beberapa data yang ditampilkan dalam Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik simulasi pada dua buah model siklon

Pada grafik di atas, model *cyclone* tegak lurus memiliki *pressure drop* yang lebih tinggi dari pada model *cyclone* lengkung. Selain itu, debit yang terukur lebih kecil daripada model lengkung. Hal ini terjadi karena adanya gesekan antara udara dengan dinding saluran serta turbulensi udara yang besar pada model tegak lurus. Turbulensi inilah yang mengakibatkan perbedaan tekanan menjadi besar, akibatnya debit udara yang terukur akan semakin kecil.

Berbeda dengan *cyclone* model lengkung, dimana turbulensi yang terjadi tidak terlalu besar karena jalur yang melengkung akan memungkinkan udara tidak mengalami gesekan yang terlalu signifikan dengan dinding saluran. Maka dari itu, perbedaan tekanan yang terjadi antara inlet dengan outlet tidak terlalu besar dan debit yang terukur cukup tinggi.

#### 4. PERHITUNGAN PRESSURE DROP DAN DEBIT

Pengukuran *pressure drop* dilakukan pada dua titik secara bersamaan, yaitu di titik 1 dan titik 3. Pada setting frekuensi masing-masing, terukur *pressure drop* pada manometer. Perhitungan *pressure drop* berdasarkan persamaan berikut ini : (Teori tekanan statis )

[Persamaan 1]

$$\text{penurunan pressure drop} = \left( \frac{\text{pressure tegak lurus} - \text{pressure lengkung}}{\text{pressure tegak lurus}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi 40 Hz} \quad \left( \frac{3,5 \text{ mbar} - 1,5 \text{ mbar}}{3,5 \text{ mbar}} \right) \times 100\% = 57,14\%$$

$$\text{Frekuensi 45 Hz} \quad \left( \frac{6 \text{ mbar} - 4,6 \text{ mbar}}{6 \text{ mbar}} \right) \times 100\% = 23,33\%$$

$$\text{Frekuensi 50 Hz} \quad \left( \frac{8 \text{ mbar} - 6,4 \text{ mbar}}{8 \text{ mbar}} \right) \times 100\% = 20\%$$

$$\text{Frekuensi 53 Hz} \quad \left( \frac{11 \text{ mbar} - 9,7 \text{ mbar}}{11 \text{ mbar}} \right) \times 100\% = 11,8\%$$

$$\text{Frekuensi 55 Hz} \quad \left( \frac{15 \text{ mbar} - 13,1 \text{ mbar}}{15 \text{ mbar}} \right) \times 100\% = 12,66\%$$

Pengukuran debit pada titik 3, dengan setting frekuensi masing-masing terukur debit (m/s) pada saluran berdiameter 50 mm. Perhitungan debit berdasarkan persamaan berikut ini: (teori mekanika fluida )

[Persamaan 2]

$$Q = v \times A \quad \text{Debit} = \text{kecepatan alir} \times \text{luas penampang}$$

$$\text{Luas penampang} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$\text{Luas penampang} = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,05)^2 \times 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas penampang} = 0,00196 \text{ m}^2$$

Perhitungan debit pada luasan area duct berdasarkan setting frekuensi, adalah sebagai berikut :

Frekuensi 40 Hz :

Model tegak lurus :  $v = 1,9$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 1,9 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,0037 m^3/s$$

$$Q = 0,0037 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 13,44 m^3/h$$

Frekuensi 45 Hz

Model tegak lurus :  $v = 6$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 6 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,012 m^3/s$$

$$Q = 0,012 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 42,43 m^3/h$$

Frekuensi 50 Hz

Model tegak lurus :  $v = 8,6$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 8,6 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,0169 m^3/s$$

$$Q = 0,0169 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 60,81 m^3/h$$

Frekuensi 53 Hz

Model tegak lurus :  $v = 10,9$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 10,9 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,0214 m^3/s$$

$$Q = 0,0214 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 77,08 m^3/h$$

Frekuensi 55 Hz

Model tegak lurus :  $v = 13,5$  m/s

Model lengkung :  $v = 2,8$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 2,8 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,0055 m^3/s$$

$$Q = 0,0055 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 19,80 m^3/h$$

model lengkung :  $v = 8,4$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 8,4 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,0165 m^3/s$$

$$Q = 0,0165 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 59,40 m^3/h$$

model lengkung :  $v = 10,6$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 10,6 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,021 m^3/s$$

$$Q = 0,021 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 74,96 m^3/h$$

model lengkung :  $v = 13,9$  m/s

$$Q = v \times A$$

$$Q = 13,9 \frac{m}{s} \times 0,001964 m^2$$

$$Q = 0,027 m^3/s$$

$$Q = 0,027 \frac{m^3}{s} \times 3600$$

$$Q = 98,29 m^3/h$$

model lengkung :  $v = 16$  m/s

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dengan hasil simulasi yang telah dilakukan terhadap dua buah model *cyclone*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan. Diantaranya adalah sebagai berikut :

Pada *cyclone* dengan *outlet duct* model lengkung, *pressure drop* yang terukur lebih kecil daripada *cyclone* dengan *outlet duct* model tegak lurus.

Debit lebih tinggi pada *cyclone* dengan *outlet duct* model lengkung dari pada *cyclone* dengan *outlet duct* model tegak lurus

Dengan mengetahui debit aliran *cyclone* yang lebih tinggi, maka *cyclone* dengan *outlet duct* model lengkung beroperasi lebih optimal.

### 5.2 Saran

Untuk lebih mengoptimalkan simulasi, diperlukan metode lain yaitu menggunakan software. Software yang dapat digunakan antara lain CFD (Computational Fluid Dynamics), Aspen Hysys 3.2, dan program aplikasi yang berbasis simulasi lainnya. Hal ini untuk meminimalisir berbagai variabel yang kemungkinan terabaikan saat simulasi dilakukan secara langsung menggunakan *cyclone*. Dengan menggunakan software, maka variabel yang dimasukkan dapat lebih bervariasi dan lebih cepat dalam pemrosesan data.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

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

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.N. Ghosh, S. Y. "Energy Conservation And Environmental Control In Cement Industry," *Akademia Books International*, vol.98, pp. 401-412, 1996.
- [2] Duda, W. "International Process Engineering in the Cement Industry," *Cement Data Book 1*, vol.1, pp. 80-84, 1998.
- [3] Ramachandran, R., & Sivakumar, P. "Design And Development Of Cyclone Separator Interconnected CFBC," *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, vol.14, pp 211-228, 2008.
- [4] Arkema Group. "Plexiglas Acrylic Sheet," *Acrylic Mannual Data Sheet*, vol.3, pp.14-30, 2006.

## RANCANGAN UPGRADE PROGRAM PLC CF DAN LOW KILN FEED PADA SISTEM PT HOLCIM INDONESIA

Mukhlis Septiawan<sup>1</sup>, Azwardi<sup>2</sup>, Juhartono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PT Holcim Indonesia, mukhlisseptiawan.holcim@gmail.com, Jl. Ir. H Juanda, (0282) 548939,

<sup>2</sup>Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup>PT Holcim Indonesia

### ABSTRAK

Sistem CF (Continues Flow) dan LOW (Loss Of Weight) kiln feed adalah sistem yang berfungsi untuk membantu proses homogenisasi tepung baku semen dan pengaturan flowrate pengumpanan tepung baku semen ke dalam kiln. Permasalahan yang dihadapi pada sistem CF dan LOW kiln feed pada saat ini adalah PLC yang digunakan sekarang sudah obsolete, yaitu sudah tidak diproduksi lagi oleh pembuatnya dan tidak ada lagi dukungan dari vendor. Sehingga menimbulkan resiko kerusakan dan berpotensi menyebabkan kerugian produksi yang besar, maka harus secepatnya dilakukan upgrade PLC. Didalam upgrade PLC tersebut dibutuhkan pogram PLC yang baru, oleh sebab itu dilakukanlah rancangan upgrade program PLC CF dan LOW kiln feed sistem . Dengan tujuan untuk mewujudkan program baru yang sesuai dengan fungsi sistem CF dan LOW kiln feed ketika dilakukan upgrade PLC yang baru. Metode yang digunakan untuk rancangan upgrade program yang baru adalah mengumpulkan informasi program lama sebagai referensi pembuatan program yang baru, membuat list komponen dan list I/O yang dibutuhkan, eksekusi dan diskusi untuk melakukan convert program yang baru, dan tes logis Hasil dari rancang upgrade program PLC CF dan LOW kiln feed ini adalah list komponen, list I/O dan program baru yang sudah dibuat pada software RSLogix 500 yang bisa langsung diaplikasikan ketika dilakukan upgrade PLC CF dan LOW kiln feed sistem .

**Kata kunci :** Kiln feed, CF, LOW, Program PLC

### ABSTRACT

System CF (Continues Flow) and LOW (Loss Of Weight) kiln feed is a system that serves to assist the process of homogenization and cement feed flowrate setting cement raw meal into the kiln. Problems faced on the system CF and LOW kiln feed at this time is a PLC that is used now obsolete, that is no longer manufactured by maker and no more support from vendors. So that raises the risk of damage and potentially caused high production losses, it must immediately be upgraded PLC. In the PLC upgrade required new PLC program , So we need make upgrade design of PLC program CF and LOW kiln feed system. The purpose is to create a new program in accordance with the system function CF and LOW kiln feed when the upgrade's new PLC. The method used to upgrade the design of the new program is to collect information the old program as a reference the manufacture of the new program, create a list of components and a list of I / O is needed, execution and discussions to convert the new program, and logical tests. So that the results of the design upgrade program and the PLC CF LOW kiln feed is a list of components, list the I / O and a new program that has been made in RSLogix 500 software can be directly applied when the upgrade PLC CF and LOW kiln feed system.

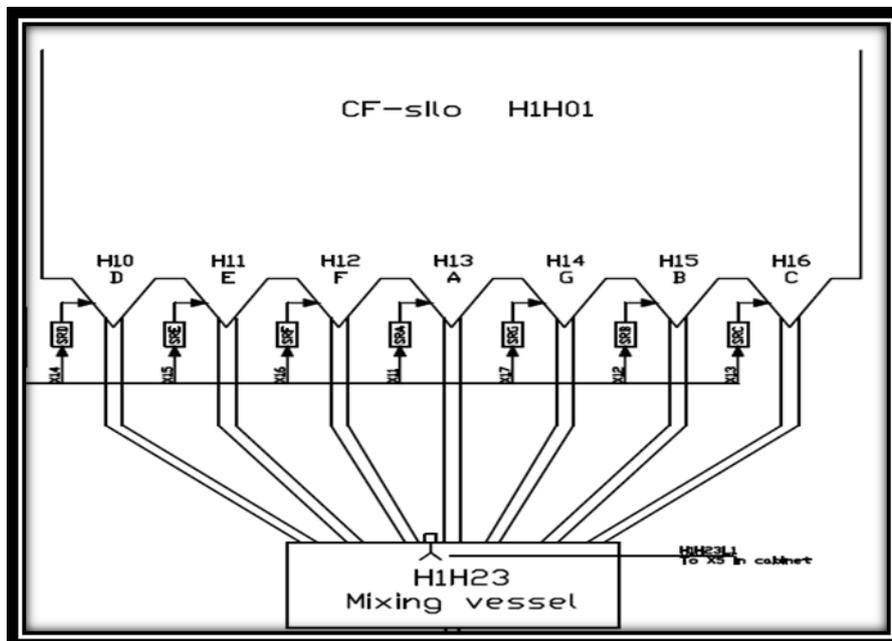
**Keywords:** Kiln feed, CF, LOW, PLC Program

## 1. PENDAHULUAN

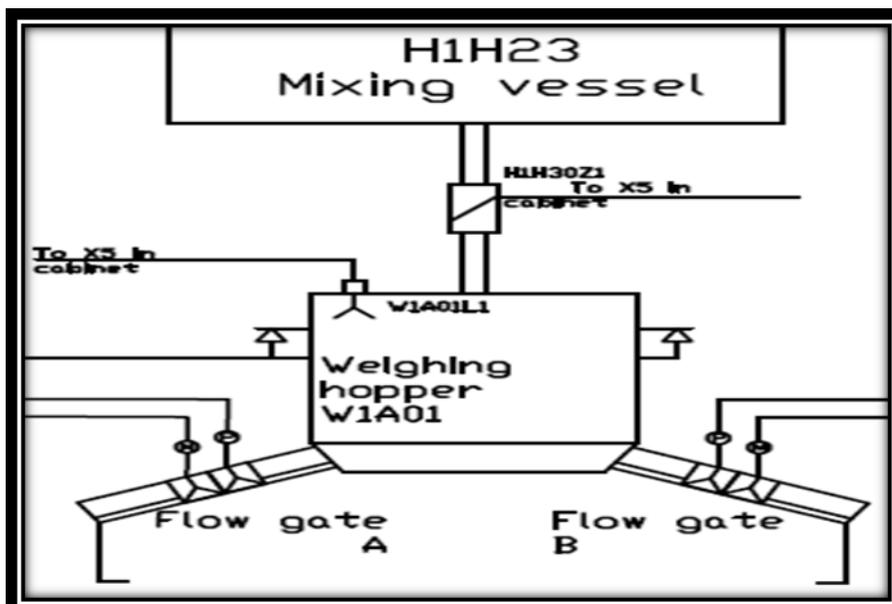
Pada sistem kiln feed ini terdapat 7 katup yang digunakan untuk jalan keluarnya tepung baku semen dari blending silo dan sekaligus sebagai sistem homogenisasi dengan sistem buka tutup bergantian. Sistem buka tutup 7 katup tersebut disebut dengan CF (Continues Flow). Setelah itu tepung baku semen akan masuk ke bin yang terdapat sensor tonase yaitu load cell yang berfungsi untuk menimbang tepung baku yang ada didalam bin, sehingga digunakan untuk referensi pengaturan flow tepung baku yang diumpankan ke kiln. Dan digunakan untuk fungsi pengaturan kecepatan motor yang digunakan untuk mengatur bukaan flowgate dibawah bin. Sistem ini menggunakan PLC (Progamable Logic Control) untuk mengatur dan mengontrol sistem tersebut sesuai dengan yang kita butuhkan, untuk sekarang kita menggunakan PLC dari allen bradley dengan seri PLC 5.<sup>[1]</sup>

Permasalahan yang terjadi adalah, PLC yang sekarang kita gunakan sudah tidak ada suku cadang dan dukungan pembuat, kita sudah tidak memiliki suku cadang untuk melakukan penggantian part ketika PLC tersebut rusak, kita juga tidak mempunyai dukungan dari vendor terkait untuk melakukan perbaikan ketika terjadi kerusakan pada PLC yang sekarang digunakan. Hal ini menimbulkan resiko kerugian produksi yang besar ketika terjadi kerusakan pada PLC tersebut. Untuk mengatasinya, maka harus dilakukan penggantian PLC dengan seri yang baru. Dengan dilakukan penggantian maka diharapkan

akan menghilangkan resiko kerugian produksi yang besar. Oleh karena itu sebelum dilakukan *upgrade* PLC tersebut, sangatlah penting untuk dibuat sebuah rancangan *upgrade* program PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem untuk penggantian PLC 5 dengan SLC 500 dari *Allen Bradley* dengan tujuan untuk persiapan sebelum dilakukan *upgrade* PLC yang mencakup tentang pemrograman ulang, penggambaran ulang *electric schematic diagram* dan *lay out component*, serta tentang *list component* yang dibutuhkan dan penyusunan *budget*. Dengan dilakukan *upgrade* PLC 5 ke SLC 500 diharapkan akan membuat sistem CF dan LOW *kiln feed* terhindar dari resiko kerugian produksi yang besar dan ketersediaan serta kehandalan PLC yang bisa terjaga.

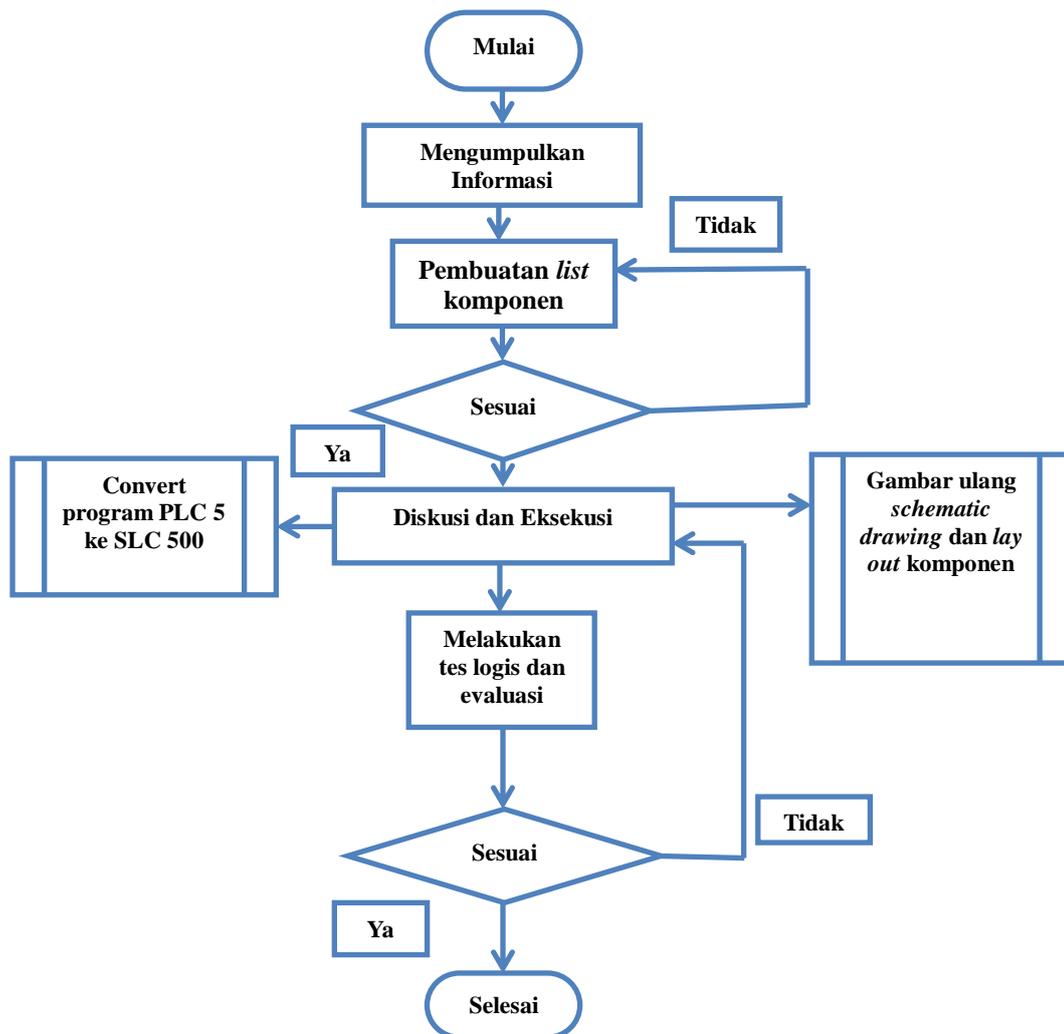


Gambar 1. Sistem CF (Continues Flow)<sup>[1]</sup>



Gambar 2. Sistem LOW (Loss Of Weight)<sup>[1]</sup>

## 2. METODE



Gambar 3. Diagram Alir Metode Pelaksanaan

Metode yang dilakukan pertama kali adalah melakukan pengumpulan informasi tentang sistem CF dan LOW *kiln feed*. Informasi yang dibutuhkan adalah informasi yang berkaitan dengan pembuatan *list* komponen, *list* I/O dan *convert* program RSLogix 5 ke RSLogix 500. Informasi tersebut akan digunakan untuk proses *convert* program. Jadi, program yang dibuat akan sesuai dengan informasi yang didapatkan. Selanjutnya dibuatlah *list* komponen dan *list* I/O yang dibutuhkan dalam sistem CF dan LOW *kiln feed*. *List* komponen dan *list* I/O digunakan untuk referensi *convert* program yang baru pada RSLogix 500. Dan juga digunakan ketika *upgrade* PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem dilaksanakan.

Diskusi dan eksekusi dilakukan untuk melakukan *convert* program yang ada pada *software* RSLogix 5 yang akan di *convert* ke dalam *software* RSLogix 500. *Convert* program yang baru dibuat berdasarkan referensi dari program yang lama pada RSLogix 5. Sehingga untuk fungsi dan deskripsi sistem CF dan LOW *kiln feed* tidak akan berubah. Selain dilakukan *convert* program juga dilakukan penggambaran ulang *schematic drawing* sebagai pendukung materi dan pendukung untuk digunakan ketika *upgrade* PLC baru dilaksanakan. Setelah dilakukan *convert* program dari RSLogix 5 ke RSLogix 500 maka dilakukan tes logis. Yang berfungsi sebagai *quality control* pekerjaan *convert* program, sehingga tes logis ini sangat penting dilakukan untuk menentukan apakah program yang sudah dibuat sesuai dengan fungsi dan deskripsi dari program yang lama.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memmperbarui PLC sistem *kiln feed* adalah dengan melakukan *upgrade* PLC baru. Sebelum dilakukan *upgrade* PLC baru maka diperlukan rancangan *upgrade* program PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem. Ada beberapa tahapan yang dilakukan, diantaranya

#### 3.1 Membuat list I/O

Pembuatan *list I/O* adalah tahapan pertama yang dilakukan ketika membuat sebuah program. Untuk membuat program sistem *kiln feed* maka dilakukan pembuatan *list I/O* berdasarkan sistem yang sudah ada. *List I/O* akan digunakan sebagai pengalamatan *input* atau *output* yang digunakan didalam sistem *kiln feed*. Alamat tersebut akan di gunakan sebagai alamat modul *digital* maupun modul *analog*. Pada *list I/O* yang dibuat juga tercantum deskripsi dari setiap alamat I/O yang digunakan. Sehingga memudahkan dalam proses konversi program di RSLogix 500.

#### 3.2 Membuat list komponen

*List komponen* dibuat berdasarkan komponen yang dibutuhkan untuk sistem CF dan LOW *kiln feed* sistem. Penentuan komponen yang digunakan juga harus disesuaikan dengan kebutuhan daya, tegangan yang diperlukan pada setiap alamat I/O yang digunakan pada PLC 5. Sehingga komponen yang dipilih bisa sesuai untuk menjalankan fungsi dan deskripsi kerja dari sistem CF dan LOW *kiln feed*.

Tabel 1. List Komponen

LIST COMPONENT PLC CF AND LOW KILN FEED				
NO	Description	Catalog	Qty	
I	CF and LOW A			
1	Allen Bradley I/O Rack for 1746, 13 slots AB 1746-A 1746-A1	1746-A13	1	ea
2	Allen Bradley Analog Input, Voltage/Current, 8 chan. AB 1746-N 1746-NI	1746-NI8	1	ea
3	SLC 16 Point 240V AC Input Module	1746-IM16	4	ea
4	SLC 5/05 64K Controller	1747-L553	1	ea
5	SLC 16 Point Digital Output Module	1746-OW16	3	ea
6	Allen Bradley Analog Output, Current, 4 chan. AB 1746-N 1746-NO 1746-NO4	1746-NO4I	1	ea
7	Allen Bradley Pwr. Sply., 120/220 VAC, 92 W AB 1746-P	1746-P4	1	ea
			Total	
II	CF and LOW B			
1	Allen Bradley I/O Rack for 1746, 13 slots AB 1746-A 1746-A1	1746-A13	1	ea
2	Allen Bradley Analog Input, Voltage/Current, 8 chan. AB 1746-N 1746-NI	1746-NI8	1	ea
3	SLC 16 Point 240V AC Input Module	1746-IM16	4	ea
4	SLC 5/05 64K Controller	1747-L553	1	ea
5	SLC 16 Point Digital Output Module	1746-OW16	3	ea
6	Allen Bradley Analog Output, Current, 4 chan. AB 1746-N 1746-NO 1746-NO4	1746-NO4I	1	ea
7	Allen Bradley Pwr. Sply., 120/220 VAC, 92 W AB 1746-P	1746-P4	1	ea

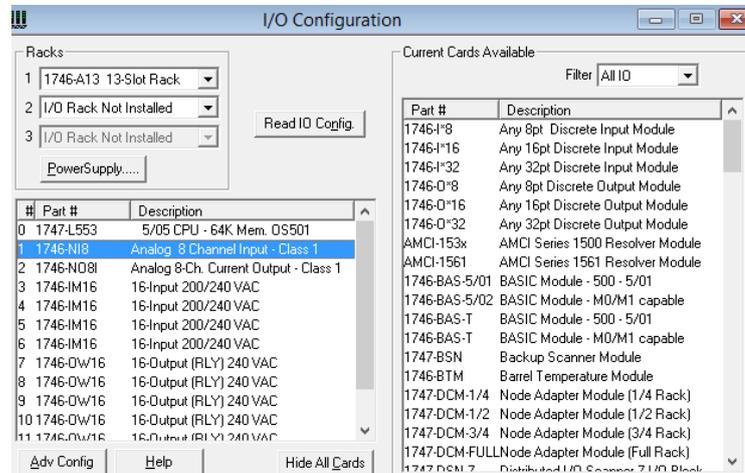
#### 3.3 Konversi Program RSLogix 5 ke RSLogix 500

Konversi yang akan dilakukan adalah konversi program PLC lama sistem CF dan LOW *kiln feed* yang sudah ada pada *software* RSLogix 5 menjadi program PLC baru yang dibuat menggunakan *software* RSLogix 500. Pada tahap konversi program RSLogix 500 dibuat berdasarkan *list I/O*, *list* komponen, dan deskripsi kerja dari sistem *kiln feed*. *List I/O* digunakan untuk pengalamatan pada setiap *input* dan *output*, yang disesuaikan dengan deskripsi setiap masing-masing alamat I/O. *List* komponen digunakan untuk pengaturan konfigurasi I/O. Untuk setiap *ladder* diagram dibuat berdasarkan deskripsi kerja dari sistem *kiln feed*. Serta berdasarkan pada program yang sudah dipakai pada PLC 5 yang dibuat di RSLogix 5.

Berikut ada beberapa ladder diagram yang akan dibuat dan beberapa i/o konfigurasi yang dibuat berdasarkan *list* komponen yang sudah dibuat dan *list* i/o nya.

### 3.3.1 I/O Konfigurasi

Tahapan awal ketika memulai membuat program baru pada aplikasi RSLogix 500 adalah melakukan pengaturan dan penyesuaian I/O konfigurasi berdasarkan *list* komponen. Didalam pengaturan I/O konfigurasi dilakukan pemilihan komponen seperti *processor*, jumlah *slot* dari *rack*, *digital modul*, *analog modul*, *power supplies*. Dari *list* komponen yang sudah dibuat maka dilakukan pengaturan kebutuhan komponen yang akan digunakan untuk sistem *kiln feed*. Seperti gambar dibawah ini

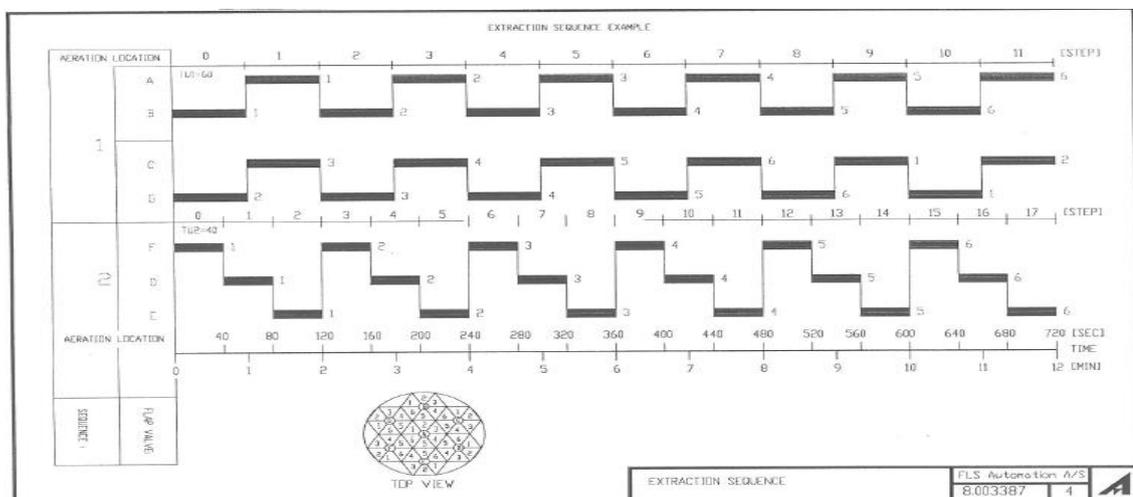


Gambar 4. I/O Konfigurasi

### 3.3.2 Konversi Program RSLogix 5 ke RSLogix 500

Konversi program di buat menggunakan software RSLogix 500. Program ini di buat dengan menggunakan referensi dari program sebelumnya yang sudah di buat di RSLogix 5. Untuk pengalamanan I/O dibuat tidak sama dengan program pada RSLogix 5 karena *list* komponen program yang baru di buat sesuai dengan kebutuhan I/O yang ada dengan meminimalkan jumlah modul yang ada. Sehingga untuk pengalamanan I/O dibuat berdasarkan *list* I/O yang sudah di buat di awal.

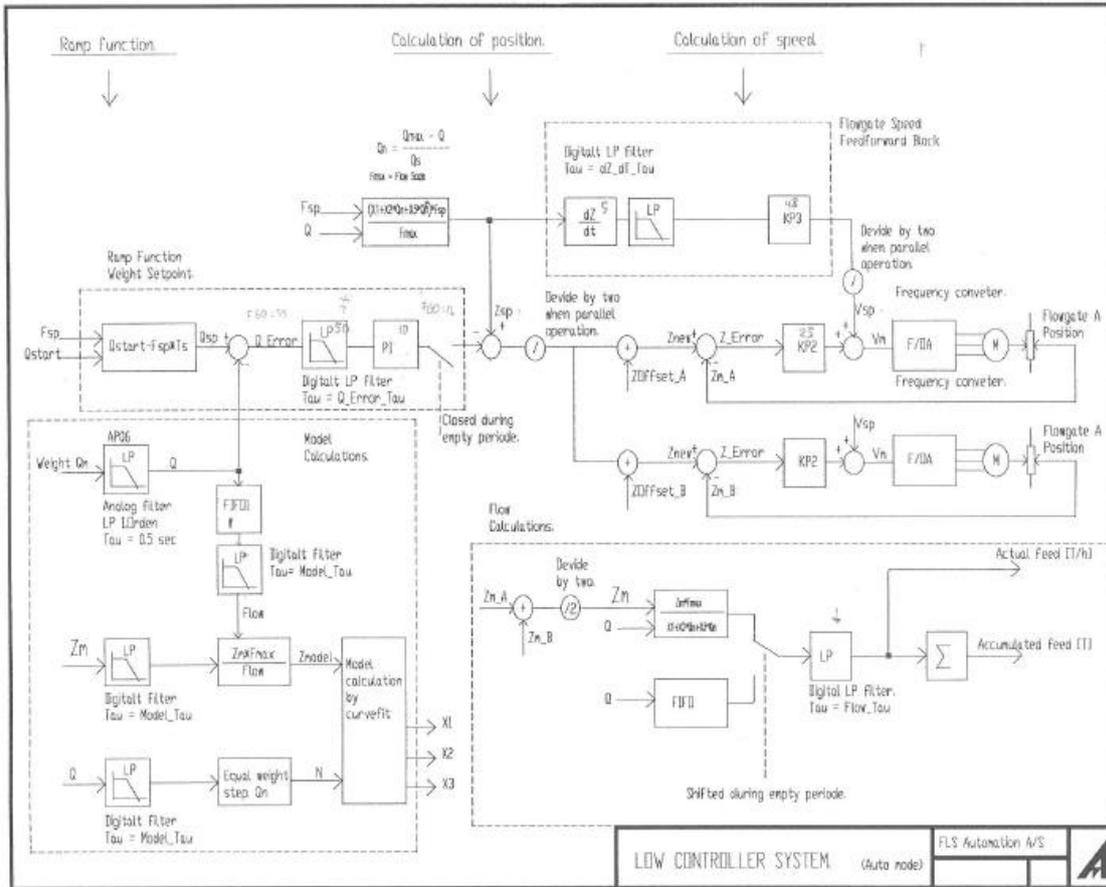
Untuk program sistem CF dibuat berdasarkan pengaturan waktu yang dijelaskan oleh gambar dibawah ini. Sehingga untuk deskripsi proses sistem CF akan berjalan sesuai dengan pengaturan waktu yang sudah ditetapkan untuk setiap *flap valve*.<sup>[1]</sup>



Gambar 5. Deskripsi proses sistem CF (Continues Flow) berdasarkan waktu pada sistem kiln feed<sup>[1]</sup>

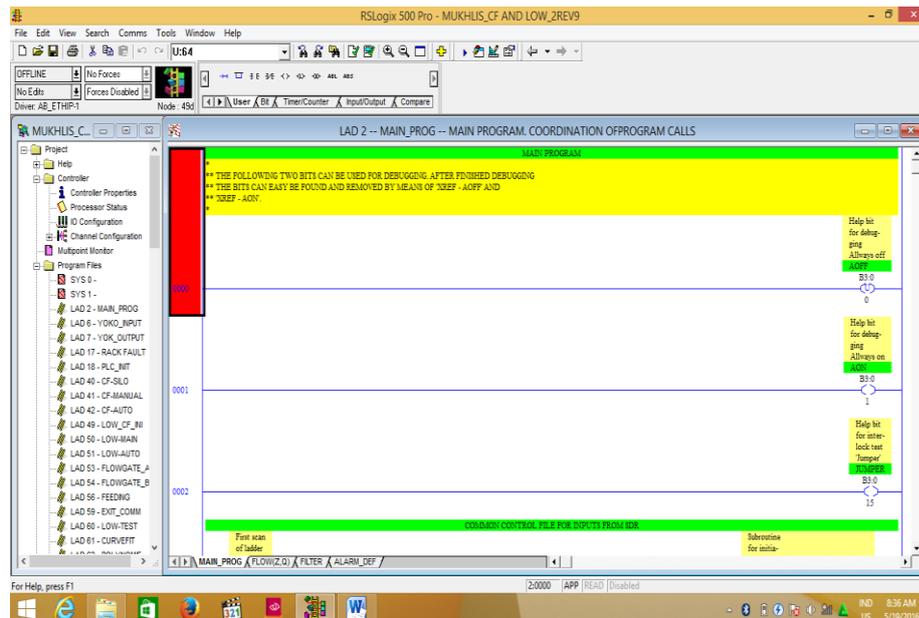
Untuk sistem LOW dibuat berdasarkan deskripsi dari gambar 5. yang menjelaskan untuk proses LOW. Sehingga untuk jalannya proses LOW akan sesuai dengan apa yang dijelaskan pada gambar 5. yang

mengatur bukaan *flowgate* berdasarkan *flow setpoint*. Dengan mengatur kecepatan dari motor penggerak *flowgate* sehingga posisi *flowgate* akan menyesuaikan dengan setting dari *flow setpoint*.<sup>[1]</sup>



Gambar 6. Deskripsi sistem LOW (Loss Of Weight) pada sistem kiln feed<sup>[1]</sup>

Untuk pembuatan setiap ladder, digunakan referensi program sebelumnya yang sudah ada pada *software* RSLogix 5. Program yang dimaksud disini adalah hasil dari pembuatan *ladder* diagram yang dibuat pada *software* pendukung PLC. Bentuk program yang baru hanya ada perbedaan sedikit dengan program yang lama. Tetapi tidak merubah deskripsi kerja dari sistem kiln feed. Perbedaan itu muncul karena ada beberapa blok fungsi yang digunakan didalam *software* RSLogix 5 tidak digunakan lagi atau berbeda penyetingannya pada *software* RSLogix 500. Sehingga muncul beberapa perbedaan antara program yang baru dengan yang lama.



Gambar 7. Contoh Program Baru Pada RSLogix 500 Ladder 2 - Main Program

### 3.3.3 Perbedaan Program Baru dan Program Lama

Di dalam program baru yang dibuat terdapat perbedaan yang muncul antara program yang baru dibuat pada RSLogix 500 dengan program yang lama pada RSLogix 5. Perbedaan tersebut muncul dikarenakan ada beberapa blok fungsi yang ada pada RSLogix 5 tidak digunakan lagi atau diganti tetapi dengan fungsi yang sama pada RSLogix 500. Perbedaan yang muncul diantaranya adalah alamat I/O yang baru berbeda karena kebutuhan komponennya di kurangi agar sistem yang digunakan lebih efisien. Perubahan instruksi AFI (*Always False Input*), karena tidak ada instruksi AFI pada RSLogix 500. Penghilangan blok fungsi BTR (*Block Transfer Read*) dan BTW (*Block Transfer Write*) yang digunakan untuk membaca nilai pada modul *analog*, karena pada RSLogix 500 untuk membaca nilai pada modul *analog* bisa langsung menggunakan alamat I/O. Pada *ladder dx/dt* ada blok fungsi FAL (*File Arhythmic Logic*) diganti dengan blok fungsi FFL (*FIFO Load*) dan FFU (*FIFO Unload*) yang berfungsi untuk menyimpan data pada kurun waktu tertentu dan dibongkar kembali data tersebut untuk digunakan sebagai parameter pada proses selanjutnya. Untuk intruksi ONS (*One Shoot*) diganti dengan instruksi OSR (*One Shoot Rising*) yang memiliki fungsi sama yaitu memberikan triger perintah sekali ketika rung bernilai *true*. Pada blok fungsi *jump subroutine* didalam RSLogix 5 berisi parameter input dan return sehingga pada RSLogix 500 dibuatkan parameter tersebut dengan bantuan blok fungsi *move*.

### 3.4 Tes Logis

Setelah dilakukan konversi program sistem CF dan LOW *kiln feed*, dari RSLogix 5 ke RSLogix 500. maka dilakukan uji logis yang berfungsi sebagai pembuktian kebenaran dari program baru pada RSLogix 500. Sehingga untuk program yang baru memiliki fungsi yang sama dengan program yang lama. Tahap tes logis ini dilakukan pengecekan setiap *ladder*, sesuai atau tidak untuk deskripsi dan pengalamatan setiap item yang dibuat. Dan untuk rangkaian sinyal *input* dan perintah *output* yang dibuat harus sesuai dengan deskripsi sistem CF dan LOW *kiln feed*.

Dengan dilakukan uji logis ini, maka program baru pada RSLogix 500 bisa diketahui apakah program yang dibuat sesuai atau tidak dengan deskripsi dari masing-masing *ladder* yang terdapat dalam program sistem CF dan LOW *kiln feed* yang sebelumnya dibuat pada RSLogix 5. Jika sudah sesuai maka program baru pada RSLogix 500 bisa digunakan pada sistem CF dan LOW *kiln feed* ketika dilakukan *upgrade* PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem.

Rancangan *upgrade* program PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem menghasilkan program CF dan LOW *kiln feed* sistem yang dibuat didalam *software* RSLogix 500 yang bisa digunakan langsung ketika dilaksanakan proyek *upgrade* PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem. Karena untuk fungsi dan deskripsi program sudah sesuai dengan deskripsi sistem CF dan LOW *kiln feed*, dan program baru ini juga bisa digunakan pada PLC yang baru yang akan digunakan yaitu SLC 500.

#### 4. KESIMPULAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil tugas akhir rancangan *upgrade* program PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

- a. Untuk memperbaiki PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem yang sudah *obsolete* diperlukan *upgrade* PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem dari PLC 5 ke SLC 500 buatan *allen bradley*. Oleh karena itu dilakukan rancangan *upgrade* program PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem yang menghasilkan program baru yang dibuat menggunakan *software* RSLogix 500. Program yang baru ini sudah sesuai dengan deskripsi sistem CF dan LOW *kiln feed* dan program ini bisa digunakan pada PLC baru yang akan digunakan yaitu SLC 500. Program baru ini bisa secara langsung diaplikasikan ketika dilakukan *upgrade* PLC yang sudah *obsolete* pada sistem CF dan LOW *kiln feed*.
- b. Selain menghasilkan program baru, didalam rancangan *upgrade* program PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem ini juga menghasilkan *list* komponen, *list* I/O, dan *schematic drawing* baru yang sudah disesuaikan dengan program baru yang telah dibuat. Untuk pengaplikasiannya bisa secara langsung diaplikasikan ketika dilakukan *upgrade* PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem. Rancangan ini memiliki sistem yang lebih mudah dilakukan perbaikan ketika terjadi kerusakan. Karena rancangan program PLC yang baru ini memiliki dukungan dari *vendor* yang membuat dan untuk komponennya masih diproduksi, sehingga bisa dilakukan penggantian komponen ketika terjadi kerusakan.

##### 4.2 Saran

- a. Untuk menghindari resiko kerugian produksi besar yang masih muncul, maka disarankan untuk melakukan *upgrade* PLC CF dan LOW *kiln feed* sistem secepatnya sebelum PLC yang digunakan saat ini mengalami kerusakan.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

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

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

[1] PT Semen Nusantara. 1996, Documentation Reference Manuals No. 7.928229 LOW/CF-Silo

## MODIFIKASI FLANGE SENSOR BACK END TEMPERATURE (BET) UNTUK PENGURANGAN FREKUENSI RUSAKNYA SENSOR

Siswanto Hadi<sup>1</sup>, Seto Tjahyono<sup>2</sup>, Sagi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, Politeknik Negeri Jakarta  
siswantohadi.holcim@gmail.com

<sup>2</sup> Dosen Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup> SI E/I Raw Mill & Kiln 1, Holcim Indonesia Tuban Plant

### Abstrak

Kiln merupakan alat penting yang digunakan pada industri semen. Kiln digunakan untuk membakar bahan baku utama semen yaitu batu kapur, silika, pasir besi, dan tanah liat menjadi clinker. Salah satu parameter yang penting pada kiln adalah Back End Temperature. Temperature ini diukur di riser duct menggunakan sensor thermocouple dan pyrometer yang termonitor di Central Control Room. Thermocouple digunakan untuk mengukur suhu saat heating up di bawah 700 °C sedangkan pyrometer digunakan saat suhu diatas 700 °C. Permasalahan yang terjadi adalah sering rusaknya sensor thermocouple karena terkena material panas. Hal ini terjadi karena pada saat operasi thermocouple tidak dikeluarkan sedangkan suhu di riser duct diatas 1000 °C. Material panas ini akan mengikis thermowell dan merusak thermocouple. Untuk mengatasi masalah tersebut diatas perlu dilakukan modifikasi yaitu dengan mengeluarkan thermocouple pada posisi diluar riser duct. Sebagai konsekuensinya maka perlu dilakukan modifikasi flange agar thermocouple tidak kontak langsung dengan material panas. Dengan dikeluarkannya sensor dari riser duct maka pada saat kiln beroperasi secara normal sensor tidak kontak langsung dengan material panas sehingga lifetime sensor menjadi lebih panjang. Dengan melakukan tindakan pengeluaran sensor dan modifikasi flange, maka selama kiln beroperasi secara normal material panas tidak akan mengikis sensor thermocouple sehingga keberadaan thermocouple menjadi lebih aman. Dan juga udara panas bertekanan dari riser duct tidak akan keluar pada saat proses pengeluaran sensor sehingga proses pengeluaran sensor lebih aman

**Kata Kunci:** Kiln, Riser Duct, Back End Temperature, Thermocouple.

### Abstract

Kiln is a main equipment that use in cement industry. Kiln use for burn cement raw material such as Limestone, Silica sand, Iron ore, and Clay to Clinker. One of main parameter in Kiln is Back End Temperature. This temperature measuring at Riser Duct by Thermocouple and pyrometer that displayed on Central Control Room. Thermocouple use for measurig heating up temperature under 700 °C whereas pyrometer use for temperature above 700 °C. The problem is the censored often broken because of hot material. This happen because when Kiln operate material temperature above 1000 °C and the censored not took out . This hot material worn out the Thermowell and broke the thermocouple. To solve this problem need to modify censored by take out the censored from riser duct. As the consequences need to modificate flange so the thermocouple indirect contact with hot material. So when Kiln operate the censored indirect contact with hot material and censored have longer lifetime. With doing this along the kiln operate hot material would not direct contact with censored and censored more safety. And pressurized hot air from the riser duct will not come out during the process of spending censored and more secure.

**Key word:** Kiln, Riser Duct, Back End Temperature, Thermocouple

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu equipment di proses pembuatan semen adalah Kiln, yang berfungsi untuk membakar raw material menjadi clinker. Pada sistem operasi Kiln terdapat parameter sensor Back End Temperature, yaitu equipment yang berfungsi untuk mengukur suhu di inlet Kiln menggunakan sensor Thermocouple.

Pada saat operasi sensor Thermocouple BET sering rusak karena bentuk flange yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Sensor thermocouple ini digunakan hanya pada saat heating up yaitu dengan suhu < 700 °C.

Saat operasi suhu di inlet kiln mencapai 1400 °C sehingga sensor thermocouple perlu dikeluarkan dari riser duct. Oleh karena itu diperlukan modifikasi flange sensor Thermocouple Back End Temperature yang diharapkan dapat mengurangi frekuensi kerusakan sensor akibat terkena panas di riser duct. Holcim, "Electric RMK 1 Daily Report" (2016).

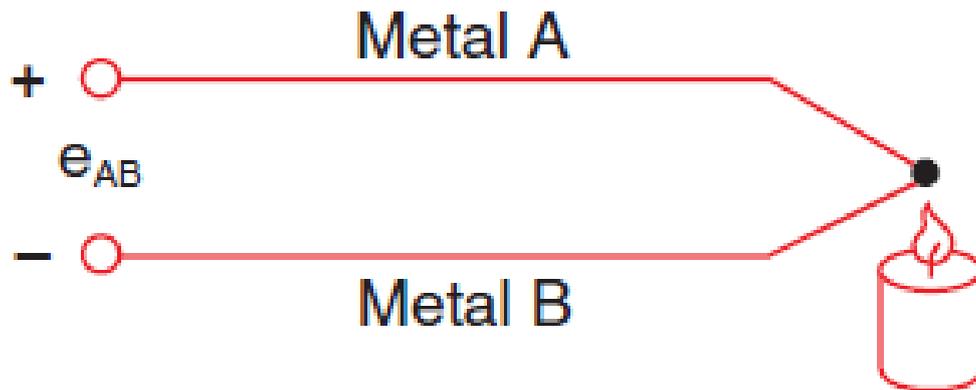
## 1.2 Tujuan

- 1) Menghilangkan masalah kerusakan dari thermocouple pada Kiln Back End Temperature.
- 2) Meningkatkan lifetime dari thermocouple pada Kiln Back End Temperature.
- 3) Mengurangi frekuensi dan biaya maintenance dari thermocouple Kiln Back End Temperature.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor suhu yang didalamnya terdapat transducer panas dan dingin. Transducer tersebut disambung dan ditempatkan pada kondisi yang ingin diukur suhunya maka ujung – ujung transducer tersebut akan menghasilkan tegangan. Thermocouple memanfaatkan fenomena termoelektrik ( efek seebeck ) yang digunakan untuk mengukur suhu. Pada riser duct, thermocouple digunakan sebagai pengukur Back End Temperature saat heating up untuk memastikan panas dari burner telah menyebar dan kiln siap feeding. wikipedia (2016).



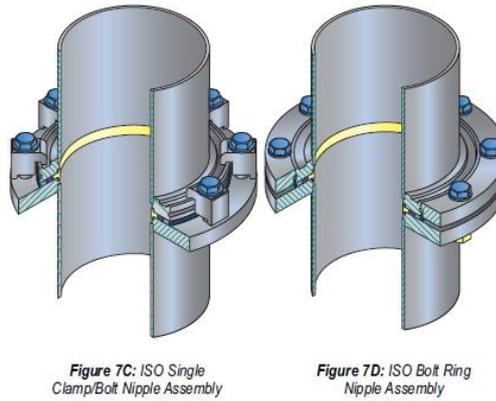
### 2.2 Kiln

Kiln merupakan alat yang digunakan untuk membakar raw material ( raw meal ) menjadi clinker. Di dalam kiln, raw meal akan dibakar dengan suhu mencapai 1400 °C agar proses clinkerisasi dan kalsinasi akhir dapat tercapai. Sebelum diumpankan ke kiln, raw meal melewati preheater untuk proses kalsinasi awal. Indra Permadi.(2009).



### 2.3 Flange

Flange adalah bagian dari sistem perpipaan yang digunakan untuk menyambung pipa atau alat lain yang membutuhkan penyambungan dengan pipa dengan alat bantu baut untuk pengikatnya dan gasket untuk mencegah kebocoran. (Kurt J. Lesker)

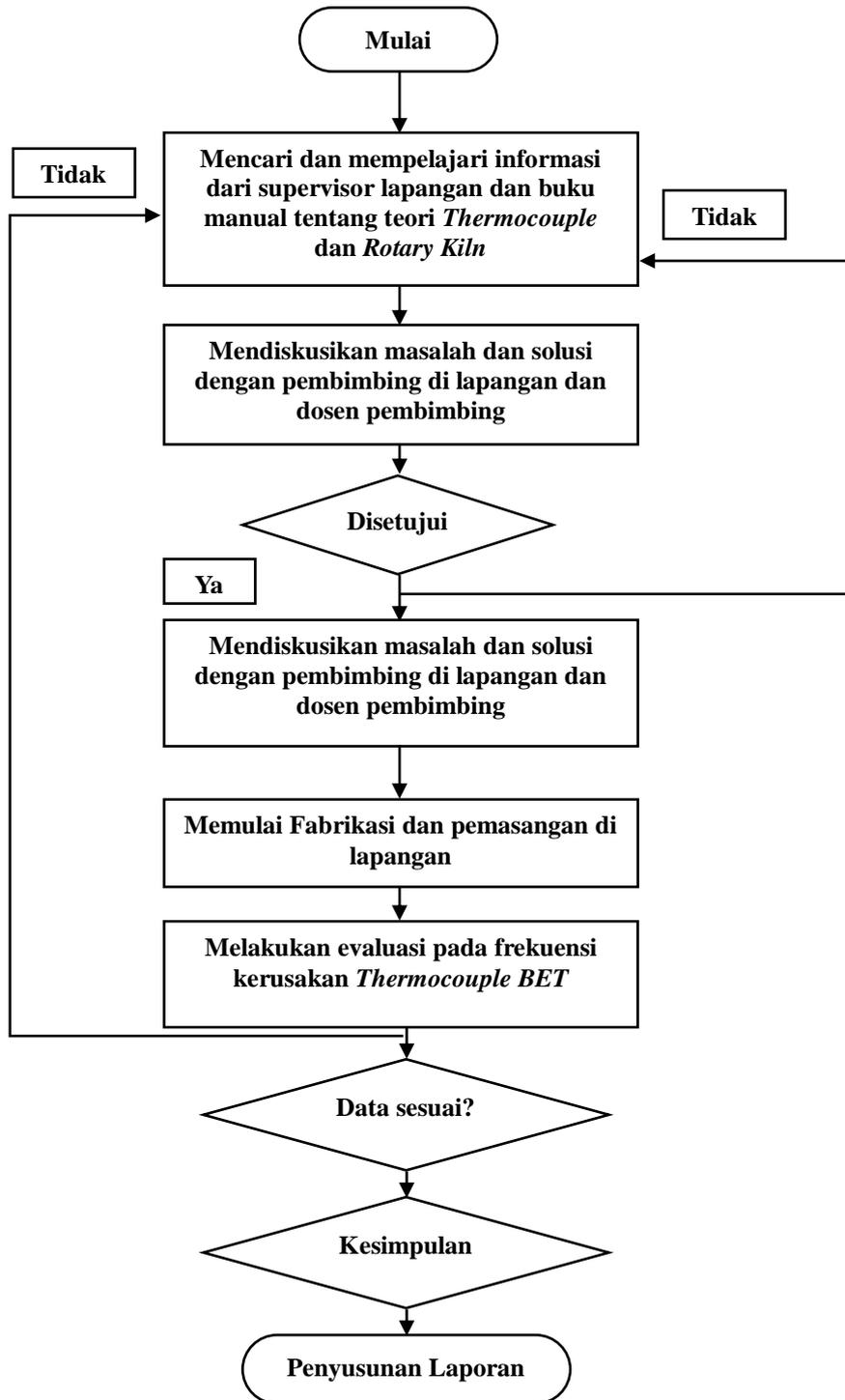


#### 2.4 Riser Duct

Riser Duct merupakan salah satu bagian kiln ( inlet kiln ) dimana di riser duct material dari preheaterdiproses pertama sebelum kekiln. Riser duct merupakan jembatan antara kalsinasi awal di calsiner dengan kalsinasi di kiln. Di riser duct terdapat beberapa parameter yang dapat menentukan kualitas klinker yang dihasilkan.

#### 3. METODEOE PELAKSANAAN

Guna tercapainya tujuan tugas akhir yang telah ditentukan sebelumnya serta untuk menjawab rumusan masalah yang ada, maka dipilih beberapa metode-metode pelaksanaan. Metode-metode tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Diagram alir metode pelaksanaan tugas akhir

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Identifikasi Kebutuhan Konsumen

Konsumen menginginkan masalah besarnya frekuensi sensor thermocouple rusak dapat diatasi dengan modifikasi flange yang terdapat slide gate dan baut penahan slide gate dan thermocouple.

##### 4.2 Menentukan Konsep Rancangan

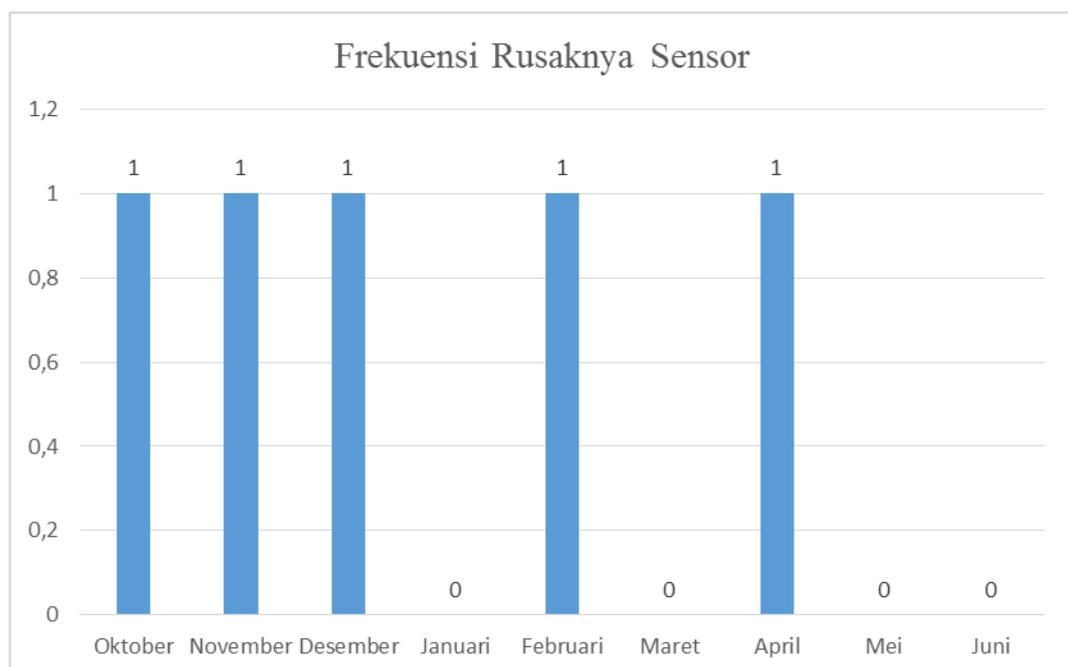
Modifikasi flange luar dengan slide gate flange. Slide gate ini nantinya akan menutup lubang pada proses pengeluaran sensor dan tidak perlu melepas flange sehingga proses ini menjadi lebih aman. Slide gate flange ini memakan sedikit tempat dan proses pengeluarannya yang mudah membuat konsep ini menjadi pilihan yang tepat.

### 4.3 Cara Kerja Alat

Pada saat heating up perlu diketahui suhu riser duct untuk memastikan bahwa proses feeding dapat dilakukan. Pengukuran suhu ini dilakukan oleh Thermocouple ( 0 – 700 °C ) dan Pyrometer ( > 700 °C ). Saat suhu riser duct sudah melebihi 700 °C Thermocouple harus dikeluarkan dari riser duct. Thermocouple dikeluarkan sampai melewati slide ( belum dikeluarkan sepenuhnya ) setelah itu slide gate ditutup dan kencangkan baut penahan lalu keluarkan Thermocouple sepenuhnya.

### 4.4 Data Frekuensi Rusaknya Sensor

Hasil pengambilan data diambil tiap bulan. sedangkan setelah flange dimodifikasi pada bulan april sensor tidak pernah rusak sampai bulan Juni.



Pemasangan flange dilakukan pada bulan April. Dari grafik tersebut dapat dilihat performa sensor sebelum dan sesudah modifikasi flange. Performa sensor dilihat dari frekuensi rusaknya sensor.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

- Penyebab rusaknya sensor thermocouple Back End Temperature adalah karena tidak dikeluarkannya sensor saat suhu di riser duct > 700 °C.
- Setelah dilakukan modifikasi flange inisensor thermocouple Back End Temperature dapat dikeluarkan dari riser duct setelah suhu > 700 °C dengan aman sehingga dapat mengurangi frekuensi rusaknya sensor.
- Setelah dilakukan modifikasi flange dapat mengurangi biaya dan waktu yang digunakan untuk perawatan dan pengeluaran sensor thermocouple Back End Temperature.

### 5.2 Saran

- Dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut agar Flange ini bekerja lebih efektif dan efisien

- Dapat dilakukan pengeluaran sensor secara otomatis atau dari CCR

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Indra Permadi.(2009)Pengendalian Temperature Pada Plant Electric Furnace Menggunakan Sensor Thermocouple Dengan Metode Fuzz. Semarang
- [2] Holcim, “Electric RMK 1 Daily Report” 2016
- [3] Tiago Matias, Francisco Souza, rui Araujo, J. Costa Pereira.(2009)Fault Detection and Replacement of a Temperature Sensor In a Cement Rotary Kiln. Coimbra
- [4] Kurt J. Lesker, Flange System Overview, Flanges, Fittings, & Components
- [5] <https://id.wikipedia.org/wiki/Thermocouple> (Diakses pada 26 Juni 2016)

## RANCANGAN SLAT CHAIN CONVEYOR PENGANGKUT PAPER ROLL KAPASITAS 4 TON

Daris Fajar Ramadhan<sup>1</sup>, Ihsan Mahardhika<sup>2</sup>, Ade Sumpena<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425,  
Telepon (021) 7270036, Hunting, Fax (021) 7270034, humas@pnj.ac.id

<sup>2</sup>Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup>Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

### Abstrak

Conveyor adalah alat sistem mekanik yang berfungsi untuk memindahkan barang atau material dari satu tempat ke tempat yang lain. PT. Himalaya Everest Jaya mendapatkan proyek dari PT. Indah Kiat Pulp & Paper untuk membuat rancangan conveyor untuk memindahkan paper roll seberat 4 [ton] dengan kecepatan  $\geq 36$  [m/min] pada jarak 20 [m] karena conveyor sebelumnya mengalami kerusakan pada bagian rantai dan bearing. Perancangan conveyor ini dilakukan dengan melakukan observasi ke lapangan untuk mengetahui informasi yang dibutuhkan dalam membuat rancangan dan rancangan dibuat di kantor PT. Himalaya Everest Jaya dan Politeknik Negeri Jakarta menggunakan bantuan software SolidWorks dan AutoCAD.

Conveyor yang dirancang menggunakan rantai dan slat serta terdiri dari 3 bagian, yaitu driver, intermediate dan driven modul. Daya pada rancangan sebesar 37,77 [kW] dapat menjalankan conveyor dengan kecepatan 37,25 [m/min]. Beban paper roll yang dipindahkan memberikan pengaruh beban terhadap roller chain sebesar 2,065 [kN]. Tipe bearing yang digunakan harus memiliki kekuatan dinamik  $\geq 12000$  [lbs] agar dapat memiliki umur lebih dari 10.000 [jam].

Rancangan conveyor tersebut dapat digunakan pada alur produksi di PT. Indah Kiat Pulp & Paper.

**Kata Kunci:** Rancangan, conveyor rantai, slat.

### Abstract

Conveyor is mechanical system tool which has a function to handle product or material from a place to another place. PT. Himalaya Everest Jaya has a project from PT. Indah Kiat Pulp & Paper to design a new conveyor to handle 4 [ton] paper roll with  $\geq 36$  [m/min] velocity at 20 [m] length because the last one have broken on chain and bearing. This conveyor is designing by doing observation to the field to know the information needs for making the conveyor design and this activity taken in PT. Himalaya Everest Jaya and Politeknik Negeri Jakarta using SolidWorks and AutoCAD.

Designed conveyor uses chain and slat and built by 3 (three) parts, there are driver, intermediate and driven modul using chain and slat. Power needs are 37,77 [kW] can operate the conveyor at 37,25 [m/min]. The weight of paper roll gives force reaction to the chain roller of 2,065 [kN]. Type of bearing that used must have dynamic loads  $\geq 12000$  [lbs] minimal in order to have an age more than 10.000 [hours].

The design of conveyor can use at production line in PT. Indah Kiat Pulp & Paper.

**Keywords:** Design, chain conveyor, slat.



Gambar.1 Rancangan Slat Chain Conveyor

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Himalaya Everest Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang *Engineering, Procurement and Construction* (EPC) yang bekerja berdasarkan proses tender dengan perusahaan lain. PT. Himalaya Everest Jaya mendapatkan order dari PT. Indah Kiat Pulp & Paper sebagai klien perusahaan multinasional yang bergerak di bidang fabrikasi kertas untuk membuat alat *material handling* berupa *conveyor* yang akan digunakan untuk memindahkan *paper roll* dari *processing workshop* ke lokasi pemotongan kertas di lokasi *plant* Riau, Sumatera.

*Conveyor* adalah suatu alat sistem mekanik yang berfungsi untuk memindahkan barang atau material dari satu tempat ke tempat yang lain. *Conveyor* banyak digunakan oleh perusahaan atau industri untuk transportasi barang dengan jumlah yang sangat banyak dan berkelanjutan. Masing-masing *paper roll* yang dipindahkan menggunakan *conveyor* ini berkapasitas 4 [ton] dan harus dipindahkan dengan kecepatan  $\geq 36$  [m/min] dengan interval antar *paper roll* sebesar 1 [m]. Prinsip kerja dari *chain conveyor* tersebut adalah memanfaatkan energi listrik dan mengubahnya menjadi energi mekanik dengan mentransmisikan pergerakan putaran motor sebagai penggerak menjadi gerak translasi menggunakan *sprocket* dan rantai yang dijalankan sepanjang struktur *conveyor* menuju *sprocket* lainnya yang berada di ujung *frame* untuk digerakkan.

Akan tetapi, *conveyor* tersebut mengalami kerusakan pada bagian rantai berupa putus dan tidak bisa beroperasi sehingga kegiatan produksi pun terpaksa diberhentikan. Setelah dilakukan pengecekan terhadap *conveyor* yang rusak pada lokasi *plant* PT. Indah Kiat Pulp & Paper di Riau, Sumatera, dianalisa bahwa pasangan *chain* dan *roller* yang digunakan pada konstruksi *conveyor* yang rusak memiliki kekuatan yang tidak sebanding dengan beban yang beroperasi pada *conveyor* tersebut karena pemilihan tipe *chain* dan *roller* tidak sesuai dengan standar *Tsubaki*. Pemilihan tipe *bearing* pada *conveyor* tersebut juga kurang tepat karena umur yang mampu dicapai *bearing* hanya sekitar 5000 [jam]. Padahal standar pemilihan *bearing* yang benar harus memiliki umur  $\geq 10.000$  [jam] pada operasi kerja selama 24 [jam per hari].

Maka dari itu, perlu dilakukan modifikasi dan perbaikan terhadap bagian pemilihan *chain* dan *bearing* pada *conveyor* tersebut agar kegiatan produksi di lokasi *plant* PT. Indah Kiat Pulp & Paper di Riau, Sumatera, dapat kembali berjalan normal. Dengan adanya pembaruan desain, *conveyor* tersebut dapat beroperasi secara lebih efektif dan efisien karena memiliki konstruksi pasangan *chain* dan *bearing* yang lebih kuat dari sebelumnya sehingga meminimalisasi kerusakan dan kerugian akibat perawatan alat.

### 1.2 Tujuan

#### 1.2.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari perencanaan ini adalah merancang *slat chain conveyor* sebagai *material handling* untuk memindahkan *paper roll*.

#### 1.2.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari perencanaan ini adalah sebagai berikut

1. Merancang *conveyor* yang mampu memindahkan beban *paper roll* sebesar 4 [ton] dengan kecepatan  $\geq 36$  [m/min] pada jarak sepanjang 20 [m];
2. Merancang pemilihan *bearing* yang memiliki umur  $\geq 10.000$  [jam];
3. Merancang pemilihan pasangan rantai atau *chain* dengan tipe *roller R* yang sesuai dengan standar *Tsubaki RF10100R – 1LA2*;

## 2. METODE PENELITIAN



Gambar.2 Diagram Alur Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini berdasarkan Gambar.2 adalah dengan mengambil data kebutuhan pelanggan dan melakukan observasi lapangan. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sebanyak-banyaknya untuk melakukan perancangan. Selanjutnya data tersebut diolah dan dianalisa sehingga menjadi suatu spesifikasi yang dapat dibuat pada rancangan sehingga selanjutnya rancangan dapat dibuat dalam bentuk konsep rancangan. Konsep rancangan ini perlu dibantu dengan mengumpulkan studi pustaka sebagai referensi dari perancangan ini. Tahap selanjutnya adalah membuat rancangan sekaligus melakukan analisa pada alat yang dirancang untuk mengetahui berbagai kemungkinan yang akan terjadi pada alat serta menentukan spesifikasi komponen mana yang paling tepat untuk diterapkan pada rancangan. Apabila rancangan tersebut sudah memenuhi kebutuhan dan kriteria yang ada, maka ditentukan rancangan akhir yang akan digunakan sebagai hasil penelitian dan dibuat dalam bentuk kesimpulan.

Penelitian perancangan ini dilakukan di PT. Himalaya Everest Jaya, Pesing Poglar, Jakarta Barat dan di Politeknik Negeri Jakarta, Depok serta dalam pembuatan rancangannya menggunakan bantuan *software SolidWorks* dan *AutoCAD*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisa Data Kebutuhan Pelanggan dan Hasil Observasi Lapangan

Data kebutuhan pelanggan diperoleh melalui hasil pertemuan dan kesepakatan antara pihak klien dan kontraktor. Pihak klien akan menyampaikan kebutuhan dan rencana perancangan alat yang akan dibuat dengan mempertimbangkan anggaran yang klien miliki. Data yang diperoleh untuk melakukan perancangan alat ini adalah sebagaimana Tabel.1 berikut

Tabel.1 Data Awal Perancangan *Conveyor*

No.	Jenis Data	Keterangan
1.	Jenis <i>conveyor</i>	<i>Slat chain conveyor</i>
2.	Posisi <i>conveyor</i>	Horizontal
3.	Kegunaan	Mengangkut <i>paper roll</i>
4.	Beban angkutan atau material	4000 [kg/roll]
5.	Panjang angkutan atau material	1900 [mm]
6.	Ukuran diameter angkutan atau material	1390 [mm]
7.	Kecepatan <i>conveyor</i> yang dibutuhkan	36 [m/min]
8.	Panjang <i>conveyor</i> yang direncanakan	20 [m]
9.	Lama penggunaan <i>conveyor</i>	24 [jam per hari]



Gambar.3 Detail Produk *Paper roll*

Data kebutuhan yang diperoleh dari klien tersebut merupakan data tuntutan utama yang akan digunakan dalam merancang alat. Akan tetapi, data tersebut masih belum lengkap untuk memenuhi kebutuhan perancangan sehingga perlu data-data tambahan yang dapat mendukung perancangan alat dengan melakukan observasi ke lokasi proyek. Data yang diperoleh dari hasil observasi tersebut merupakan permintaan yang disampaikan oleh pegawai-pegawai di lokasi proyek. Adapun data-data tambahan tersebut adalah sebagaimana Tabel.2 berikut

Tabel.2 Data Tambahan Perancangan *Conveyor*

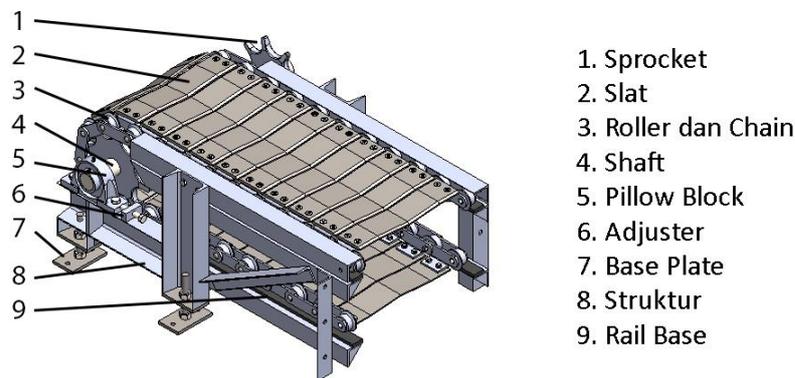
No.	Jenis Data	Type
1.	Standar perancangan yang digunakan	Standar Jepang
2.	Struktur <i>conveyor</i> yang digunakan	Profil Equal L-50x50x5x5
		Profil Equal L-60x60x5x5
		Profil UNP-125x65x6x8
3.	Kondisi tempat penyimpanan <i>conveyor</i>	<i>Indoor</i> dan <i>outdoor</i>
4.	Lebar tempat penyimpanan <i>conveyor</i> yang tersedia	2,5 [m]
5.	Pitch pasangan <i>chain</i> yang digunakan	100 [mm]

### 3.2 Prinsip Kerja Alat

*Conveyor* yang akan dirancang merupakan alat *material handling* yang harus mampu memindahkan *paper roll* dengan beban sebesar 4 [ton] yang harus beroperasi pada kecepatan  $\geq 36$  [m/min] dan dipindahkan sejauh 20 [m]. Berdasarkan Tabel.1, jenis *conveyor* yang dirancang adalah menggunakan *slat* sebagai penopang material *paper roll* dan menggunakan rantai atau *chain* sebagai pemindah gaya transmisi dari *sprocket* untuk menggerakkan *slat-slat* yang ada sehingga material *paper roll* bisa dipindahkan. Prinsip kerja dari *slat chain conveyor* tersebut adalah dengan memanfaatkan energi listrik dan mengubahnya menjadi energi mekanik dengan mentransmisikan pergerakan putaran motor sebagai penggerak menjadi gerak translasi menggunakan *sprocket* dan rantai atau *chain* yang dijalankan sepanjang struktur *conveyor* menuju *sprocket* lainnya yang berada di ujung frame untuk digerakkan.

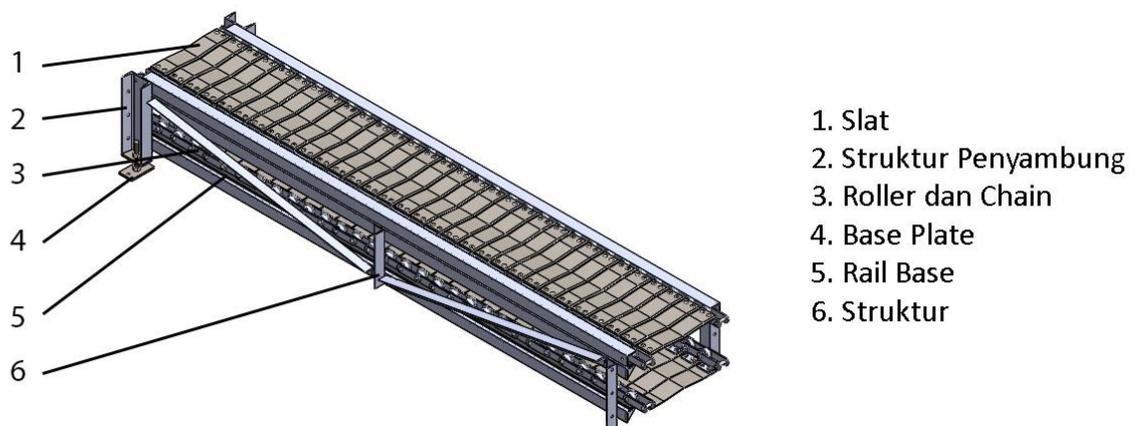
### 3.3 Rancangan Alat

*Slat chain conveyor* dirancang berdasarkan data-data dan informasi yang telah diperoleh. Desain rancangan *slat chain conveyor* terdiri dari 3 bagian utama, yaitu *driver*, *intermediate* dan *driven modul* dengan total 8 *frames* yang rinciannya adalah sebagai berikut



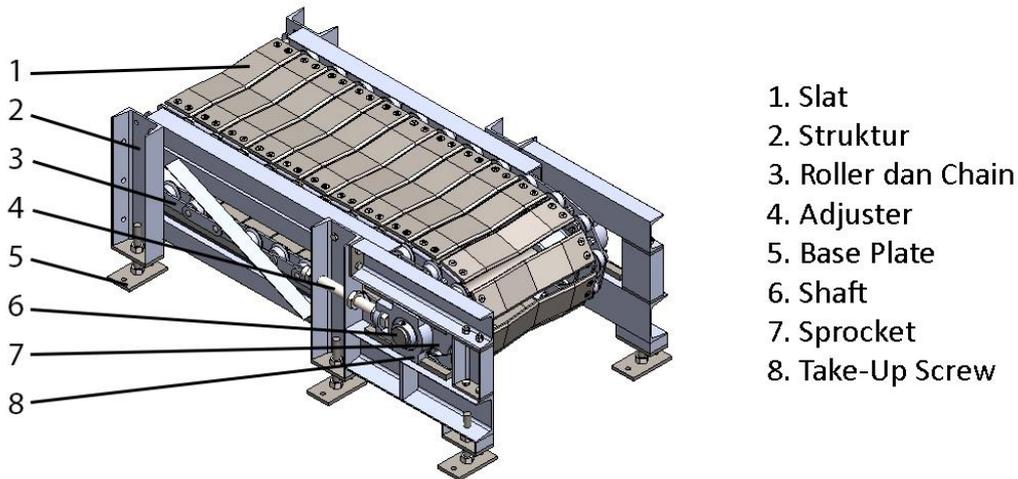
Gambar.4 Driver Modul Slat Chain Conveyor

*Driver modul* (Gambar.4) ini terdiri atas satu frame tunggal dan berfungsi sebagai penggerak *conveyor*. Poros atau *shaft* yang ada pada *driver modul* akan digerakkan oleh motor listrik dan *sprocket* akan ikut berputar. *Roller* dan *chain* disambungkan pada *sprocket* sehingga *slat* dapat bergerak menarik *paper roll* dari ujung *conveyor*.



Gambar.5 Intermediate Modul Slat Chain Conveyor

*Intermediate modul* (Gambar.5) terdiri atas 6 buah frames yang disusun secara teratur dan menghubungkan *frame driver modul* dan *driven modul* serta berfungsi sebagai bagian penerus *conveyor* untuk menjalankan material dari *driven modul* ke *driver modul*.



Gambar.6 *Driven Modul Slat Chain Conveyor*

*Driven modul* (Gambar.6) terdiri atas satu bagian frame tunggal dan berfungsi sebagai bagian yang digerakkan oleh *driver modul*. Pada *driven modul* ini terdapat sebuah poros atau *shaft* lengkap dengan *sprocket*-nya untuk mengarahkan *slat*, *roller* dan *chain* kembali menuju *driver modul*. Pada bagian ini, *paper roll* pertama kali diterima untuk ditarik ke ujung *conveyor* oleh *driver modul*.

### 3.4 Analisa Rancangan Alat

#### 3.4.1 Analisa Beban Pada *Roller*

*Paper roll* yang dibawa oleh *conveyor* tentunya berkontak langsung dengan *slat* sebagai penopang. *Slat* ini juga ditopang oleh *roller conveyor* sehingga perlu dihitung berapa banyak *roller* yang menopang *paper roll* secara langsung. Jumlah *roller* tersebut dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$n = \frac{l}{pitch} \quad \text{[Persamaan.1]}$$

$$n = \frac{1900 [mm]}{100 [mm]}$$

$$n = 19 \text{ roller}$$

(Tsubaki, 2012 : 138)

Jumlah *roller* yang menopang *paper roll* sebanyak 19 *rollers* merupakan jumlah yang terdapat pada 1 buah *strand conveyor* sehingga pada rancangan *conveyor* ini mendapatkan 38 *rollers* yang menopang *paper roll* dari 2 buah *strands* yang ada.

Agar tipe *roller* yang digunakan memiliki kekuatan yang maksimal, maka dalam perhitungan besar beban yang dibawa oleh setiap *roller* hanya digunakan *roller* sebanyak 19 *rollers* atau pada 1 buah *strand* saja. Beban *roller* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$F_{roller} = m \times \frac{g}{1000} \times \frac{1}{n} \quad \text{[Persamaan.2]}$$

$$F_{roller} = 4000 \text{ [kg]} \times \frac{9,80665 \left[\frac{m}{s^2}\right]}{1000} \times \frac{1}{19_{roller}}$$

$$F_{roller} = 2,065 \text{ [kN]}$$

(Tsubaki, 2012 : 138)

### 3.4.1 Analisa Daya

Analisa terhadap rancangan alat dilakukan dengan menggunakan data pada Tabel.1 dan dimulai dari perhitungan terhadap kapasitas angkut material *paper roll* yang harus dipindahkan sebagai berikut

$$Qt = \frac{\text{massa}}{\text{panjang}} \quad \text{[Persamaan.3]}$$

$$Qt = \frac{4000 \text{ [kg]}}{1,9 \text{ [m]}}$$

$$Qt = 2105,263158 \left[\frac{kg}{m}\right]$$

(Jurandir, 2009 : 7)

$$Q = Qt \cdot v \quad \text{[Persamaan.4]}$$

$$Q = 2105,263158 \left[\frac{kg}{m}\right] \cdot 36 \left[\frac{m}{min}\right]$$

$$Q = 75789,47268 \left[\frac{kg}{min}\right]$$

(Jurandir, 2009 : 7)

sehingga dari data tersebut diperoleh bahwa kapasitas angkut *conveyor* untuk *paper roll* adalah sebesar 75789.47268 [kg/min] atau sekitar 4547,368421 [ton/hour].

*Conveyor* membutuhkan daya yang dapat diperoleh dengan mengalkulasikan tension

$$P = \frac{T \times v}{60} \times \frac{1}{\eta} \quad \text{[Persamaan.5]}$$

*Tension* dapat diperoleh dengan mengalkulasikan keseluruhan beban yang dibawa oleh *conveyor*, data beban tersebut adalah sebagai berikut

Tabel.3 Daftar Beban Yang Dibawa *Conveyor*

No.	Jenis Beban	Keterangan
1.	<i>Slat</i>	15,05 [kg/m]
2.	<i>Chain</i>	10,30 [kg/m]
3.	<i>Attachment</i>	2.29 [kg/m]
4.	<i>Fastener</i>	1 [kg/m]
5.	Perkiraan beban lain yang belum diketahui	1 [kg/m]
6.	<i>Paper roll</i>	1052,63 [kg/m]

(Tsubaki, 2012 : 29)

Total beban tersebut harus dihitung berdasarkan *strand* yang terdapat pada *conveyor*. *Conveyor* yang dirancang ini memiliki 2 buah *strands* sehingga perhitungan total beban harus terhadap masing-masing *strand* tersebut. Total beban yang dibawa per 1 buah *strand conveyor* disebut dengan *Pch*. *Pch* yang diperoleh adalah sebagai berikut

$$P = 29,64 \left[ \frac{kg}{m} \right]$$

*Tension* yang terjadi pada rantai atau *chain conveyor* akibat beban tentunya akan mengalami 2 kondisi yang berbeda, yaitu kondisi kencang pada rantai yang menopang beban secara langsung ( $F_s$ ) dan kondisi longgar pada rantai yang tidak menopang beban ( $F_i$ ). Kedua *tension* tersebut dihitung melalui persamaan sebagai berikut

$$F_s = [(Q_t \times L) + (Pch \times L)] \times f \quad \text{[Persamaan.6]}$$

(Jurandir, 2009 : 6)

$$F_i = \left[ \frac{Pch \times L}{2} \right] \times f_i \quad \text{[Persamaan.7]}$$

(Jurandir, 2009 : 6)

dari kedua persamaan di atas, maka diperoleh nilai total *tension* sebesar 53,51 [kN]. Dengan menggunakan Persamaan.5, maka daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan *conveyor* adalah sebesar 37,77 [kW].

### 3.4.2 Analisa Bearing

Bearing yang digunakan pada rancangan *conveyor* ini berjumlah 4 (empat) buah, masing-masing 2 (dua) buah pada *driver modul* dan *driven modul*. Jenis bearing yang digunakan yaitu *Pillow block bearing* dan *take-up screw bearing*. *Pillow block bearing* digunakan pada bagian *driver modul* karena posisi poros pada *driver modul* tetap dan *take-up screw bearing* digunakan pada *driven modul* karena posisi poros pada *driver modul* dapat berubah untuk mengatur kekencangan dan kekenduran pada rantai. Umur setiap bearing perlu dihitung agar diketahui spesifikasi maksimum yang dapat dihasilkan bearing pada rancangan.

Berdasarkan Tabel.1, operasi kerja rancangan adalah selama 24 [jam per hari] dan umur bearing yang digunakan minimal mampu beroperasi selama 10.000 [jam]. Spesifikasi bearing yang digunakan berdasarkan prinsip kerja rancangan adalah sebagai berikut

Tabel.4 Spesifikasi Bearing Pada *Conveyor*

No.	Spesifikasi Bearing
1.	Cincin dalam terhubung ke poros yang berputar
2.	Jenis beban <i>steady</i> dan seragam
3.	Tipe beban radial
4.	Tidak terdapat beban aksial

Dari data pada Tabel.4, maka umur *bearing* dapat ditentukan dengan mencari gaya ekuivalen (*P*) sebagai berikut

$$P = (X_r \cdot V \cdot F_r + Y_a \cdot F_a) \cdot K_s \quad \text{[Persamaan.8]}$$

$$P = (0,6 \cdot 1,26465,41) \cdot 1$$

$$P = 15879,25 \text{ [N]}$$

$$P = 3569,80 \text{ [lbs]}$$

(Agus, 2014 : 151)

$$L = \frac{10^6 \cdot C^3}{60 \cdot n \cdot P^3} \quad \text{[Persamaan.9]}$$

$$L = \frac{10^6 \cdot 16096^3}{60 \cdot 45 \cdot 3569,80^3}$$

$$L = 33951,46 \text{ [jam]}$$

(Agus, 2014 : 157)

### 3.4.3 Analisa Kecepatan Conveyor

Spesifikasi yang digunakan pada rancangan conveyor ini adalah sebagai berikut

Tabel.5 Spesifikasi Motor Dan Sprocket Yang Digunakan

No.	Spesifikasi Komponen	Keterangan
1.	Putaran motor	69 [rpm]
2.	Diameter pitch driver sprocket	170,42 [mm]
3.	Diameter pitch driven sprocket	259,14 [mm]

(Sumitomo, 2013 : 108)

Kecepatan linier merupakan kecepatan conveyor yang harus sesuai dengan data permintaan klien, yaitu sebesar 36 [m/min] sesuai dengan data pada Tabel.1 dan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$v = \pi \cdot d \cdot n \quad \text{[Persamaan.10]}$$

Kecepatan yang dihasilkan driver sprocket yang terhubung dengan poros motor dapat diperoleh menggunakan Persamaan.10 seperti sebagai berikut

$$v = \pi \cdot 0,17042 \text{ [m]} \cdot 69 \text{ [rpm]}$$

$$v = 36,94 \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Rasio antara driversprocket yang dihubungkan dengan poros motor dengan driven sprocket yang berada pada poros di bagian driver modul adalah sebagai berikut

$$\text{Rasio} = \frac{d \text{ driver}}{d \text{ driven}} \quad \text{[Persamaan.11]}$$

$$\text{Rasio} = \frac{170,42 \text{ [mm]}}{259,14 \text{ [mm]}}$$

$$\text{Rasio} = \frac{1}{1,52}$$

Dari data tersebut, dapat diketahui kecepatan putar pada poros di bagian driver modul yang menggerakkan slat sebagai berikut

$$n \text{ poros conveyor} = \frac{n \text{ motor}}{\text{rasio}}$$

$$n \text{ poros conveyor} = \frac{69 \text{ [rpm]}}{1,52}$$

$$n \text{ poros conveyor} = 45,38 \text{ [rpm]}$$

Maka, kecepatan linier yang dihasilkan rancangan *conveyor* ini adalah sebagai berikut

$$v = \pi \cdot 0,2613 [m] \cdot 45,38 [rpm]$$
$$v = 37,25 \left[ \frac{m}{min} \right]$$

dengan kecepatan linier *conveyor* yang diperoleh sebesar 37,25 [m/min], maka rancangan *conveyor* mampu beroperasi pada kecepatan  $\geq 36$  [m/min].

#### 4. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari rancangan *slat chain conveyor* ini adalah sebagai berikut

1. Rancangan *conveyor* mampu beroperasi dengan kecepatan 37,25 [m/min] atau  $\geq 36$  [m/min] untuk memindahkan *paper roll* dengan kapasitas 4 [ton] sepanjang 20 [m];
2. Beban yang ditopang *roller chain* adalah sebesar 2,065 [kN];
3. Bearing yang digunakan mampu beroperasi selama 33951,46 [jam] pada jam kerja selama 24 [jam per hari];
4. Daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan *conveyor* adalah sebesar 37,77 [kW].

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada

1. PT. Himalaya Everest Jaya yang telah bersedia menyediakan fasilitas dan tempat untuk melakukan penelitian tugas akhir;
2. Bapak Ade Sumpena, S.T, M.Kom, Dosen Pembimbing Tugas Akhir di Politeknik Negeri Jakarta;
3. Ibu Dra. Indriyani Rebet, M.Si, Ketua Program Studi Teknik Mesin di Politeknik Negeri Jakarta;
4. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc.Eng, B.Eng (Hons), Ketua Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Jakarta;
5. Rekan dan seluruh pihak yang telah memberikan kritik dan saran pada pengerjaan penelitian tugas akhir ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dr. Drs. Agus Edy Pramono, S.T., M.Si., *Elemen Mesin I*, Depok: Politeknik Negeri Jakarta, 2013.
- [2] Dr. Drs. Agus Edy Pramono, S.T., M.Si., *Elemen Mesin II*, Depok: Politeknik Negeri Jakarta, 2014.
- [3] R.S. Khurmi, J.K. Gupta, *A Text Book of Machine Design*, New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., 2005.
- [4] Himalaya, *Product Catalog*, Jakarta: PT. Himalaya Everet Jaya, 2013-2014.
- [5] Jurandir Primo, P.E, *Chain Conveyors Practical Calculations*, Meadow Estates Drive: PDH Center, 2009.
- [6] Sumitomo Drive Technologies, *Bevel BUDDYBOX Reducer & Gearmotor Catalog*, 2013.
- [7] Tsubaki, *Tsubaki Large Size Conveyor Chains & Sprocket Catalog*, Catalog No. ME1207, Japan: TSUBAKIMOTO CHAIN CO., 2012.

## MODIFIKASI DUDUKAN SENSOR SPEED SWITCH PADA 211-MD-3 DAN 211-MD-4 UNTUK OPTIMALISASIKINERJA ROLLER CRUSHER

Nilwan<sup>1</sup>, Hamdi<sup>2</sup>, Eli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Tambakboyo-Tuban,  
085745149185,nilwansubuh.holcim@gmail.com

<sup>2</sup> Dosen Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup> Superintenden Electric Maintenance Department PT Holcim Indonesia Tbk

### Abstrak

*Roller crusher digunakan untuk menggiling bongkahan batu kapur dan tanah liat yang bervolume besar hingga menjadi butiran dengan volume standart. Roller crusher dilengkapi sistim pengaman interlock untuk menjaga kondisi mesin dan sistim transmisi dengan menggunakan sensor speed switch. Sensor speed switch berfungsi untuk memberikan umpan balik dari putaran shaft ke main drive roller crusher. Main drive akan mati ketika sensor tidak mendeteksi putaran shaft. Permasalahan yang terjadi adalah sensor speed switch patah karena terbentur metal target dan tidak mendeteksi adanya logam karena terhalang oleh grease yang bertekanan. Hal tersebut diakibatkan oleh letak sensor speed switch yang terpasang di plummer block. Akibat dari rusaknya sensor speed switch operasional produksi akan berhenti dan biaya maintenance akan meningkat. Modifikasiudukan dan memindah lokasi sensor dapat mengurangi kerusakan serta memudahkan perawatan sensor. Modifikasi yang dilakukan dengan membuat metal target dan dudukan sensor. Metal target dipasang di shaft dan dudukan sensor dipasang di casing roller crusher. Pemindahan letak sensor dapat mencegah sensor patah dan terhalang grease sehingga sensor dapat bekerja secara optimal. Pengecekan dan pengaturan jarak sensor lebih mudah dan aman karena letak sensor yang tidak menmpel di plummer block. Modifikasi ini dapat meningkatkan lifetime sensor dan mengoptimalkan kinerja sensor. Saat sensor bekerja optimal maka operasiaonal produksi tidak terganggu dan biaya perawatan akan menurun.*

**Kata Kunci:** Roller crusher, modifikasi, sensor speed switch

### Abstract

*Roller crusher is used to grind chunks of limestone and clay that has large volume until became granule that has volume standards. Roller crusher equipped with a safety interlock system to maintain the condition of the engine and the transmission system by using speed switch censor. Speed switches censor has function to provide feedback from the rotation shaft to the main drive roller crusher. Main drive will turn off when the censor does not detect the rotation shaft. The problem that occurs is the speed switch censor broke due to hit the metal target and did not detect any metal because it was blocked by a pressurized grease. This is caused by the location of speed switch censor mounted in plummer block. As a result of the destruction of speed switch censor will stop production operations and maintenance costs will increase. Modify holder and move the location of the censor can reduce the damage of the censor and fasilitate maintenance of censor. Modify by creating a metal target and the censor holder. Metal targets mounted on the shaft and censor holder mounted on the casing roller crusher. Dispalcement location of the censor can prevent the censor broken and blocked grease so that the sensor can work optimally. Checking and adjusting of censors easier and safer because the location of the censor is not mounted in plummer block. These modifications can increase lifetime censor and optimizes the performance of the censor. When the censor is working optimally so operasiaonal production not disrupted and maintenance costs will decrease.*

**Keywords:** Roller crusher, modify, speed switch censor

## 1. PENDAHULUAN

Roller Chruser atau alat penghancur merupakan alat untuk menggiling material yang berupa batu kapur atau tanah liat dari yang berukuran besar hingga berukuran kecil. Fungsi chruser adalah mempersiapkan bahan baku sebelum digiling di raw mill.

### 1.1 Latar Belakang

Roller Crusher merupakan alat yang penting dalam industri semen. Performa roller crusher dan keamanan mesin dipantau dengan alat pengaman sensor speed switch. Tujuan dipasang sensor speed switch untuk mengetahui dan mengindikasi putaran roller dan sebagai sistim pengaman apabila terjadi kerusakan pada sistim transmisi seperti sabuk V dan poros. Apabila terjadi kerusakan pada sistem transmisi atau terdapat

material yang menyebabkan roller tidak berputar maka speed switch akan mematikan motor utama crusher. Kinerja sensor speed switch tidak selalu sesuai dengan fungsinya dikarenakan beberapa faktor. Salah satu faktor adalah letak dari sensor speed switch dan daya sensing yang terbatas. Letak sensor speed switch menempel pada plummer block dengan jarak sensing ke metal target 10 mm. Kerusakan pada sensor speed switch disebabkan oleh getaran crusher dan efek ayun dari roller crusher. Toleransi pergeseran roller dari bearing sebesar 8 mm dari masing masing bearing membuat jarak antara metal target dan sensor speed switch rawan untuk berbenturan dengan metal target. Selain itu pelumas yang bertekanan membuat metal target tertutupi oleh pelumas yang menyebabkan sensor speed switch tidak mendeteksi adanya metal. Hal ini bisa mematikan roller crusher. Downtime roller crusher yang disebabkan oleh rusaknya sensor speed switch di 211-MD3 dan 211-MD4 menyebabkan proses produksi rollercrusher menjadi berkurang dengan rata rata 5000 ton per shift. Berdasarkan hal inilah penulis terdorong untuk melakukan modifikasi dudukan sensor speed switch 211 MD-3 dan 211-MD-4 untuk mengoptimalkan kinerja crusher.

## 1.2 Tujuan

Tujuan yang dicapai adalah mengurangi downtime crusher yang disebabkan rusaknya sensor speed switch, mempermudah perawatan sensor speed switch, menurunkan kerusakan sensor speed switch serta mengurangi biaya maintenance sensor speed switch di 211-MD-3 dan 211-MD-4.

## 2. METODE PENELITIAN

- 2.1 Metode Kepustakaan Mencari dan mempelajari informasi-informasi dari internet, jurnal-jurnal penelitian serta buku manual tentang equipment-equipment yang terkait dengan tugas akhir ini. Equipment yang terkait antara lain crusher dan sensor gerak.
- 2.2 Metode Diskusi Mendiskusikan permasalahan dengan pembimbing lapangan, dosen pembimbing, dan rekan-rekan mahasiswa. Diskusi juga dilakukan dengan pihak lain yang terkait. Proses diskusi membahas frekuensi kerusakan, penyebab dan cara mengoptimalkan kinerja sensor speed switch.
- 2.3 Metode observasi Melakukan pengamatan secara langsung terhadap equipment yang menjadi objek tugas akhir yaitu sensor speed switch dan pengaruhnya terhadap equipment lain.. Mempelajari informasi-informasi hasil observasi guna mempermudah dalam penyelesaian masalah.
- 2.4 Metode Evaluasi Mengevaluasi dampak sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi dudukan sensor speed switch. Evaluasi juga dilakukan terhadap tingkat frekuensi kerusakan sensor speed switch dan maksimalnya kinerja sensor speed switch setelah dilakukan modifikasi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsumen Roller crusher yaitu Rawmill dan Finishmill. Material yang disuplai dari Roller crusher akan terhambat apabila rollercrusher mengalami gangguan seperti terjadinya kerusakan pada sensor speed switch di 211-MD-3 dan 211-MD-4. Target deliver product dan cost management pada department Quarry dapat tercapai maka proses operasional crusher harus dioptimalkan. Pengoptimalan dengan cara mencari solusi dan mengatasi masalah yang menyebabkan kerugian dan terhambatnya suplai material seperti melakukan modifikasi dudukan sensor speed switch di 211-MD-3 dan 211-MD-4.

Penyebab kegagalan mendeteksi adanya logam perlu diketahui untuk mendapatkan solusi untuk memaksimalkan kinerja speed switch di 211-MD-3 dan 211-MD-4 dan proses maintenance yang mudah. Berdasarkan pengamatan dan studi di area crusher penyebabnya antara lain sensor speed switch tertutup grease dan sensor speed switch patah. Pengisian grease dilakukan oleh oiler secara berkala. Sesuai prosedur pengisian dilakukan selama sebulan sekali dengan 1 tanki grease. Banyaknya grease dalam plumber block dan bearing akan meningkat seiring pengisian grease secara berkala. Tidak adanya indikator level grease yang mengidentifikasi bahwa grease sudah mencapai batas optimum mengakibatkan pengisian tidak terkontrol. Putaran shaft pada bearing mengakibatkan grease dalam bearing bertekanan dan menutupi metal target. Akibat dari hal tersebut menyebabkan sensor speed switch tidak dapat mendeteksi adanya metal. Apabila sensor tidak mendeteksi metal dalam kurun waktu 6 ms akan memberi umpan balik ke main drive untuk berhenti berputar.



Gambar 4. 1 grease pada plummer block dan metal target

Cara mengatasi adanya grease pada target metal tersebut maka casing plummer block dibuka dan target metal dibersihkan oleh pihak maintenance. Proses mengatasi masalah yang diakibatkan oleh grease yang menutupi target metal rata rata membutuhkan waktu selama 5 jam.

Sensor speed switch patah.

Bantalan roller crusher menggunakan bantalan self alignment yang mana shaft pada bantalan dapat bergerak sesuai toleransi sebesar 8 mm ke arah kiri kanan.

Letak sensor speed switch yang menempel pada plumer block membuat sensor tergerus target metal yang dalam kurun waktu tertentu sensor akan menjauhi metal target. Jarak antara metal dan sensor menjauh sehingga sensor tidak dapat mendeteksi adanya metal.



Gambar 4. 2 Sensor speed switch tergerus metal target

Jarak sensing sensor sebesar 10 mm yang mana sensor dapat bekerja efektif sebesar 70 -80 %. Ayunan shaft dengan jarak toleransi 8 mm ke arah kiri kanan bantalan membuat sensor tertabrak target metal. Hal tersebut bisa terjadi apabila shaft mengarah ke sensor speed switch sejauh 8 mm. Proses berbenturan antara target metal dengan sensor speed switch membuat sensor patah.



Gambar 4. 3 sensor target patah karena tertabrak metal

Kondisi aus pada permukaan akibat tergerus dan retak akibat terbentur target metal tidak dapat di inspeksi dalam keadaan mesin sedang beroperasi. Hal ini bisa menyebabkan sensor tidak berfungsi sebelum jadwal pengecekan mesin dan membuat proses operasional crusher terganggu.

Proses pengecekan dan pengaturan jarak sensor speed switch.

Letak sensor pada plummer block membuat pengaturan jarak dan pengecekan sensor menjadi terbatas. Posisi target metal tidak selalu sejajar dengan sensor sehingga proses pengaturan jarak harus memposisikan target metal dan sensor speed switch. Proses memposisikan target metal dengan cara memutar coupling motor yang tersambung ke reducer. Setelah metal target bisa dilihat maka proses pengaturan jarak dapat dilakukan dengan cara mengukur jarak antara target metal dan casing bagian luar plummer block.

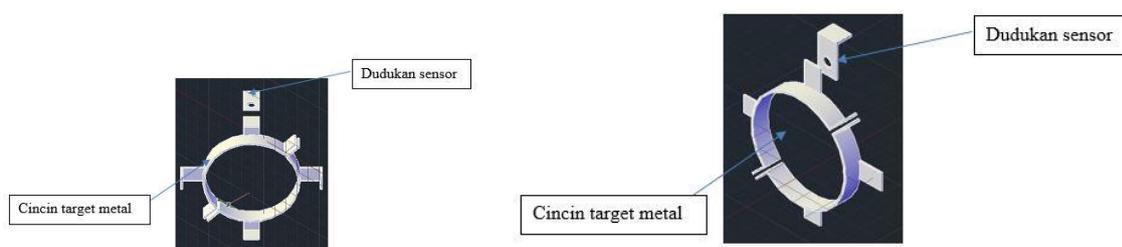


Gambar 4. 4 posisi sensor pada plummer block

Coupling motor dan reducer di tutup dengan safety guarding. Proses pelepasan safety guarding dilakukan sebelum memutar coupling. Proses pelepasan memerlukan waktu yang cukup lama dan membutuhkan man power lebih dari dua orang. Proses pemutaran coupling tidak efektif dan memiliki potensi bahaya .

#### Pemilihan Konsep Alat Yang Dibuat

Berdasarkan masalah yang terjadi untuk mengoptimalkan kinerja crusher memerlukan modifikasi dengan cara memindah letak sensor speed switch. Konsep alat antara lain sebagai berikut:



Gambar 4. 5 desain dudukan sensor 2

Dudukan sensor dipasang di casing roller crusher dan cincin target metal dipasang di shaft. Sensor mendeteksi target metal dengan posisi dari atas untuk desain 1 dan dari samping untuk desain 2. Posisi sensor tidak terganggu adanya grease dan proses perawatan lebih mudah. Kekurangan dari desain 1 yaitu jarak casing roller crusher ke bantalan 170 mm sedangkan lebar cincin target metal 50 mm panjang sensor 100 mm membuat sensor rawan tertabrak target metal, sedangkan kekurangan desain 2 sensor terpengaruh adanya vibrasi, namun berdasarkan hitungan dengan adanya 4 target metal gangguan vibrasi dapat diatasi. Sensor juga aman terhadap potensi benturan targetmetal.

Perhitungan pengelasan modifikasi dudukan dan pembuatan metal target. Rumus untuk mencari beban geser yang terjadi :

$$S_{load} = \frac{F \times v}{A}$$

Berdasarkan hitungan kawat las yang diperlukan untuk pengelasan adalah kawat yang memiliki kekuatan beban geser 0.0072 N/mm<sup>2</sup>. Tetapi, ketersediaan kawat las adalah kawat dengan tipe E7108 dimana kawat tersebut memiliki kekuatan beban geser sebesar 355 N/mm<sup>2</sup>.

Kekuatan tarik diperoleh dari jenis baut yang di pakai, jenis baut yang dipakai bersimbol 8.8 yang mana baut memiliki kuat tarik 800N/mm<sup>2</sup>.

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \sigma t}} = \sqrt{\frac{4 \times 20}{3.14 \cdot 800}} = 0.178 \text{ mm}^2$$

ukuran 0.178 mm<sup>2</sup> sudah aman untuk digunakan sebagai penghubung cincin metal target. Ukuran baut yang akan digunakan untuk cincin metal target adalah M12 dikarenakan faktor estetika dan mempermudah pemasangan.

Biaya yang digunakan untuk modifikasi sensor speed switch 211-MD3 dan 211-MD4 sekitar Rp.345.000,- dengan menghiraukan harga pelat.

Berdasarkan data yang diperoleh dari log book operasional Crusher kerugian operasional yang disebabkan oleh rusaknya sensor speed switch adalah kerugian suplai material dari crusher dengan rata

rata feeding 1000 ton per jam sebesar 30250 ton. Kerugian tersebut dibarengi dengan kerugian mekanik yaitu biaya perbaikan dan pengadaan sensor baru.

#### **4. KESIMPULAN**

1. Rusaknya sensor speed switch di 211-MD-3 dan 211-MD-4 disebabkan letak pemasangan sensor di Plummer block.
2. Peletakan sensor di plummer block mengakibatkan sensor terbentur ayunan roller crusher dan tertutup oleh grease plummer block.
3. Modifikasi dudukan sensor dapat mengoptimalkan kinerja crusher dengan membuat cincin metal target yang dipasangkan di shaft.
4. Kerugian yang disebabkan oleh rusaknya sensor speed switch dalam proses operasional mencapai 30250 ton.
5. Kerugian dalam segi maintenance meliputi biaya pengadaan sensor speed switch perbaikan sensor speed switch

#### **5. UCAPAN TERIMAKASIH**

1. Hamdi,ST sebagai dosen pembimbing, Eli Suherli (Super Intendent Electric dan Instrumen RMP Tuban ) pembimbing lapangan yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan paper,
2. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc, Eng., B.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,dan Bapak Priyanto , selaku ketua pelaksana EVE, serta
3. Orang tua keluarga (kakak/adik/paman/bibi dan lain-lain), yang telah memberikan bantuan/dukungan material dan moral,
4. Sahabat (teman satu tim/seperjuangan yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan paper

#### **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Reni, Didi. 2014. Sensor Dan Aktuator. P- 50 -51 Jakarta KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN REPUBLIK INDONESIA.
- [2] Karim, Syaiful. 2013. Sensor Dan Aktuator. P- 131 – 132 Jakarta KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN REPUBLIK INDONESIA.
- [3] Nourney, Vollmer GmbH &Co, (2006) “Mechanical and Metal Trades”, Jerman.
- [4] Polysius .2012. Manual Book Double Roll Crusier. P. 4-13 Tuban/ Indonesia TUBAFAPolysius/ Holcim Group Support Ltd.



## SMART-PORT (SMART AC PORTABLE) DENGAN DUAL POWER SOURCE IN HIGH EFFICIENCY

Ardhiyan Kurnia Ramadhany<sup>1</sup>; Eri Kurnia Satya Nugraha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia,

<sup>2</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, Depok, Indonesia,  
[ramadhany26@gmail.com](mailto:ramadhany26@gmail.com)

### Abstrak

Sebagai dampak kenaikan suhu permukaan bumi dan tidak seimbangnya antara konsumsi daya listrik dengan produksi energi listrik, menuntut industri elektronik berlomba – lomba membuat pendingin ruangan yang se-efisien mungkin. Penggunaan bahan pendingin yang ramah lingkungan juga menjadi konsen dalam hal ini. Pada kasus tertentu, matinya pendingin ruangan secara mendadak juga tidak dikehendaki karena bisa mempengaruhi peralatan dan sistem tertentu. Sebagai contoh, matinya pendingin ruangan pada laboratorium tidak dikehendaki karena peralatan dan instrumen akan menurun kinerjanya bila kelembaban dan suhu tidak sesuai. Oleh karena itu, terciptalah gagasan mengenai suatu pendingin ruangan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan tetap menyala meski dalam keadaan tanpa adanya catu daya dari sistem kelistrikan yang disediakan oleh PT. PLN (Persero). Gagasan pendingin portable yang akan dibuat memiliki keunggulan : bahan pendingin yang digunakan adalah dari hydrocarbon base karena bahan pendingin ini memberi kinerja lebih baik pada sistem refrigerasi dan ramah lingkungan, lifetime kompresor bisa di-extend, hemat energi, dan memiliki sumber catu daya ganda. Sistem catu daya yang dipasang sangat high reliability yang mengusung redundancy system, dimana bila penyedia arus bolak – balik mengalami gangguan yang mengakibatkan tidak bisa menyediakan arus untuk mesin pendingin ruangan ini, maka sistem penyedia arus akan secara langsung diambil alih oleh baterai. Dengan durasi time delay yang singkat bahkan hampir tidak terasa akan membuat sistem refrigerasi tidak terganggu dan suhu ruangan tetap sesuai dengan yang diinginkan.

**Kata kunci:** kenaikan suhu, daya listrik, baterai, bahan pendingin, refrigerasi

### Abstract

As a result of the temperature rise of the earth's surface and the imbalance between electrical power consumption and production of electrical energy, electronic industries compete to make air conditioner as efficient as possible. The use of refrigerant that does not produce pollutants also be a concern. In certain cases, the sudden trip of the air conditioner is undesirable since can harming certain equipment and system. For example, the sudden trip of air conditioner in laboratory is avoided, it will decrease equipment's performance since the humidity and temperature are not appropriate. Therefore we get an idea to invent air conditioner that is more efficient, not produce pollutants, and stays on although there is no supply from the power source that provided by PT.PLN (Persero). This portable air conditioner has many advantages: the refrigerant is made from hydrocarbon base because it is not produce a pollutant, the life time of the compressor is extendable, saving energy, and has dual power sources. The power source system has very high reliability since it uses redundancy system. While alternating current is interrupted, the power source directly taken over by the battery. With short time delay duration, the refrigeration system will not interrupted so that the continuity supply of cold temperature does not change and stay in the desired temperature.

**Keywords:** increasing temperature, electrical power, battery, refrigerant, refrigeration

## 1. 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 naiknya suhu pada permukaan wilayah Indonesia sejak tahun 1950 – 2100 <sup>[1]</sup>. Di lain sisi, konsumsi energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan tiap tahunnya jauh sebelum masa reformasi hingga sekarang, kelonjakan yang cukup signifikan mulai terasa setelah era krisis moneter yakni sebesar 5.2% pertahunnya. Dengan keadaan yang seperti ini, diperkirakan kebutuhan listrik Indonesia akan terus bertambah sebesar 4.6% setiap tahun, hingga diperkirakan mencapai tiga kali lipat pada tahun 2030. Keadaan ini tidak diimbangi oleh pasokan energi listrik yang tersebar diseluruh Indonesia yang mengalami penurunan setiap tahunnya. Maka tak jarang PT. PLN (Persero) memberlakukan sistem pemadaman bergilir agar dapat menekan konsumsi energi listrik oleh para konsumen baik rumah tangga, industri, maupun perkantoran.

Akibat dari kenaikan suhu, kebutuhan Air Conditioner (AC) dewasa ini sudah seperti menjadi kebutuhan primer bagi sebagian instansi maupun masing-masing individu <sup>[2]</sup>. Sebagai contoh, digunakan untuk pendingin ruangan di berbagai tempat seperti kantor, rumah, rumah sakit dan laboratorium. AC

dibutuhkan di laboratorium karena *humidity* di ruangan laboratorium harus dijaga agar tidak merusak *instrument, equipment* maupun bahan-bahan yang ada di dalam laboratorium. AC diperlukan untuk menjaga suhu dalam ruangan agar tetap sejuk, namun penggunaan AC saat ini masih terkendala oleh belum adanya AC yang dapat beroperasi bila tidak ada sumber arus dari PT. PLN, borosnya konsumsi listrik, sampai ke *refrigerant* yang digunakan tidak ramah lingkungan yang bisa merusak lapisan ozon. Lapisan ozon yang menipis ini tentunya berbahaya karena sinar *UV* yang sampai ke permukaan bumi bisa membahayakan kesehatan manusia, misalnya menyebabkan iritasi pada kulit, lapisan mata dan bahkan bisa sampai menyebabkan kanker [3].

*AC portable* adalah salah satu alat yang menarik saat ini karena penggunaannya dan instalasi yang mudah serta dapat digunakan dimana saja. Kebanyakan *AC portable* saat ini menggunakan bahan yang tidak ramah lingkungan sebagai bahan pendinginnya dan harus menggunakan sumber arus bolak balik dari listrik secara langsung dalam pengoperasiannya.

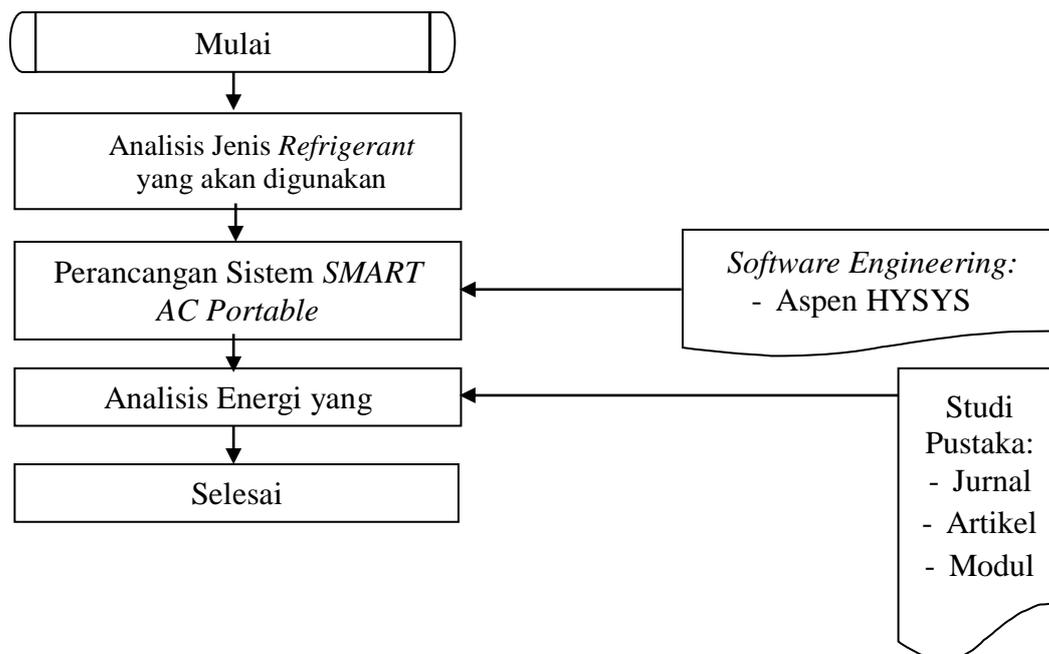
Maka dari itu, kami membuat gagasan tentang *Smart AC Portable* dengan mengganti *refrigerant* yang lebih ramah lingkungan, dan menggunakan penyimpan daya sementara didalam baterai sebagai sumber arus, sehingga *AC portable* masih tetap bekerja meski tidak mendapatkan sumber arus bolak balik dari PT. PLN (Persero). Tidak hanya itu, *Smart AC Portable* ini juga menggunakan *turbo expander* untuk meningkatkan efisiensi. Dengan adanya *turbo expander* maka kebutuhan listrik untuk motor penggerak kipas dan kompresor bisa dihilangkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah pengumpulan data yang dilanjutkan dengan analisis data mengenai sistem SMART AC Portable.

### 2.1 Diagram Alir Pengerjaan

Diagram alir merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan aliran proses yang menampilkan langkah-langkah yang disimbolkan dalam bentuk kotak, beserta urutannya dengan menghubungkan masing-masing langkah tersebut menggunakan tanda panah. Diagram alir proses pembuatan sistem *SMART AC Portable* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

### 2.2 Analisis Jenis Refrigerant dan Sistem AC

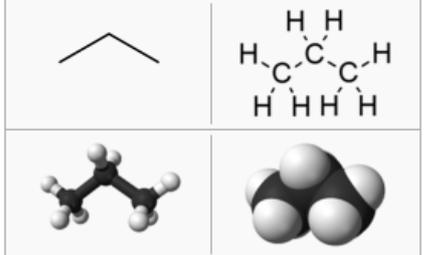
Dalam pembuatan sistem *SMART AC Portable* diperlukan analisis mengenai jenis *refrigerant* yang akan digunakan. Jenis *refrigerant* yang dipilih harus ramah lingkungan dan bisa didapatkan. Sedangkan, sistem AC-nya sendiri hampir sama dengan AC konvensional, hanya saja penggunaan *JT valve* digantikan dengan *turbo expander* dan penambahan baterai sebagai penyimpan daya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pemilihan Refrigerant AC Portable

Pada masa kejayaan saat pertama kali ditemukan, AC banyak digunakan untuk berbagai macam kebutuhan dengan menggunakan *refrigerant* yang dapat menipiskan lapisan ozon yaitu *CFC*. Seiring berjalannya waktu, masyarakat umum mulai sadar akan bahaya penipisan lapisan ozon. Sehingga penggunaan *CFC* sebagai *refrigerant* mulai dialihkan sebagai upaya penanganan efek rumah kaca yang telah diatur didalam peraturan-peraturan disetiap negara. Bahan *CFC* diganti dengan *refrigerant* yang lebih ramah lingkungan yang salah satunya dengan menggunakan *hydrocarbon base refrigerant*. Untuk membandingkan antara konvensional *refrigerant* dengan *hydrocarbon base refrigerant* dapat dilihat pada tabel berikut :

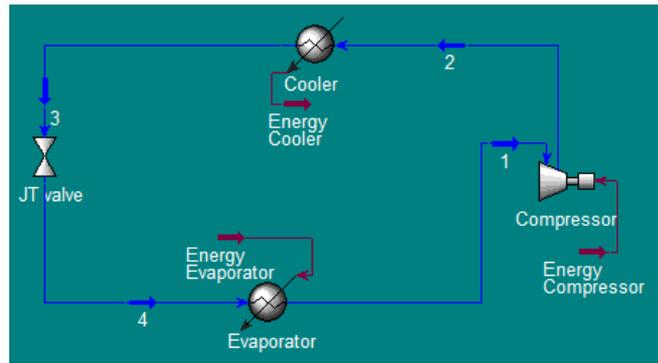
Tabel 1. Perbandingan *Freon* dan *Hydrocabon Base* sebagai Refrigerant<sup>[5]</sup>

NO	URAIAN	FREON	HYDROCARBON BASE
1.	Nama Senyawa	R-12, <i>Dichlorodifluoromethane</i>	R-290, <i>Propane</i>
2.	Rumus Kimia	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
3.	Bentuk Senyawa		
4.	Ozon Depletion Potential	0.820	0
5.	Global Warming Potential	10680	3
6.	Berat Molekul (g/mol)	120.91	44.1
7.	Titik Didih (°C)	-29.8	-42.2
8.	Bahaya	Merusak Lapisan Ozon	<i>Flammable</i>

R-290 adalah *propane refrigerant* yang berasal dari natural gas. *Refrigerant* ini cocok untuk berbagai aplikasi pendinginan, salah satu contohnya adalah pada *air conditioner*. R-290 tidak beracun, tidak merusak ozon, dan sangat kecil potensi untuk menyebabkan *global warming*. Akan tetapi, *refrigerant* jenis ini mudah terbakar sehingga memerlukan desain sistem refrigerasi yang lebih *safety* dari pada AC konvensional.

#### 3.2 Prinsip dan Cara Kerja Pendingin Ruangan

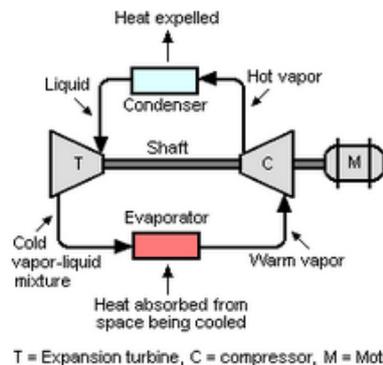
Dalam lingkup komponen sistem refrigerasi secara umum kita menggunakan *compressor*, *cooler/condenser*, *expansion valve* dan *evaporator*. Adapun proses kerja *refrigerator* adalah sebagai berikut :



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 keluarannya 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. Media untuk mendinginkan refrigerant ini akan menggunakan udara menggunakan kipas. Ditempatkan dibelakang AC portable.
- *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.
- *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.

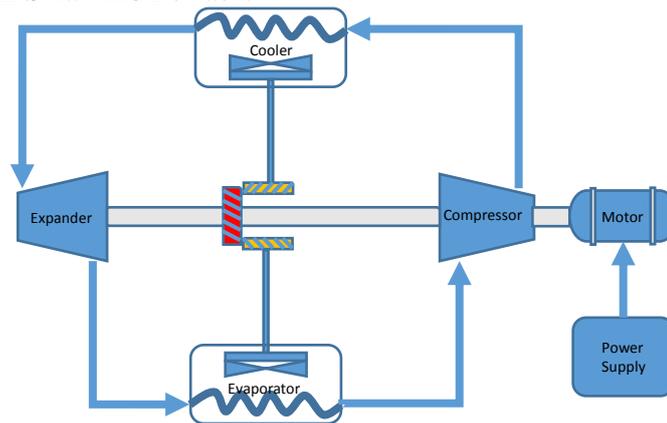
Dalam penerapannya nanti, *JT valve* dapat digantikan dengan *turbo expander* berupa turbin sebagai penurun tekanan. Penggunaan *turbo expander* ini berbeda dengan *JT valve* karena *turbo expander* akan menghasilkan kerja yang dalam bentuk rotasi. Rotasi ini nantinya dapat dimanfaatkan untuk memutar 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.

### 3.3 Skema Sistem Desain *Smart AC Portable*



Gambar 4. Desain *Smart AC Portable*

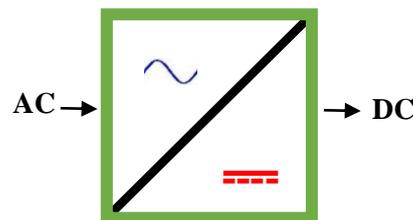
*Compressor* akan digerakkan menggunakan motor yang diberikan *power supply*. Lalu, saat AC dinyalakan maka fluida yang masuk ke *turbo expander* akan memutar *shaft* ke *compressor* untuk membantu meringankan kerja *compressor*. Pada *shaft* yang berputar ini dipasang *gear* untuk memberikan putaran ke *fan* di *cooler* dan *evaporator*.

### 3.4 Sistem Catu Daya

Sejauh ini dari segi penyediaan daya untuk pendingin ruangan sudah biasa disediakan melalui sumber arus bolak balik yang didistribusi oleh PT. PLN (Persero). Dengan hanya ada satu suplai daya akan sangat tidak efektif jika terjadi gangguan pada sumber arus tersebut.

Oleh karena itu penulis berinisiatif untuk menggunakan dua sumber arus yang berbeda sehingga tingkat ketersediaan mesin tersebut dapat ditingkatkan. Sumber arus yang dapat dimanfaatkan adalah sumber arus searah yang disediakan oleh baterai yang berada di dalam mesin pendingin ruangan. Secara umum, terdapat beragam komponen elektronika yang turut berperan dalam proses konversi energi ini seperti *diode*, *inductor*, *capacitor*, dan sebagainya. Untuk memindahkan penyediaan arus dari suatu sumber ke sumber lainnya digunakanlah *switch* otomatis yang biasa disebut dengan *thyristor*.

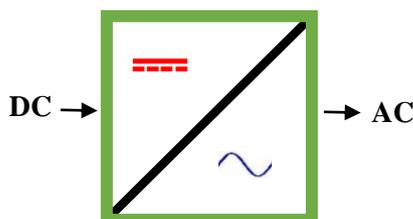
- **Rectifier atau Penyearah**



Gambar 5. *Rectifier*

*Rectifier* atau penyearah berfungsi untuk *charger* baterai. Bekerja dengan merubah arus AC menjadi arus DC dengan komponen *diode* yang digabung dengan *Silicon Control Rectifier (SCR)* atau *thyristor*.

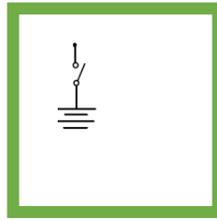
- **Inverter**



Gambar 6. *Inverter*

*Inverter* merupakan suatu *converter* yang merubah arus DC menjadi arus AC dengan menggunakan komponen *SCR* atau *thyristor*. Jadi *inverter* kebalikan *rectifier*.

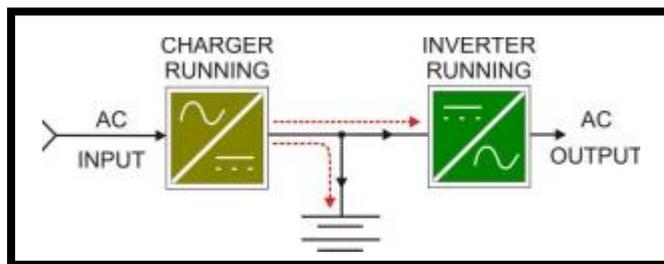
- **Baterai**



Gambar 7. Baterai

Battery atau battery bank merupakan susunan beberapa cell baterai atau beberapa baterai untuk menyimpan energi arus listrik, berupa arus searah. Pada saat pendingin ruangan bekerja pada operasi normal, baterai akan di-charge (menyimpan energi), kemudian saat tidak ada sumber daya input baterai akan discharge (mengeluarkan energi). Penggunaan baterai ini juga bisa diatur sesuai dengan keinginan pengguna.

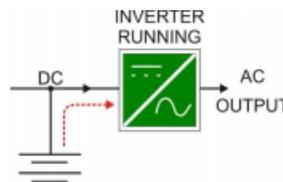
- **Operasi Manual**



Gambar 8. Operasi Normal Pendingin Ruangan

Dikatakan operasi normal apabila sistem pendingin ruangan disuplai oleh sistem daya yang dibuat, melalui inverter. Pada saat operasi normal, rectifier mendapat sumber listrik dari PT. PLN, dan secara terus menerus men-charge baterai, juga memberikan masukan ke inverter. Disamping itu rectifier juga mensuplai baterai (charge) untuk mengisi tegangan dan menjaga tegangan konstan pada stasiun baterai, sebagai energi cadangan, yang sewaktu-waktu diperlukan.

- **Operasi dengan Baterai**



Gambar 9. Operasi dengan Baterai

Operasi semacam ini akan terjadi apabila tegangan suplai utama (sumber PT. PLN) mati, tidak ada atau terputus atau toleransi yang masuk ke rectifier tidak diizinkan. Dalam kondisi semacam ini tentunya rectifier tidak mendapat umpan dan juga tidak dapat mengeluarkan energi, dengan demikian baterai akan langsung mensuplai ke inverter selama periode tertentu, tergantung dari kapasitas baterai itu sendiri atau tergantung besar kecilnya beban inverter. Kondisi semacam ini umumnya disebut “battery operation” atau discharge. Kondisi bisa berubah apabila tegangan utama hadir kembali atau power dari PT. PLN telah kembali. Ada dua kemungkinan yang terjadi :

a. Bila suplai utama hidup lagi saat sumber baterai masih mampu memberi umpan ke inverter, maka sistem daya yang dibuat bekerja sebagaimana operasi normal kembali. Yaitu rectifier selain mengisi baterai (charge), juga melanjutkan memberi umpan ke inverter dan saat itu tidak terjadi transfer.

b. Bila suplai utama hidup lagi dan pada saat sumber baterai sudah tidak mampu memberikan umpan ke inverter, maka sistem daya yang dibuat tidak bisa kembali ke operasi normal, sebab inverter sudah terlanjur shutdown.

### 3.5 Analisis Perbandingan Energi Dingin AC Konvensional dengan SMART-PORT

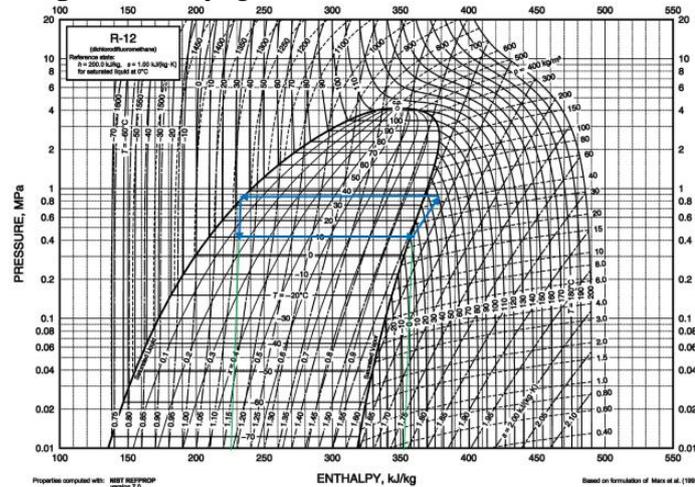
Analisis dibuat menggunakan Pressure-Enthalpy diagram refrigerant dari masing-masing AC. Asumsi variabel yang dibuat sama :

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

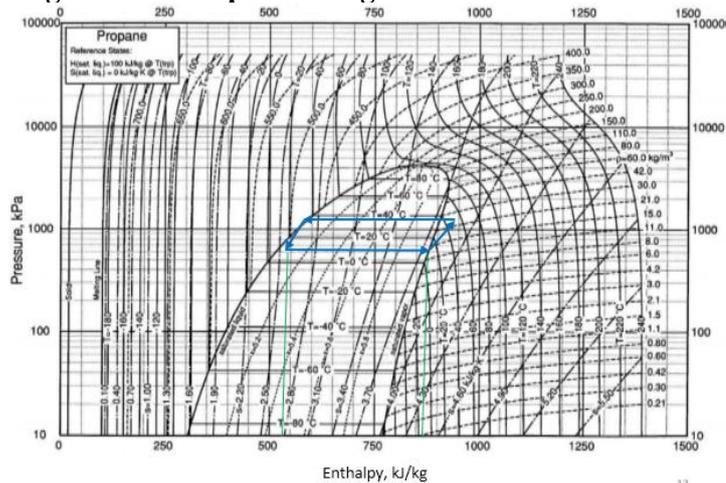
- **AC Konvensional dengan R-12 Refrigerant**



Gambar 10. R-12 Pressure-Enthalpy Diagram

Pada suhu 10 °C *saturated vapor*, tekanannya 0,4218 [MPa] dikompresi ke tekanan 0.846 [MPa] untuk kemudian dikondensasikan pada suhu 35 °C sampai ke *saturated liquid*. Setelah itu, diekspansikan menggunakan *JT valve* secara isentalpi. Entalpi yang dihasilkan untuk mendinginkan ruangan sebesar = 352 – 225 = 127 [kJ/kg]

- **SMART-PORT dengan R-290/Propane Refrigerant**



Gambar 11. R-290/Propane Pressure-Enthalpy Diagram

Pada suhu 10 °C *saturated vapor*, tekanannya 0,6383 [MPa] dikompresi ke tekanan 1.222 [MPa] untuk kemudian dikondensasikan pada suhu 35 °C sampai ke *saturated liquid*. Setelah itu, diekspansikan menggunakan *turbo expander* secara isentropik. Entalpi yang dihasilkan untuk mendinginkan ruangan = 875 – 525 = 350 [kJ/kg].

Tabel 2. Mass Heat of Vaporization Masing-masing Refrigerant (Aspen HYSYS)

NO	REFRIGERANT	KONDISI OPERASI	MASS HEAT OF VAPORIZATION
1.	R-12	Suhu : 10 °C Tekanan : 0,4218 [MPa]	148.4 [kJ/kg]
2.	R-290	Suhu : 10 °C Tekanan : 0,6383 [MPa]	361.2 [kJ/kg]

Berdasarkan hasil perhitungan dan data dari tabel, kita dapat mengetahui perbandingan energi dingin yang dapat dimanfaatkan antara penggunaan *JT valve* pada AC konvensional dan *turbo expander* pada *SMART-PORT*.

Energi dingin yang dimanfaatkan pada *JT valve* =  $(127/148.4) \times 100\% = 85.57\%$

Energi dingin yang dimanfaatkan pada *turbo expander* =  $(350/361.2) \times 100\% = 96.89\%$

Jadi, energi dingin yang dimanfaatkan dalam penggunaan *turbo expander* pada *SMART-PORT* menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan *JT valve* pada AC konvensional<sup>[4]</sup>.

Dapat disimpulkan juga bahwa entalpi yang dihasilkan di *evaporator SMART-PORT* lebih besar daripada AC konvensional. Ini artinya pada kondisi suhu condenser dan evaporator yang sama, *SMART-PORT* mampu mendinginkan udara lebih banyak daripada AC konvensional.

#### 4. KESIMPULAN

*SMART-PORT* merupakan sebuah alat pendingin yang serupa dengan *AC portable* yang telah berada di pasaran. Namun AC ini lebih ramah lingkungan, menghasilkan efisiensi yang tinggi, dan memiliki *dual power source*. AC ini tidak mengakibatkan *global warming* karena menggunakan *hydrocarbon base* sebagai *refrigerant*. Disamping itu AC ini menggunakan *turbo expander* sebagai pengganti *JT Valve*. *Turbo expander* akan di-*coupling* dengan *compressor* dan juga akan dihubungkan dengan sistem *gear* untuk menggerakkan *fan* di *evaporator* dan *condenser* sehingga daya yang dikonsumsi kecil yang membuat daya yang digunakan pada AC ini lebih efisien. AC ini juga dilengkapi dengan sumber arus searah yang berasal dari baterai sehingga menjaga AC tetap menyala saat sumber utama dari PT. PLN (Persero) padam, hal ini akan membuat alat – alat atau *instrument* yang rentan terhadap perubahan suhu tetap dapat bekerja secara optimal.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumner, Thomas. 2016. *2015 Smashed Heat Records*. <https://www.sciencenews.org/article/2015-smashed-heat-records> [23 April 2016]
- [2] Firdausi, Nabila. 2011. *Go Green: Climate Change*. <https://panggilsayabella.com/category/lingkungan-hidup/> [26 April 2016]
- [3] Sakinah, Ina Minatus. 2015. *Kerusakan Lingkungan : Penipisan Lapisan Ozon*. <http://ina16.web.unej.ac.id/2015/09/14/kerusakan-lingkungan-penipisan-lapisan-ozon/> [22 Juni 2016]
- [4] Hou, Y dkk. 2014. *Design and Setup of the Micro-Turboexpander Transcritical CO2 System*.
- [5] Lumentut, Samuel R. 2016. *Perbandingan Freon R32, R22, R410A dan R290*. <http://www.nationalelektronik.com/2015/01/perbandingan-freon-r32-r22-r410a-dan-r290/> [22 Juni 2016]

## MODIFIKASI PANELVIEW UNTUK PENGURANGAN TERJADINYA SHUTDOWN PALLETIZER

Hari Ruslianto<sup>1</sup>, Fatahula<sup>2</sup>, Yunus<sup>3</sup>, Hamdani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta Konsentrasi Rekayasa Industri Semen, No. telp. 021 7270036 No. Fax. (021)7270034, hariruslianto.holcim@gmail.com

<sup>2</sup>Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup>Electric and Instrument Finish Mil & Packhouse NAR 2 Team Leader, PT. Holcim Indonesia Narogong

<sup>4</sup>Electric and Instrument Finish Mil & Packhouse NAR 2 Member, PT. Holcim Indonesia Narogong

### Abstrak

*Palletizer merupakan equipment yang berfungsi untuk pemuatan kantong semen dalam kayu pallet pada area pengepakan semen. Palletizer beroperasi dengan menggunakan program PLC (Programmable Logic Controller), PLC yang digunakan Palletizer 67I-PA1 yaitu Siemens. Palletizer 67I-PA1 dikontrol dan dianalisa menggunakan HMI (Human Machine Interface) device yang berupa tampilan layar atau layar sentuh. HMI device yang digunakan adalah HMI device OP277 dari Siemens. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah Palletizer 67I-PA1 sering mengalami shutdown dikarenakan kegagalan sistem yang terjadi pada HMI device OP277. Kegagalan sistem yang terjadi yaitu display pada HMI device OP277 yang tiba tiba tidak merespon saat tombol ditekan, sehingga mengganggu pengontrolan operasional Palletizer 67I-PA1 melalui HMI device OP277 serta mengakibatkan Palletizer 67I-PA1 mengalami shutdown. Shutdown yang tiba tiba dapat mengganggu jalannya aktivitas produksi dan akan menimbulkan idle time karena menunggu HMI device OP277 selesai diperbaiki atau diganti. Langkah yang diterapkan untuk mengurangi shutdown adalah dengan membuat HMI device tambahan sebagai backup jika HMI device OP277 mengalami kegagalan sistem. HMI device tambahan yang digunakan adalah Schnieder HMIGTO 6310 yang beroperasi dengan layar sentuh. HMI device tambahan dapat mengontrol Palletizer 67I-PA1 saat kegagalan system terjadi pada HMI device OP277, sehingga proses produksi pada Palletizer 67I-PA1 dapat tetap beroperasi.*

**Kata Kunci:** Shutdown, HMI Device, Kegagalan Sistem, Palletizer.

### Abstract

*Palletizer is an equipment have functioned for loading cement bag in wooden pallet at cement packing area. Palletizer have operated using PLC (Programmable Logic Controller) program, PLC that used in Palletizer 67I-PA1 is Siemens. Palletizer 67I-PA1 was controlled and analyzed using HMI (Human Machine Interface) device that have screen or touch screen display. HMI device that used is HMI device OP277 from Siemens. One of problem that happens at Palletizer 67I-PA1 is occurence of shutdown often happen due to has system failure on HMI device OP277. System failure that occured is display at HMI device OP277 didn't respond when button was pressed, so it can disturbed operational control of Palletizer 67I-PA1 through HMI device OP277 and results Palletizer 67I-PA1 has shutdown. Suddenly shutdown can disturbing production activity and results idle time because waiting for HMI device OP277 repaired or replaced. Action that applied for decrease shutdown is by making additional HMI device as a backup if HMI device OP277 has system failure. Additional HMI device that use is Schneider HMIGTO 6310 that operated with touchscreen. Additional HMI device expected to can control Palletizer 67I-PA1 when system failure happens on HMI device OP277 as a result production process at Palletizer 67I-PA1 can keep operated.*

**Keywords:** Shutdown, HMI Device, System Failure, Palletizer.

### 1. LATAR BELAKANG

Area utama pada proses pembuatan semen adalah Quarry, Crusher, Rawmill, Kiln, Finishmill dan Packhouse. Packhouse merupakan area pengepakan semen. Semen yang telah dikemas dalam kantong, ditransportasikan menuju BC container serta Palletizer. Palletizer digunakan untuk pemuatan kantong semen dalam kayu pallet. Palletizer berfungsi dengan menggunakan program PLC Siemens. Untuk mengontrol, mengoperasikan dan menganalisa beroperasinya Palletizer 67I-PA1 dapat dilihat menggunakan HMI device. HMI merupakan perangkat penghubung antara mesin dan manusia. [1]

Palletizer 67I-PA1 menggunakan HMI device OP277 dari Siemens dan terpasang dalam box panelview yang terletak disamping Palletizer 67I-PA1. HMI device OP277 pada Palletizer 67I-PA1 menggunakan flash memory atau memori bawaan bukan memory card external. Flash memory atau memori bawaan memiliki memori yang kurang dibanding memory

card external, namun memory card external tidak tersedia saat pembelian HMI device OP277 dan jika membeli pun harganya cukup mahal. Karena kurangnya kapasitas pada flash memory menyebabkan memori HMI device OP277 pada Palletizer 67I-PA1 mengalami over capacity sehingga menimbulkan terjadinya kegagalan sistem.

Kegagalan sistem yang terjadi yaitu display pada HMI device OP277 yang tidak merespon saat tombol HMI device OP277 ditekan, sehingga mengganggu jalannya pengontrolan operasional Palletizer 67I-PA1 melalui HMI device OP277 serta mengakibatkan Palletizer 67I-PA1 mengalami shutdown. Sebelumnya, jika terjadi kegagalan sistem pada HMI device OP277 atau tiba tiba tidak bisa merespon, tindakan sementara yang dilakukan adalah dengan mengganti HMI device OP277 yang baru, karena penggantian HMI device OP277 memerlukan waktu yang tidak sebentar sehingga menyebabkan Palletizer 67I- PA1 shutdown dan belum dapat dioperasikan hingga penggantian selesai.

Karena hal tersebut, perlu ditambahkan HMI device tambahan dengan kapasitas memori yang lebih besar dan bekerja lebih ringan sebagai backup HMI device OP277 ketika sedang terjadi kegagalan sistem, sehingga ketika terjadi kegagalan sistem pada HMI device OP277 tidak mengakibatkan Palletizer 67I-PA1 mengalami shutdown dan Palletizer 67I- PA1 dapat langsung dikontrol dengan HMI device tambahan. Penulis berharap pemasangan HMI device tambahan pada Palletizer 67I- PA1 dapat mengurangi shutdown Palletizer 67I-PA1.

## 2. TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil modifikasi panelview untuk pengurangan terjadinya shutdown pada Palletizer 67I-PA1.

## 3. METODE PENELITIAN

Permasalahan seringkali kegagalan sistem yang terjadi pada HMI device OP277 disebabkan karena memori yang over capacity sehingga menyebabkan shutdown nya Palletizer 67I-PA1. Sedangkan permasalahan over capacity pada memori yaitu dikarenakan kurangnya kapasitas flash memory pada HMI device OP277.



Gambar.1 HMI device OP277

Agar *shutdown* pada Palletizer 67I-PA1 yang disebabkan oleh kegagalan sistem pada HMI device OP277 berkurang, maka perlu HMI device tambahan dengan kapasitas memori yang lebih besar dan bekerja lebih ringan untuk mem-*backup* operasi HMI device OP277 pada Palletizer 67I-PA1. Sehingga jika terjadi kegagalan sistem pada salah satu HMI device maka HMI device yang lain langsung dapat mengontrol Palletizer 67I-PA1 tanpa menunggu membuat *shutdown* terlebih dahulu. Modifikasi *panelview* ini dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut.

### Metode Observasi

Metode ini dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut tentang permasalahan yang harus diselesaikan. Pengamatan langsung yang telah dilakukan mendapatkan pembelajaran sebagai berikut:

1. Keadaan Palletizer 67I-PA1 dimonitor serta dikontrol oleh operator melalui HMI device OP277.

2. HMI *device* OP277 mengalami kegagalan sistem, tombol tidak merespon saat ditekan. Sehingga untuk penanganannya, dilakukan penggantian dengan HMI *device* OP277 yang baru dan membuat *Palletizer 67I-PA1 shutdown*.
3. Pembelajaran mengenai spesifikasi HMI *device* tambahan sebagai *backup* untuk mengontrol *Palletizer 67I-PA1* ketika salah satu HMI *device* mengalami kegagalan sistem.

### Metode Pengumpulan Data

Data data yang diambil digunakan untuk modifikasi *panelview* dengan menambahkan HMI *device* tambahan. Data yang diperlukan sebagai berikut:

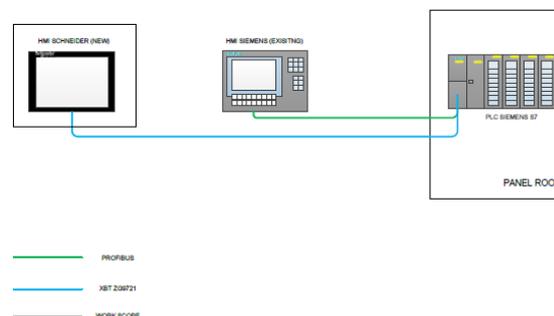
1. Data frekuensi *shutdown* nya *Palletizer 67I-PA1* yang disebabkan oleh kegagalan system pada HMI *device* OP277, data didapatkan dari *logbook* harian dan *weekly maintenance list*.
2. Spesifikasi kapasitas *flash memory* pada HMI *device* OP277. Data dapat dilihat pada *manual book* HMI *device* OP277.
3. Banyaknya program yang dijalankan HMI *device* OP277 pada *Palletizer 67I-PA1*. Data dapat diakses dengan *laptop* yang ada di *plant*.

Semua data yang dikumpulkan, akan digunakan untuk penentuan spesifikasi HMI *device* tambahan.

### Perancangan Modifikasi Panelview

Setelah semua data dikumpulkan, maka proses selanjutnya adalah perancangan alat. Perancangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a) Kebutuhan material yang dibutuhkan
  1. Spesifikasi HMI *device* tambahan dengan kapasitas *flash memory* yang lebih besar dibanding HMI *device* OP277 serta dapat bekerja lebih ringan.
- b) Perancangan Modifikasi Panelview
  1. Tata letak HMI *device* tambahan pada *Palletizer 67I-PA1*, didapat dari peninjauan lokasi yang ada.
  2. Koneksi *panelview* HMI *device* tambahan dengan PLC.



Gambar.2 Koneksi HMI dengan PLC

### Instalasi dan Pemasangan Panelview

Tahapan instalasi dan pemasangan *panelview* merupakan realisasi setelah semua perencanaan dan perancangan dilakukan. Langkah selanjutnya adalah pemilihan *vendor* untuk instalasi alat. Tahapan-tahapan instalasi HMI *device* tambahan yaitu:

- a) Persiapan Semua Alat yang Dibutuhkan.

Semua peralatan dan material akan disediakan oleh pihak *vendor* yang dipilih untuk mengerjakan proyek ini.

b) Pembuatan Dudukan Panelview

Pembuatan *panelview* dimulai dengan peninjauan lokasi *Palletizer 67I-PA1*, lalu pembuatan *support* dudukan panel untuk menopang *panelview* HMI device tambahan.

c) Instalasi Box Panelview

Instalasi *box panelview* dilakukan setelah dudukan terpasang.

d) Pemasangan HMI Device Tambahan

Pemasangan HMI *device* tambahan dilakukan dengan pembuatan lubang dengan ukuran 315 x 241 mm. Pemasangan instalasi kabel *tray* di dalam panel untuk koneksi antara semua *input* yang ada.

e) Instalasi Komponen dan Terminal pada Panel

Komponen yang diinstall di dalam panel yaitu MCC (*Miniatur CircuitBreaker*) dan *powersupply* untuk HMI.

Tabel.1 Daftar Komponen yang Digunakan

Deskripsi	Manufaktur	Model No.
Touch Panel 12.1 In. TFT Color, Voltage 24, Display 800x600 Pixels, 96 MB Flash Memory, Port Type USB 2.0, USB-Mini B,	Schneider	HMIGTO6310
Direct Connection Cable - untuk XBTGK, XBTGT, XBTGR – 2.5 m	Schneider	XBTZG9721
Multi-conductor – Databus ISA/SP-50 Profibus Cable 1-Pair 22 AWG FRFPE FRPE SH PVC Violet	Belden	3079A
Power Supply, Switching, Mounting Type DIN Rail, Input Voltage 100-240VAC, Hz 50/60, Power rating (watts) 120, Voltage Output 24 VDC, Amps 5	Schneider	ABL8REM24050

f) Penarikan Kabel

Kabel yang digunakan terdiri dari kabel *input* untuk *power* HMI *device* tambahan serta koneksi dengan PLC.

g) Setting HMI Device Tambahan

*Setting* HMI *device* tambahan merupakan tahapan untuk konfigurasi pemantauan *Palletizer 67I-PA1*.

**Pengujian Kerja dan Fungsi HMI Device Tambahan**

Setelah semua tahapan diselesaikan, kemudian dilakukan pengujian alat untuk mengetahui benar tidaknya koneksi yang telah tersambung. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi kesalahan instalasi HMI *device* tambahan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Kebutuhan Konsumen

Konsumen pada penelitian ini merupakan pihak produksi. Hasil atau kebutuhan yang diharapkan yaitu *Palletizer 67I-PA1* dikontrol oleh satu set kontroler *PLC Panel*. *Palletizer* mempunyai *incoming* berupa *cement transport unit* dan satu buah *outgoing* berupa *pallet pack*. Fasilitas *Palletizer 67I-PA1* sudah dilengkapi dengan *HMI operator panel* dari *siemens OP277*. Seiring berjalannya waktu dan intensitas pemakaian, dibutuhkan suatu *HMI operator panel* baru yang mampu menggantikan dan menjalankan fungsi *Palletizer* secara utuh. *HMI operator panel* baru yang akan dibangun menggunakan *HMIGTO6310* milik *Schneider Electric* yang memiliki keunggulan berupa *full touch panel 12"* dan tersertifikasi *IP66K*. Langkah yang dilakukan adalah mendesain, instalasi dan melakukan modifikasi *panelview* HMI unit *Palletizer 67I-PA1*.

##### Spesifikasi Produk

###### a) Schneider HMIGTO6310

HMI tambahan yang digunakan pada proyek ini merupakan pabrikan *Schneider* dengan tipe *HMIGTO6310*. *Schneider HMIGTO6310* beroperasi dengan layar sentuh. Fitur utama dari *HMI operator panel* ini adalah:

1. 12,1" inch LED Backlight
2. Serial port (RS232/485), Ethernetport, dan USB port untuk komunikasi.
3. Optimum advance panel withtouchscreen
4. Mudah diprogram serta dikonfigurasi menggunakan *softwareVijeoDesigner*
5. Upto 8000 variables per page
6. 96MB Flashepromwithupto 4GB expansionmemory



Gambar.3 Schneider HMIGTO 6310

Pemilihan penggunaan *HMI device* tipe ini karena kapasitas *flash memory* yang lebih besar yaitu 96 MB dibanding *HMI device OP277* yang hanya sebesar 32 MB.

###### b) Regulated SMPS (Switch Mode Power Supply) Phaseo ABL8REM24050

*Power Supply* pada proyek ini digunakan untuk memberikan tegangan masukan untuk *HMI device Schneider GTO6310*. Tipe *powersupply* yang digunakan yaitu *Regulated SMPS Phaseo ABL8REM24050* dengan tegangan keluaran 24 V DC. Pemilihan tipe ini karena spesifikasi tegangan masukan pada *HMI device Schneider GTO6310* yaitu bernilai 24 V DC. Sumber daya ini digunakan untuk menghidupkan *HMI operator panel* dan *indicator lamp* yang berada di dalam *panel control*. *Power supply 24 VDC* terdapat di dalam *panel control* yang digunakan untuk *instrument* dan peralatan yang menggunakan sumber daya 24 VDC. *Power supply* ini menggunakan sumber daya 220 VAC sebagai inputnya dan mempunyai konsumsi daya sebesar 120 Watt.



Gambar.4 Regulated SMPS

c) Direct Connection Cable Schneider XBTZG9721

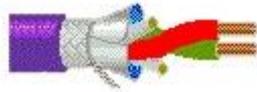
Kabel ini dibutuhkan untuk koneksi dari XBT terminal menuju SIMATIC PLC



Gambar.5 Direct Connection Cable Schneider XBTZG9721

d) Profibus Cable Belden 3079A

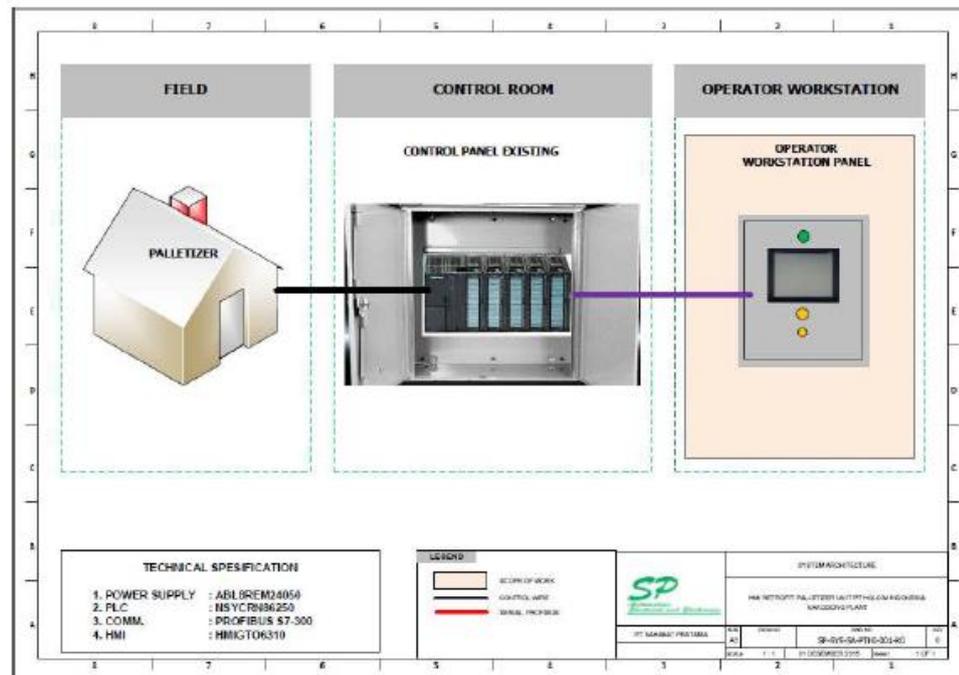
Kabel profibus dari belden untuk koneksi S7-300 dengan HMIGTO6310



Gambar.6 Profibus Cable Belden 3079A

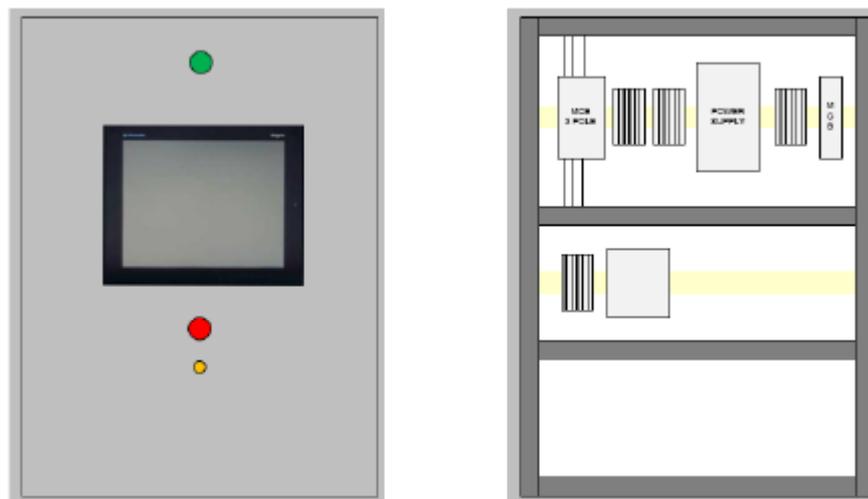
### Perancangan

Untuk dapat melaksanakan fungsi komunikasi yang baik antara instrumen dan panel kontrol, dibutuhkan suatu kontroler yang bekerja dalam suatu jalur komunikasi tertentu. Kondisi eksisting dari *Palletizer* adalah sudah terdapat sebuah kontroler PLC *Siemens S7-300* yang terdapat pada *main electric room area*. PLC tersebut sudah terhubung dengan sebuah HMI di area *Palletizer* menggunakan komunikasi *Profibus*. HMI tersebut akan di retrofit oleh HMI GTO6310 dari *Schneider Electric*.



Gambar.7 System Architecture

Untuk konfigurasi HMI GTO6310 dengan PLC S7-300 bersifat *plug and play*. Artinya, konfigurasi yang dibutuhkan tidak banyak merubah kondisi eksisting secara fisik. HMI GTO6310 tetap menggunakan komunikasi *Profibus* dengan S7-300 seperti sebelumnya. Adapun perubahan fisik hanya berpindah tempatnya *operator panel Palletizer* dan perubahan *command* dari *key* menjadi *touch panel*. Koneksi antara S7-300 dengan HMI GTO6310 dilakukan menggunakan kabel *profibus* dari *belden* yang terkoneksi pada CPU S7-300 di *main electric room*.



Gambar.8 Local Control Panel

Spesifikasi dari *cabinet* yang disuplai adalah sebagai berikut:

1. Standar panel dengan ukuran 800 (H) x 8600 (W) x 250 (D)
2. Panel dengan 1 pintu akses di depan (*front door*).
3. Pintu panel dilengkapi dengan handle dan kunci.
4. 1 buah *backplate* yang dapat diatur posisinya (maju atau mundur) dengan ketebalan minimum 2 mm.
5. Jalur masuk kabel melalui bagian bawah panel.

6. Rating Protection IP 66.

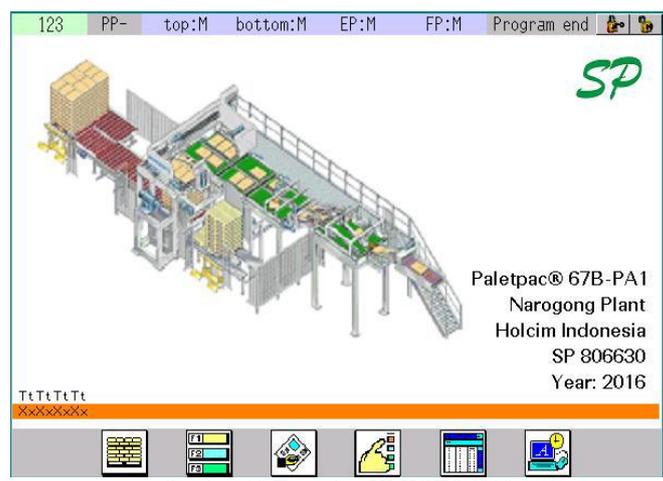
Dalam melakukan pemilihan material di area yang memiliki peralatan *rotating*, *motor*, dan *movable* serta dalam lingkungan berdebu dan panas, diperlukan *material* yang memiliki spesifikasi mumpuni. Informasi kehandalan material dalam lingkungan tertentu akan disajikan pada bagian berikut ini.

Environment	
Standards	EN 61131-2 IEC 61000-6-2 UL 508
Product certifications	CE C-Tick CULus KCC
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-20...60 °C
Relative humidity	10...90 % without condensation
Operating altitude	< 2000 m
IP degree of protection	IP65 front panel conforming to IEC 60529 IP20 rear panel conforming to IEC 60529
NEMA degree of protection	NEMA 4X front panel (indoor use)
Shock resistance	147 m/s <sup>2</sup> 3 chocs in each direction X, Y and Z conforming to EN/IEC 61131-2
Vibration resistance	1 gn (f = 9...150 Hz) conforming to EN/IEC 61131-2 X, Y, Z directions for 10 cycles (approx. 100 min) 3,5 mm (f = 5...9 Hz) conforming to EN/IEC 61131-2 X, Y, Z directions for 10 cycles (approx. 100 min)
Resistance to electrostatic discharge	6 kV contact discharge conforming to IEC 61000-4-2 level 3

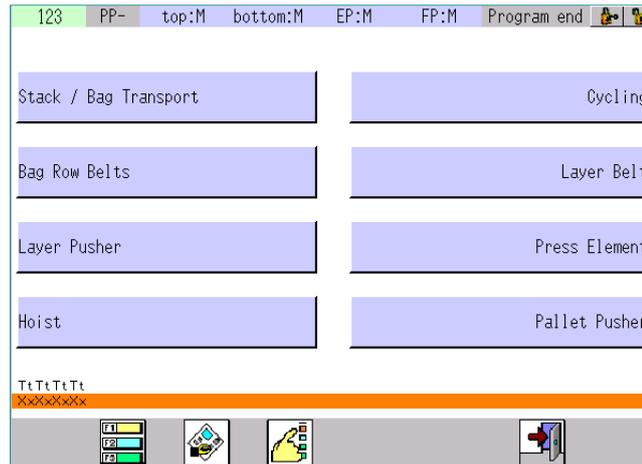
Gambar.9 Environment Spesification

*Software* yang digunakan dalam HMI operator panel adalah *VijeoDesigner V 6.2*. *Software* ini berfungsi untuk membuat *interface operator* pada HMIGTO6310. *Interface* tersebut akan menjadi media akuisisi data dan memberikan perintah dari dan ke *instrument*. Komunikasi antara HMI

dengan PLC dilakukan melalui *Profibus Cable* yang telah dibahas sebelumnya. Sistem *software* ini mempunyai fitur akuisisi data, memberikan perintah, menampilkan alarm dan membuat laporan / report sesuai dengan fungsi-fungsi yang terdapat di HMI eksisting.



Gambar.10 Tampilan HMIGTO6310



Gambar.11 Tampilan Menu HMIGTO6310

Keseluruhan fungsi tombol/*keypad* pada HMI OP277 Siemens digantikan oleh *touch command* di HMI GTO 6310 yang terpasang. *Touch command* tersebut juga mampu difungsikan sebagai pemilihan menu *monitoring* dari *Palletizer* seperti terlihat di atas. Hasil penelitian yang didapat ialah HMI *device* tambahan *Schneider* HMI GTO6310 mampu membantu pengontrolan HMI *device* OP277 untuk pengoperasian *Palletizer* 67I-PA1.

#### Hasil Modifikasi Panelview

HMI *device* tambahan *Schneider* HMIGTO 6310 mampu menggantikan fungsi HMI *device* OP277 jika terjadi kegagalan sistem, sehingga tidak mengakibatkan *Palletizer* 67I-PA1 *shutdown*. HMIGTO 6310 memiliki keunggulan berupa *full touch panel* 12” dan tersertifikasi IP66K.



Gambar.12 Panelview HMIGTO 6310

## 5. KESIMPULAN

HMIGTO 6310 *Retrofit Palletizer* 67I-PA1 mempunyai tujuan sebagai berikut :

- Menggantikan peran HMI *device* OP277 jika sedang mengalami kegagalan sistem sehingga *Palletizer* 67I-PA1 tidak mengalami *shutdown*.
- Menyediakan antarmuka operator yang tersentralisasi yang dapat digunakan untuk mengoperasikan dan memonitor seluruh process pada unit *Palletizer*, sehingga membuat pengoperasian lebih mudah dan lebih efisien.
- Menyediakan penyajian data secara otomatis, sehingga pelaporan dan analisis menjadi lebih mudah dan akurat.
- Menyediakan *form logging* untuk mempermudah kegiatan *maintenance*.

**6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat pada modifikasi *panelview*, khususnya tim *Electrical Instrument Finish Mill* dan *Packhouse NAR 2* di PT Holcim Indonesia serta tim dosen dari PNJ, karena atas bimbingannya sampai modifikasi tersebut selesai.

**7. DAFTAR PUSTAKA**

[1] Lela Nurpulaela, "Perancangan Human Machine Interface dengan VB6.0 untuk Visualisasi dan Monitoring Kecepatan Motor AC 3 Phase pada PLC Omron CJ1M," Jurnal Teknosain, vol.9, 1-13, 2012.

**BIDANG KONVERSI ENERGI DAN PERAWATAN DAN PERBAIKAN**

## ANALISIS EFEKTIVITAS HEAT EXCHANGER TIPE PLAT DI PLTP UNIT IV PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY AREA KAMOJANG

Yoga Firdaus<sup>1</sup>, Rumaisha Hanifa<sup>2</sup>, Adi Suryadi, S.T, M.T<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, yogadfirdaus@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

<sup>3</sup>Dosen Pembimbing, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

### Abstrak

Perpindahan panas adalah proses yang sangat penting dalam dunia perindustrian. Suatu proses pabrik sering ditentukan oleh keefektifan dari pemanfaatan recovery panas yang dikandung oleh suatu bahan. Pada prosesnya Plate Heat Exchanger menyerap panas fluida pada sebuah system auxiliary component water system (ACWP), sehingga dapat meningkatkan efektivitas kerja pada system acwp tersebut. Fluida yang bersirkulasi pada heat exchanger tersebut merupakan fluida cair yang diperoleh dari component cooling water system. Efektivitas kerja dari plat heat exchanger dapat ditentukan dengan mengetahui beberapa aspek dari fluida yang mengalir pada heat exchanger, contohnya adalah temperature, tekanan dan laju aliran.

Perhitungan pada penulisan ini menggunakan rumus-rumus yang bersesuaian bagi penukar panas tipe pelat antara lain menggunakan metode NTU. Dalam hasil perhitungan dapat dilihat penyebab-penyebab penurunan efektivitas dari plat heat exchanger, perbedaan log mean temperature dan flowrate menjadi penyebab dari penurunan heat exchanger. Dari hasil perhitungan pada heat exchanger tipe pelat diperoleh efektivitas data desain berdasarkan metode NTU didapat 89,72% dan data operasional berdasarkan metode NTU didapat 51,41%.

**Kata kunci:** Efektivitas, Heat Exchanger tipe Pelat, Metode NTU

### Abstract

Heat Exchanger is a very important process in industrial world. A factory process is often determined by the effectiveness of the heat recovery utilization contained by a material. In the process, Plate Heat Exchanger absorbed the fluid heat on a system called Auxiliary Water System Component (ACWP), so that it can increase the work effectiveness on ACWP system. Fluid which rotates on the heat exchanger is a liquid fluid obtained from the component of cooling water system. The work effectiveness of the heat plate exchanger can be determined by knowing some aspects of the fluid that flowing in the heat exchanger, for example temperature, pressure, and flowrate.

The calculation of this research uses related formula to Heat Exchanger mental sheet type, such as NTU method. The causes of the effectiveness plate heat exchanger decreasing can be seen in the calculation results, log mean temperature difference and flow rate became the causes of the decreasing in heat exchangers. From the calculation in heat exchanger mental sheet type can be obtained the effectiveness of design data based on NTU method is 89,72% and the effectiveness of operational data based on NTU method is 51,41%.

**Keyword:** Efektivitas, Heat Exchanger tipe Pelat, Metode NTU

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Suhu dari komponen harus berada dalam keadaan yang stabil dengan kata lain tidak boleh dalam keadaan panas (over heat). Oleh karena itu penting adanya suatu bahan yang dapat mendinginkan komponen-komponen tersebut. Untuk menghasilkan system pendinginan komponen perlu adanya perpindahan kalor untuk menghemat biaya pendinginan suatu komponen. Perpindahan kalor suatu bahan pendinginan perlu adanya media heat exchanger.

## 2. EKSPERIMEN

Pertama-tama dilakukan study literatur, observasi dan wawancara untuk mengumpulkan berbagai data yang dibutuhkan untuk mendapatkan kerangka berfikir.

Studi ini dilakukan dengan cara eksperimental dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data harian dari bagian operasi
2. Melakukan pengukuran dengan flow meter

Sedangkan untuk penentuan nilai efektifitas dari plat heat exchanger setidaknya data yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

1. Suhu panas yang masuk ke heat exchanger ( Th in)
2. Suhu panas yang keluar dari heat exchanger (Th out)
3. Suhu dingin yang masuk ke heat exchanger (Tc In)
4. Suhu dingin yang keluar dari heat exchanger (Tc out)
5. Massa aliran panas fluida air ( Mh )
6. Massa aliran dingin fluida air (Mc)

Untuk mengolah data tersebut perlu dilakukan berbagai tindakan perhitungan perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung bilangan reynold
2. Menghitung resistansi panas menyeluruh
3. Menghitung nilai rasio kapasitas panas
4. Menghitung nilai NTU (Number Transfer Unit)

## 2.1 Persamaan Efektivitas Heat Exchanger

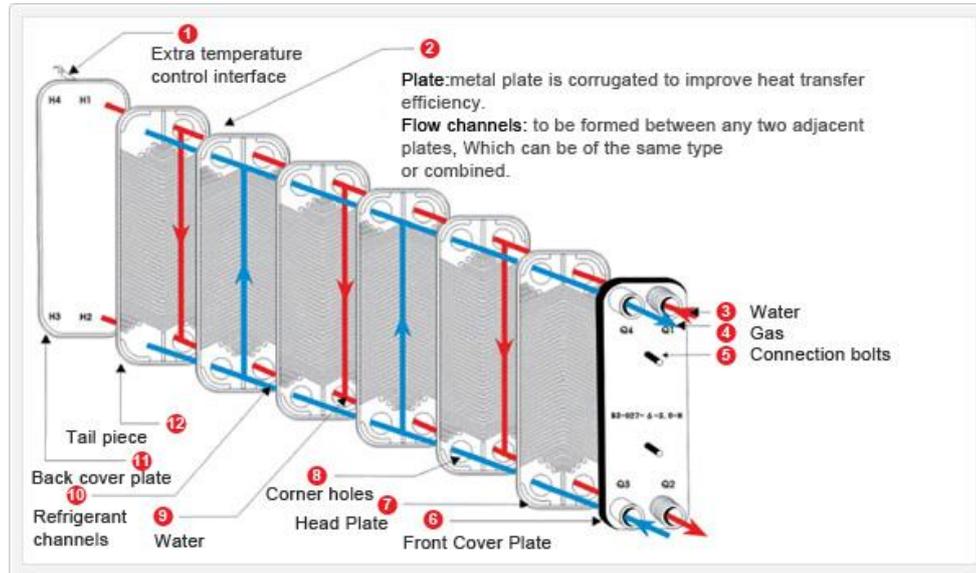
Pada Plate Heatexchanger beraliran conter flow maka dapat menggunakan persamaan 1<sup>[4]</sup>

Tabel. 1 Kumpulan Persamaan Efektivitas Heat Excahnger Berdasarkan Jenis Aliran

TABLE 13-4	
Effectiveness relations for heat exchangers: $NTU = UA_s/C_{min}$ and $c = C_{min}/C_{max} = (\dot{m}C_p)_{min}/(\dot{m}C_p)_{max}$ (Kays and London, Ref. 5.)	
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 with <math>c = 0</math></i>	$\epsilon = 1 - \exp(-NTU)$

## 2.2 Prinsip Kerja Plate Heat Exchanger

Prinsip kerjanya adalah aliran dua atau lebih fluida kerja diatur oleh adanya gasket-gasket yang didesain sedemikian rupa sehingga masing-masing fluida dapat mengalir di plat-plat yang berbeda. Gasket berfungsi utama sebagai pembagi aliran fluida agar dapat mengalir ke pelat-pelat secara selang-seling. Fluida di plate heat exchanger di unit 4 menggunakan media air dan air.



Gambar.1 Prinsip Kerja Plat Heat Exchanger Umum

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Perhitungan Efektivitas berdasarkan Manual Book

Berdasarkan data manual book, di dapatkan data data commissioning sebagai berikut :

Company	PLATE- AND FRAME HEAT EXCHANGER DATA SHEET (SI UNITS) PROCESS		Engineering Contractor	
PO No. KMJ-10-R1-PO-009-R	Doc. No. PDS 168235R1			
Customer :		Vendor : Q/SQ/PERSERO/060720R3		
Project : EPC TOTAL PROJECT KAMOJANG 1 x 60 MW		Ordering No: KMJ-20-H-MR-001-R		
Location : GEOTHERMAL KOMAJONG JAWA BARAT		Model : RX-326A-NHP-153		
Item No : E-440 A/B		Serial No / MFG No: 16-8235		
Service :				
01 Case	HOT SIDE		COLD SIDE	
02 Fluid	CLOSED COOLING WATER		COOLING WATER	
03 Total Flow (kg/s)	66.67		65.999	
04 Flow per exchanger (kg/s)	-		-	
05 Design Temperature (max) (°C)	70		70	
06 Minimum Design metal Tem. (°C)	-		-	
07 Design Pressure (kPa (ga))	620		420	
08 Pressure drop allow/ calc. (kPa)	23/ -		23/ -	
09 Wall temperature min/ max (°C)	-		-	
10 Fouling margin (%)	-		-	
11 OPERATION DATA	INLET	OUTLET	INLET	OUTLET
12 Liquid flow (kg/s)	66.67	-	65.999	-
13 Vapour flow (kg/s)	-	-	-	-
14 Non-condensables flow (kg/s)	-	-	-	-
15 Operating temperature (°C)	37.02	31.8	26.20	31.47
16 Operating pressure (kPa (ga))	-	-	-	-
17 LIQUID PROPERTIES				
18 Density (kg/m <sup>3</sup> )	994.3		996	
19 Specific Heat capacity (kJ/kg·K)	4.182		4.182	
20 Dynamic viscosity (mPa·s)	0.6911	0.7675	0.8661	0.7728
21 Thermal conductivity (W/m·K)	0.6216		0.6135	
22 Surface tension (N/m)	-	-	-	-
23 VAPOUR PROPERTIES				
24 Density (kg/m <sup>3</sup> )	N.A		N.A	
25 Specific heat capacity (kJ/kg·K)	N.A		N.A	
26 Dynamic viscosity (mPa·s)	N.A		N.A	
27 Thermal Conductivity (W/m·K)	N.A		N.A	
28 Relative molecular mass (kg/kmol)	N.A		N.A	
29 Relative Molecular mass, non-condensables (kg/kmol)	N.A			
30 Draw point/bubble point (°C)	N.A			
31 Solids maximum size (mm)	N.A			
32 Solids concentration (% volumn)	N.A			
33 Latent heat (kJ/kg)	N.A			
34 Critical pressure (kPa (abs))	N.A			
35 Critical Temperature (°C)	N.A			
36				
37 Total Heat Exchanged (kW)	1455			
38 U <sup>a</sup> (W/m <sup>2</sup> ·K)	Clean Condition	-	Service:	
39 LMTD (°C)	5.57			
40 Heat Transfer area (m <sup>2</sup> )	93.62			
41 Stream Heat transfer confident (W/m <sup>2</sup> ·K)				

Dimana dari data manual book tersebut , bisa didapatkan nilai dari :

1. Bilangan reynold
2. U (resistensi panas menyeluruh)
3. Cr (rasio kapasitas panas)
4. NTU ( number transfer unit)
5. Efektivitas

Tabel. 2 Hasil Perhitungan Efektivitas Berdasarkan Manual Book

	<b>Thin (37.02)</b>	<b>Thout (31.8)</b>	<b>tcin(26.20)</b>	<b>Tcout(31.47)</b>
<b>V(m<sup>3</sup>/s x 10<sup>-7</sup>)</b>	<b>6.97395</b>	<b>7.7424</b>	<b>8.73312</b>	<b>7.79916</b>
<b>Cp (J/Kg.K)</b>	<b>4179.48</b>	<b>4179.78</b>	<b>4181.14</b>	<b>4179.84</b>
<b>k(W/m.K)</b>	<b>0.626297</b>	<b>0.618333</b>	<b>0.609186</b>	<b>0.617811</b>
<b>Prandlt number</b>	<b>4.61291</b>	<b>5.18975</b>	<b>5.94588</b>	<b>5.23002</b>
<b>Reynold number</b>	<b>1337.095109</b>	<b>1204.385518</b>	<b>1055.767417</b>	<b>1182.196999</b>
<b>Nusselt number</b>	<b>40.21249068</b>	<b>39.67794454</b>	<b>38.85469757</b>	<b>39.4111503</b>
<b>h ( W/ m<sup>2</sup> K )</b>	<b>19.343289</b>	<b>18.84345813</b>	<b>18.17952212</b>	<b>18.70095405</b>
<b>U (W/ m<sup>2</sup> .K)</b>	<b>9.37167922</b>			
<b>Cmin ( W/K)</b>	<b>278.6459136</b>			
<b>Cmax ( W/K)</b>	<b>275.9510589</b>			
<b>Cr</b>	<b>1.009765698</b>			
<b>NTU</b>	<b>9.130658611</b>			
<b>Efektivitas (%)</b>	<b>89.72%</b>			

### 3.2 Hasil Perhitungan Efektivitas berdasarkan data operasional

Efektivitas pada data operasional berada pada batas 44% - 52% , hal ini dikarenakan kondisi alat sudah beroperasi selama 7 tahun. Sehingga aliran massa berkurang signifikan yang menyebabkan penyerapan kalor tidak se-efektif awal pemasangan.

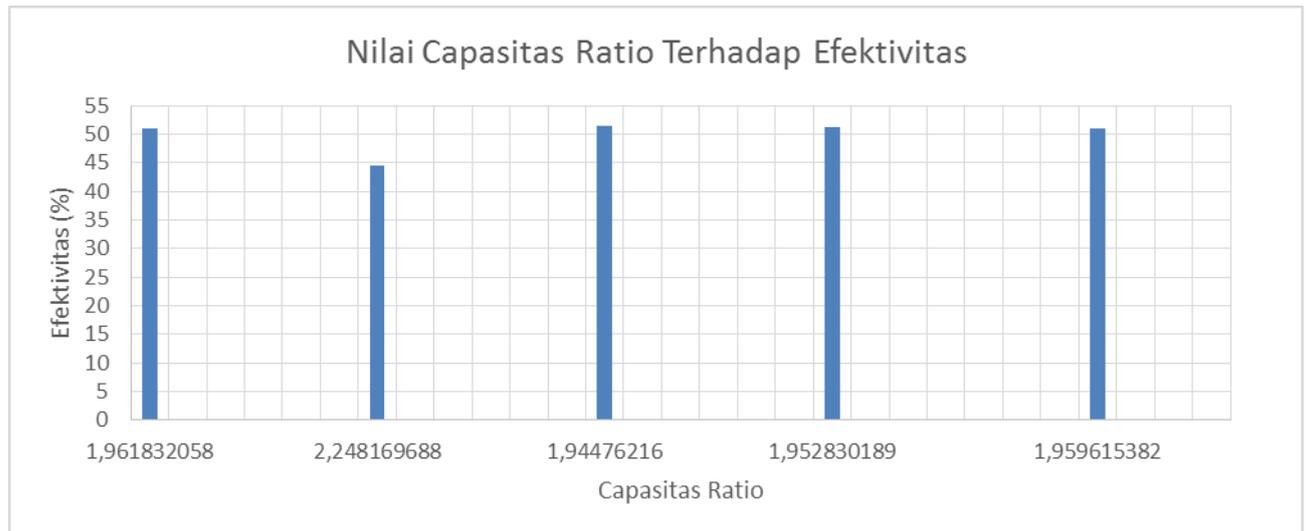
Tabel. 3 Hasil Perhitngan Berdasarkan Manual Book

<b>Tanggal</b>	<b>NTU</b>	<b>ṁ Panas</b>	<b>ṁ dingin</b>	<b>Efektivitas (%)</b>
17/03/2016 13:25:00	9.240106797			50.96931093
Thin(41.88232422)		65.86884147		
Thout(38.68408203)				
Tcin(28.23486328)			33.56497023	
Tcout(34.50927734)				
18/03/2016 13:25:00	8.022850426			44.47952246
Thin(42.4621582)		75.86414894		

Thout(39.22729492)				
Tcin(28.72314453)			33.74129825	
Tcout(35.99755859)				
19/03/2016 13:25:00	9.309178516			51.41638495
Thin(42.42553711)		65.38077067		
Thout(39.22119141)				
Tcin(28.77807617)			33.61544503	
Tcout(35.00976563)				
20/03/2016 13:25:00	9.286413254			51.20414092
Thin(42.76733398)		65.54015922		
Thout(39.5324707)				
Tcin(28.81469727)			33.5586569	
Tcout(35.13183594)				
21/03/2016 13:25:00	9.322667577			51.02716736
Thin(42.09594727)		65.28685575		
Thout(38.92211914)				
Tcin(28.35083008)			33.31145604	
Tcout(34.5703125)				

### 3.3 Kapasitas Ratio

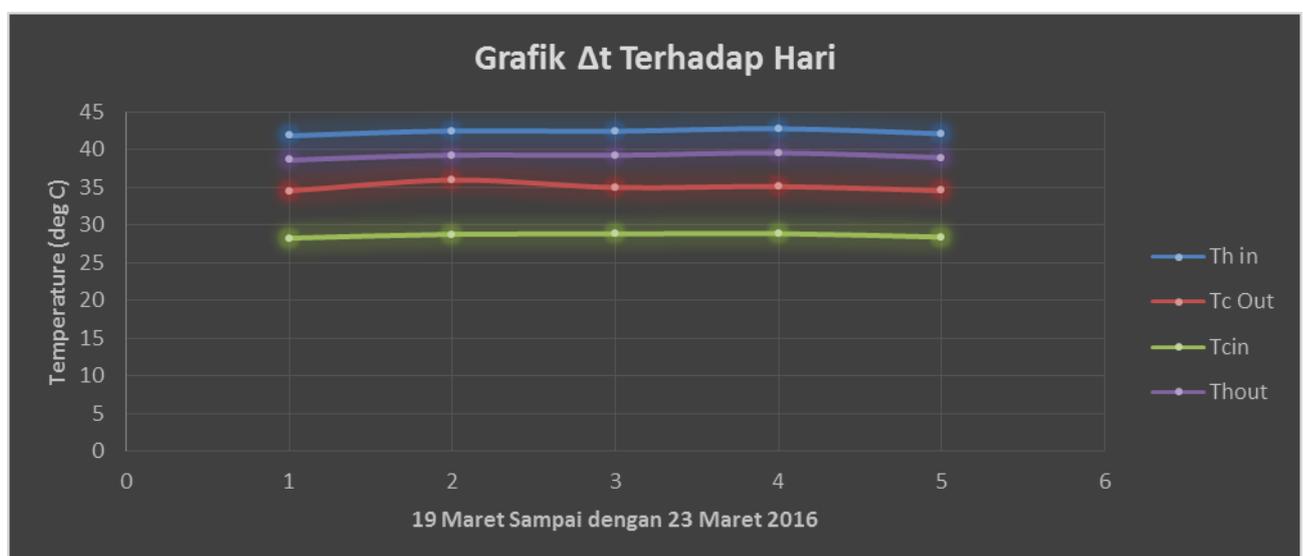
Perbandingan nilai serap panas pada data operasioal berbanding lurus dengan efektivitas



Grafik.1 Perbandingan Nilai Capasitas Ratio dengan Efektivitas

### 3.4 Perbedaan Selisih Suhu

Pada Sampel yang diambil selama lima hari didapatkan perbedaan temperature logaritmik pada hari ke dua sedikit lebih besar sehingga pada hari kedua nilai efektivitasnya paling rendah.



Grafik. 2 Perbedaan Suhu Logaritmik Dengan Hari

## 4. KESIMPULAN

1. Penurunan efektivitas sebesar 38.31 %
2. Penuruna efektivitas disebabkan oleh aliran massa fluida
  - a. 66.67 kg/s untuk fluida panas 65.99 kg/s untuk fluida dingin ( manual book)
  - b. 65.38 kg/s untuk fluida panas 33.44 kg/s untuk fluida dingin ( data opearasional )

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pitts, Donald.2008.PERPINDAHAN KALOR.Jakarta: Erlangga.
- [2]. Tralukdar, P.(n.d). "Heat Exchanger 2". Department of Mechanical Engineering IIT Delhi. pp 6.
- [3]. 662, Api Standard." Plate Hear Exchangers for General Refinery Services". American Petroleum Industries,Vol 2.2002
- [4]. Indonesia, P.S. "Engineering Document Mechanical Book II". Pertamina Geothermal Energy, vol 1



## KARAKTERISTIK PENDINGINAN PADA *HEAT SINK* MENGGUNAKAN *SYNTHETIC JET* DENGAN FUNGSI GELOMBANG *TRIANGLE*

Damora Rhakasywi<sup>1</sup>, Djoni Rustino<sup>2</sup>, Edward<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila,  
Kampus Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia  
damora@univpancasila.ac.id, djonirustino@yahoo.com

### Abstrak

Kebutuhan akan sistem pendinginan pada masa kini sangat penting terkait meningkatnya beban panas pada saat beroperasi selama 24 jam, serta perkembangan piranti elektronik yang berukuran minimalis sehingga diperlukan alternative baru dalam sistem pendinginan tersebut. Sistem pendinginan konvensional berbasis fan telah mencapai batas efisiensinya dan dibutuhkan teknik pendinginan baru. *Synthetic jet* merupakan sistem pendinginan baru berdasar input massa netto nol tetapi momentum tidak nol. Dalam penelitian ini sebuah *synthetic jet* impinging digetarkan dengan fungsi gelombang *triangle*. Pada penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan yaitu komputasional dan eksperimental. Tahapan komputasional bertujuan untuk melihat distribusi aliran panas *synthetic jet*. Tahapan eksperimental bertujuan untuk mendapatkan karakterisasi pendinginan menggunakan *synthetic jet*. Pada tahap komputasional penelitian ini menggunakan software CFD Fluent dengan model turbulensi  $k-\omega$  SST dengan elemen meshing Tet/Hybrid tipe Tgrid, sedangkan pada tahap eksperimental menggunakan function generator untuk menggerakkan membran dengan tiga variasi frekuensi osilasi yaitu 80 hz, 120 hz, dan 160 hz dengan nilai amplitude tetap 2 mm. Hasil eksperimen menunjukkan adanya pengaruh gelombang dan frekuensi osilasi terhadap laju perpindahan panas yang terjadi dengan nilai koefisien perpindahan panas sebesar  $268.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Laju perpindahan panas atau proses pendinginan terbaik terjadi pada frekuensi osilasi yang lebih rendah dalam penelitian ini pada frekuensi 80 hz.

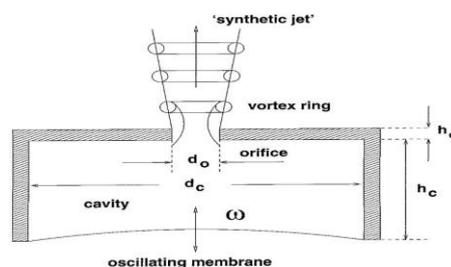
**Kata Kunci :** Gelombang Triangle, Synthetic Jet, Model turbulensi  $k-\omega$  SST

### 1. PENDAHULUAN

Berbagai peralatan elektronik seperti laptop, netbook, PC, handphone, dan lain-lainnya berkembang semakin canggih. Seiring dengan tantangan efisiensi kinerja alat, maka diperlukan suatu sistem pendingin baru yang mampu menunjang hal tersebut, salah satu yang dikembangkan dalam hal ini sistem pendinginan elektronik (cooling devices) menggunakan teknologi *synthetic jet*.

Sistem pendinginan elektronik konvensional dengan konveksi paksa menggunakan kipas semakin tidak memadai, hal tersebut menimbulkan sistem pendinginan baru yang mampu menghasilkan efek pendinginan lebih baik dan efektif dengan konsumsi daya yang lebih rendah dari kipas. Sistem pendinginan baru yang cukup baik adalah sistem pendinginan berbasis efek aliran jet, atau disebut dengan *synthetic jet*.

*Synthetic jet* merupakan suatu bentuk aliran fluida berupa rangkaian cincin vortex yang terbentuk karena adanya pergerakan periodik dari membran di suatu cavity. Prinsip kerja *synthetic jet* tersebut berupa input massa netto nol tetapi menghasilkan output momentum netto tidak nol. Secara visual *synthetic jet* digambarkan seperti pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Sketsa dari *synthetic jet* yang terbentuk karena adanya pergerakan diafragma dalam cavity (Sumber: Clemens, 2008)

Secara garis besar *synthetic jet* terbentuk sebagai berikut Jagannatha dkk. (2007) dan Zhang & Tan (2007), di dalam cavity terdapat suatu diafragma atau membran. Membran tersebut akan digerakkan secara periodik dan membentuk getaran sehingga udara didalam cavity ikut bergerak. Fluida udara

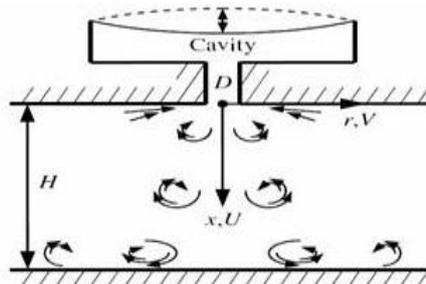
didalam cavity dipaksa bergerak melewati dua fase yaitu fase hisap (suction) dan fase tiup (blowing). Pada sisi keluar orifis terjadi separasi aliran dari fluida udara karena adanya fase tersebut dan membentuk pasangan cincin vortex. Pasangan cincin vortex ini terbentuk karena separasi aliran akibat amplitude getaran membran yang cukup besar yang membentuk lapisan geser (shear layer) antara fluida keluar orifis dengan fluida udara disekitar. Cincin-cincin vortex ini dipergunakan untuk menghasilkan efek perpindahan panas konvektif kontrol aliran termal yang lebih baik terhadap suatu heat sink.

Pada sistem pendingin kipas kebutuhan suplai udara dipenuhi dengan mengalirkan fluida udara dari satu tempat ke tempat lainnya. Sistem synthetic jet menawarkan keuntungan utama yaitu hanya menggunakan udara yang sama yang terus diputar oleh sistem tersebut (Sharma, 2007). Selain itu mengacu pada besarnya panas yang dibuang terhadap besarnya volume aliran maka kipas dinilai kurang efisien (Mahalingam dkk, 2006). Keuntungan lain dari sistem pendinginan menggunakan synthetic jet dibanding kipas untuk performa heat transfer yang sama, antara lain (Lasance & Aarts, 2008) :

- Tingkat kebisingan yang jauh lebih rendah
- Kebutuhan daya hanya setengahnya atau kurang
- Memiliki form factor yang jauh lebih baik sehingga bersifat “design-friendly”
- Problem fouling yang lebih rendah, komponen bergerak dapat dilindungi dari lingkungan (ambient)
- Miniaturisasi produk lebih mudah dibanding kipas

Pada synthetic jet terutama impinging memiliki kelemahan utama pada fluida udara yang dihisap kembali pada fase suction. Jika udara yang dibuang pada fase pembuangan kalor memiliki udara panas dan dihisap kembali ke dalam cavity maka akan timbul akumulasi panas dalam cavity synthetic jet (Tesar, 2005).

Pada penelitian ini menggunakan model synthetic jet impinging, model tersebut digambarkan seperti pada gambar 1.2



Gambar 1.2 Model *Impinging jet*

(Sumber: Persoons, O'Donovan&B.Murray,2008)

Model impinging jet mengarahkan vortex untuk menumbuk dinding kemudian vortex berjalan sepanjang dinding. Terdapat tiga variabel utama yang mempengaruhi perpindahan kalor pada synthetic jet impinging yaitu frekuensi eksitasi, panjang langkah dan ketinggian orifis terhadap permukaan bidang panas.

Pengetahuan mengenai synthetic jet sebenarnya masih sangat terbatas. Penelitian mengenai synthetic jet seperti perbandingan bilangan Nusselt pada synthetic jet dengan menggunakan gelombang sinusoidal dan non- sinusoidal untuk melihat koefisien heat transfer gelombang menunjukkan hasil 5 – 10% lebih baik untuk gelombang non-sinusoidal (King & Jagannatha, 2009).

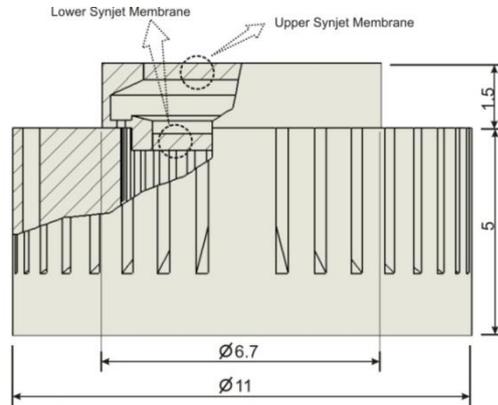
King dan Jagannatha telah menunjukkan bahwa penelitian mengenai synthetic jet menggunakan gelombang non-sinusoidal masih sangat kurang padahal penggunaan gelombang non-sinusoidal untuk synthetic jet menunjukkan koefisien heat transfer yang cukup baik.

Sehingga pada penelitian ini mencoba mengkarakterisasi eksitasi menggunakan fungsi gelombang triangle. Pada awalnya synthetic jet digunakan dalam bidang aerodinamika untuk memodifikasi lapisan batas agar dapat mengurangi drag atau gaya hambat. Kemudian synthetic jet ini dipakai dalam bidang perpindahan kalor untuk kontrol aliran termal konveksi.

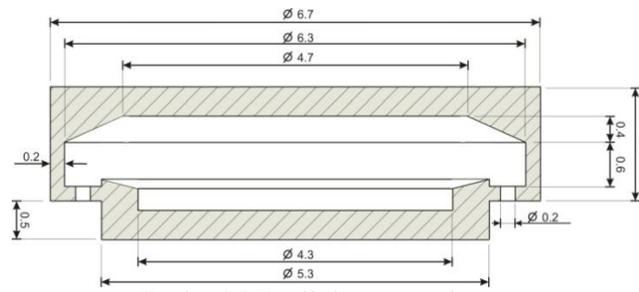
## 2. MODEL SYNTHETIC JET

### 2.1 Tata Letak

Synthetic jet yang ingin diuji membutuhkan rancangan prototype synthetic jet. Oleh karena itu perlu dibuat suatu model uji yang mampu menghasilkan aliran synthetic jet yang menghasilkan heat transfer coefficient yang baik. Rancangan model uji synthetic jet yang dibuat dan dipakai dalam eksperimen digambarkan dalam gambar 2.1 dan 2.2. Gambar 2.1 memperlihatkan detail model fisik susunan model synthetic jet dengan heat sink. Gambar 2.2 memperlihatkan aktuator synthetic jet secara detail. Aktuator synthetic jet diproduksi dengan material nilon.



Gambar 2.1 Susunan aktuator *synthetic jet* dengan *heat sink* (satuan cm)



Gambar 2.2 Detail aktuator *synthetic jet*

(satuan cm)

Untuk menjamin keseragaman format, makalah hendaknya mempunyai margin sebagai berikut:

- Margin atas sebesar 2 cm
- Margin kiri dan kanan berturut-turut adalah 2,5 dan 1,5cm.
- Margin bawah 2 cm, harus bebas dari tulisan, kecuali nomor halaman (bagian kanan bawah). Bagian terbawah catatan kaki (jika ada) harus diatas margin bawah.

### 2.2 Huruf dan Spasi

Badan makalah dicetak satu spasi dengan huruf Times New Romans 11 poin dengan spasi satu. Judul makalah dicetak tebal dengan Times New Romans 14 poin, nama dan afiliasi penulis ditulis dengan huruf Times New Romans 11 poin, dan abstrak (abstract) dicetak miring dengan huruf Times New Romans 10 poin.

Judul bagian : judul bagian dicetak tebal dengan huruf besar, dan diberi nomor.

Judul sub bagian : judul sub bagian dicetak tebal dengan gabungan huruf besar dan kecil.

### 2.3 Bahasa, Satuan dan Persamaan

Bahasa yang digunakan adalah Bahasa Indonesia yang baik dan benar atau Bahasa Inggris.

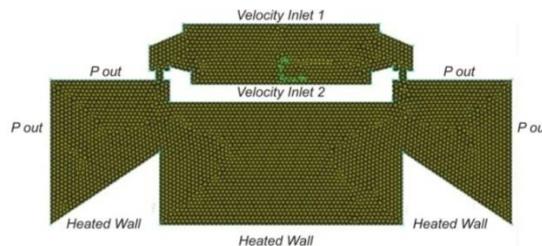
Penggunaan singkatan atau tanda-tanda mengikuti aturan nasional atau internasional. Satuan yang digunakan hendaknya mengikuti Sistem Satuan Internasional (SI).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahap Komputasional

Tahap komputasional merupakan tahapan untuk mendapatkan aliran fluida dan pola bidang termal dari *impinging synthetic jet* secara visual.

Tahap komputasional dimulai dengan proses pemodelan model *synthetic jet* yang telah di *meshing* menggunakan *software* Gambit (*Computational Fluid Dynamics/CFD*). Model komputasi dan *meshing* dari prototipe *synthetic jet* ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 *Boundary condition* komputasi *synthetic jet*

Model komputasi *synthetic jet* pada gambar 3.1 dipergunakan dalam analisis daerah aliran termal pada *synthetic jet* dengan menggunakan model matematika (model turbulensi) *k- $\omega$  SST (Shear Stress Transport)*. Model turbulensi ini digunakan karena mampu memprediksi daerah aliran dekat dinding dengan baik dan pada aliran *freestream*. Daerah kerja fluida udara diasumsikan bersifat *isothermal* dan *compressible* (mampu mampat). Suhu lingkungan diasumsikan 30 °C dan suhu bagian bawah dinding yang dipanaskan dibuat konstan pada suhu 60 °C. Dinding batas pada kedua sisi aktuator diasumsikan gerakan periodik membran yang berosilasi bergerak naik dan turun, dalam hal ini menggunakan UDF (*user define function*). Kondisi komputasi secara detail dijelaskan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Kondisi Komputasi

Computation Condition		
<i>Model settings</i>		
	2D, unsteady	
<i>Fluid</i>		
	Air	
<i>Fluid Properties</i>	<i>Density</i>	1.225 kg/m <sup>3</sup>
	<i>Viscosity</i>	1.7894 e <sup>-05</sup> kg/ms
	<i>Cp</i>	1006.43 J/kg-k
	<i>Thermal Conductivity</i>	0.0242 w/m-k
<i>Boundary condition</i>	<i>Velocity inlet 1,2</i>	UDF
	<i>Pressure outlet</i>	0 Pascal
	<i>Heater</i>	60 °C
	<i>Frekuensi</i>	80 hz, 120 hz, and 160 hz
	<i>Amplitude</i>	2 mm

UDF akan mendefinisikan pergerakan model membran sesuai dengan fungsi masukan yang diinginkan. Penentuan kondisi batas dengan fungsi masukan diperlukan untuk men-definisi gerakan dinding batas membran.

Pada kondisi awal ( $t=0$ ), posisi membran diasumsikan berada pada bagian bawah cavity. Gerakan membran diasumsikan sama dengan gerakan piston di dalam sebuah silinder, dimana model persamaan untuk fungsi gelombang triangle

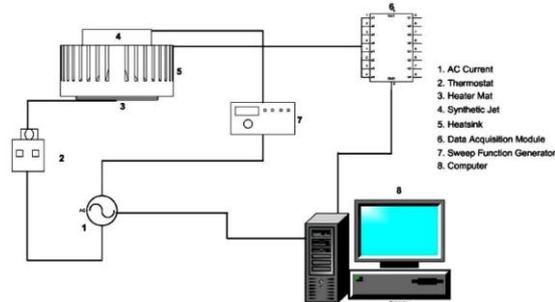
yaitu :

$$V = V_0 + \left\{ \frac{8}{\pi^2} \sum_{A=0,1,2,\dots}^{\infty} (-1)^A \frac{\sin\{(2A+1)2\pi ft\}}{(2A+1)^2} \right\}$$

dimana  $A$  merupakan *amplitude* maksimum yang terbentuk akibat gerakan membran di dalam *cavity* dan  $t$  adalah waktu eksperimen.

### 3.2 Tahap eksperimen

Tahap eksperimen merupakan tahapan untuk mengukur suhu pada *heatsink* dengan menggunakan *data acquisition module*. Susunan sistem eksperimen penelitian digambarkan pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Experimental Setup

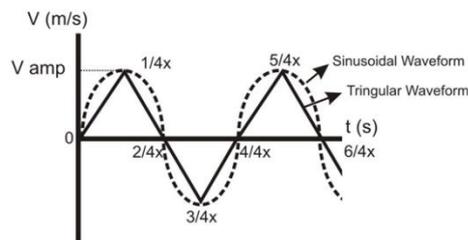
### 3.3 Pengambilan data

Proses pengambilan data eksperimen dilakukan dengan mengukur suhu pada *heatsink* di satu titik bagian atas *fin* dari *heatsink* dengan menggunakan alat *data acquisition module* yang terhubung komputer dengan tingkat akurasi pengukuran  $\pm 0.05$  °C. Sebelum eksperimen dilakukan, *heatsink* dipanaskan dengan sumber panas. Sumber panas yaitu berupa *heatermat* ditempatkan pada dasar *heatsink* dengan suhu 60 °C yang dikontrol menggunakan *thermostat* dan pengukuran dilakukan pada suhu lingkungan 30 °C. Kemudian dilakukan pengaturan sinyal elektrik gelombang *triangle* menggunakan *sweep function generator* beserta pengaturan frekuensi gelombang pada variasi gelombang 80 hz, 120 hz dan 160 hz. Pengambilan data dilakukan selama 2 jam dengan interval data per 1 detik pada setiap gelombang (80 hz, 120 hz, dan 160 hz).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Komputasi Countour Suction dan Blowing

Countour suction dan blowing dipergunakan untuk menunjukkan gerakan aliran yang terjadi di dalam sistem heat sink synthetic jet dalam dua fase. Dalam satu fase gelombang



Gambar 4.1 Skema Bentuk Gelombang

Pada gelombang *triangle* bentuk *Countour suction* dan *blowing* ditunjukkan pada tiap kedudukan waktu pada menit ke-0, 10, dan 120.

*Countour* vortisitas pada kondisi *suction* dan *blowing* pada gambar 4.2 memperlihatkan distribusi dan gerak vortisitas dalam satu fasa. Pada menit ke-0, fase  $1/4$  memperlihatkan aliran *blowing* yang ditandai dengan besarnya vortisitas pada sisi keluar membran. Pada fase  $2/4$  vortisitas yang keluar melemah karena masih berada pada waktu awal. Pada fase  $3/4$  mulai terbentuk vortisitas yang kuat pada sisi dalam *cavity* membran. Hal ini disebabkan karena membran berada pada fasa peralihan dari *blowing* ke *suction*. Pada fase  $4/4$  memperlihatkan vortisitas yang kuat dalam *cavity* membran karena berada dalam fasa *suction*. Pada menit ke-10 dan 120 terlihat vortisitas yang kuat terbentuk pada sisi dalam *cavity* membran. Pada menit ke-10 terjadi fasa *blowing* dari  $1/4$  ke  $3/4$  tetapi tidak terlalu terlihat kuat karena

visualisasi penggambaran *countour* pada sisi dalam membran yang masih kuat. Pada menit ke-120 terlihat *countour* vortisitas *blowing* yang kuat dari 1/4 sampai ke 3/4 dan *suction* pada 4/4.

Gambar 4.3 memperlihatkan *Countour* kecepatan pada kondisi *suction* dan *blowing* dalam satu fasa gelombang *triangle*. *Countour* kecepatan juga memperlihatkan hubungan antara *countour* vortisitas dan kecepatan yang linear. Apabila *countour* kecepatan dan vortisitas dibandingkan terlihat bahwa *countour* yang terbentuk antara keduanya hampir sama. Semakin tinggi kecepatannya, semakin kuat pula vortisitas yang terbentuk.

Pada gambar 4.4 memperlihatkan *countour* temperatur pada sistem saat mengalami *suction* dan *discharge*. Terlihat pada menit ke-0 belum ada pengaruh fase *suction* dan *discharge* pada aliran karena baru mulai terjadi efek konduksi. Pada menit 10 terlihat adanya pengaruh panas yang dibuang pada sisi *heat sink* dan temperatur yang tinggi pada sisi tengah *heat sink*. Pada menit 120 terlihat adanya akumulasi panas pada sisi dalam *cavity* membran akibat *suction* dan *discharge*.

Akumulasi panas dari 1/4 ke 4/4 terus berkurang disebabkan karena fase *discharge* membran.

## 4.2 Hasil Eksperimen

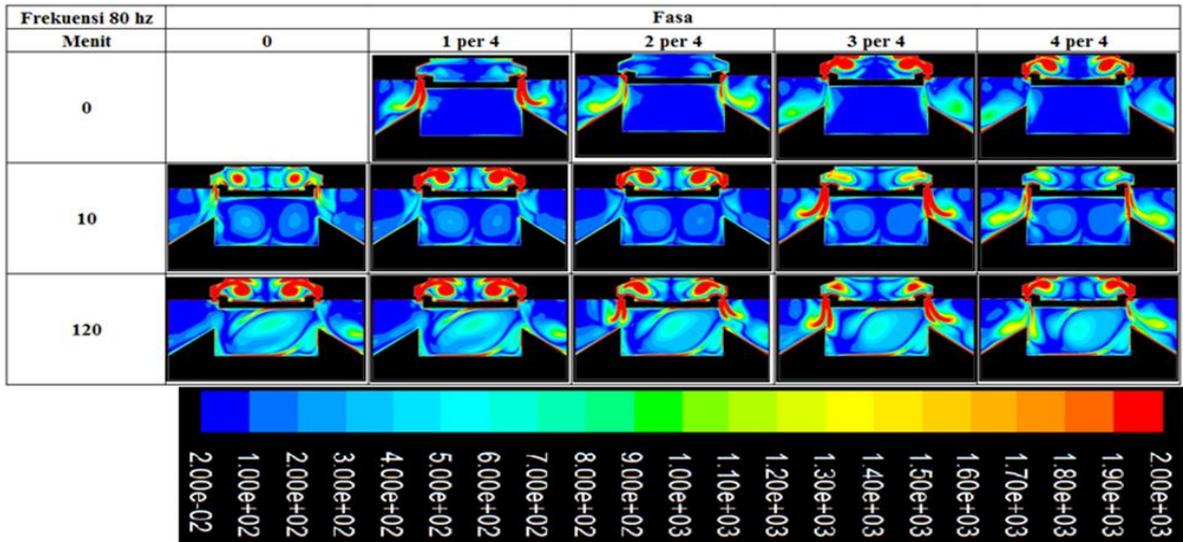
Tahap eksperimen dilakukan dengan mengamati perubahan temperatur pada satu titik *heat sink* pada kondisi ruang terbuka selama 120 menit. Pengambilan data dilakukan pada variasi frekuensi 80 hz, 120 hz, dan 160 hz dengan amplitude tetap 2 mm serta temperatur lingkungan +/- 28-30°C. Hasil pengambilan data disajikan dan dianalisis ke dalam dua grafik yaitu grafik perubahan temperatur terhadap waktu dan grafik koefisien perpindahan kalor konveksi terhadap waktu.

### 4.2.1 Analisis Perubahan Temperatur terhadap waktu

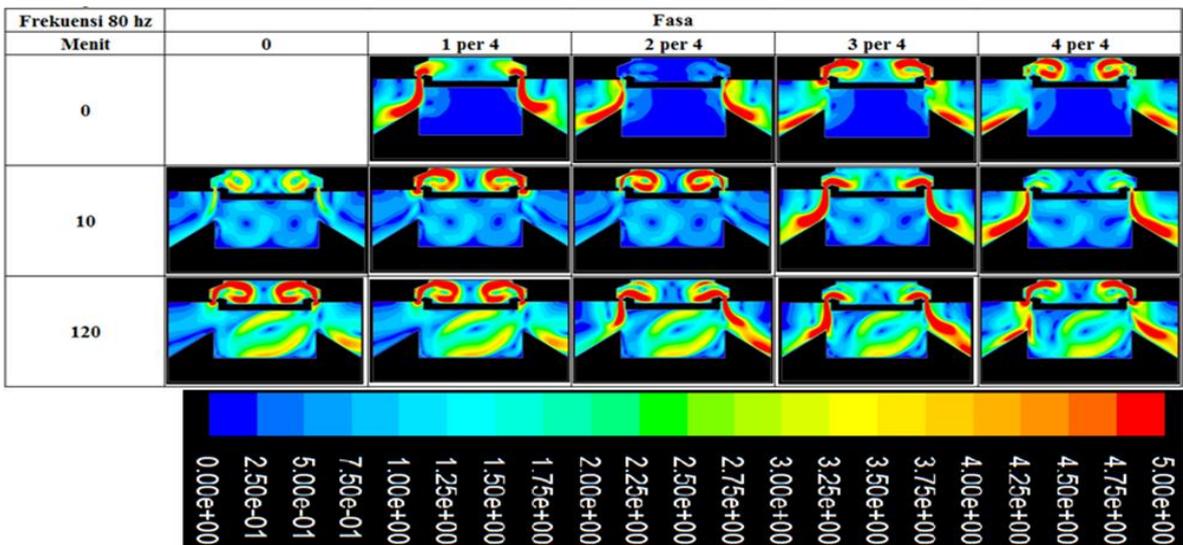
Gambar 4.5 menunjukkan karakteristik temperatur *synthetic jet* terhadap waktu. Terlihat pada grafik bahwa variasi frekuensi gelombang *triangle* memiliki pengaruh terhadap pendinginan *heat sink*.

Kecenderungan awal penurunan temperatur *heat sink* yang cepat semakin cepat mencapai temperatur terendah pada frekuensi yang semakin tinggi. Pada frekuensi 80 hz penurunan temperatur puncak dicapai pada waktu sekitar 15 menit dan kenaikan temperatur sebelum stabil dicapai pada waktu sekitar 30 menit setelah osilasi membran. Temperatur stabil model *synthetic jet* dengan gelombang *triangle* frekuensi 80 hz yaitu sekitar 58,3 oC atau menunjukkan trend pendinginan. Pada frekuensi 120 hz penurunan temperatur puncak dicapai pada waktu sekitar 10 menit dan kenaikan temperatur sebelum stabil dicapai pada waktu sekitar 30 menit setelah osilasi membran. Temperatur stabil model *synthetic jet* dengan gelombang *triangle* frekuensi 120 hz yaitu sekitar 59,0 oC atau dapat dikatakan tidak memiliki efek pendinginan yang baik. Pada frekuensi 160 hz penurunan temperatur puncak dicapai pada waktu sekitar 5 menit dan kenaikan temperatur sebelum stabil dicapai pada waktu sekitar 30 menit setelah osilasi membran. Temperatur stabil model *synthetic jet* dengan gelombang *triangle* frekuensi 160 hz yaitu sekitar 59,3 oC atau dapat dikatakan memiliki efek pendinginan yang buruk.

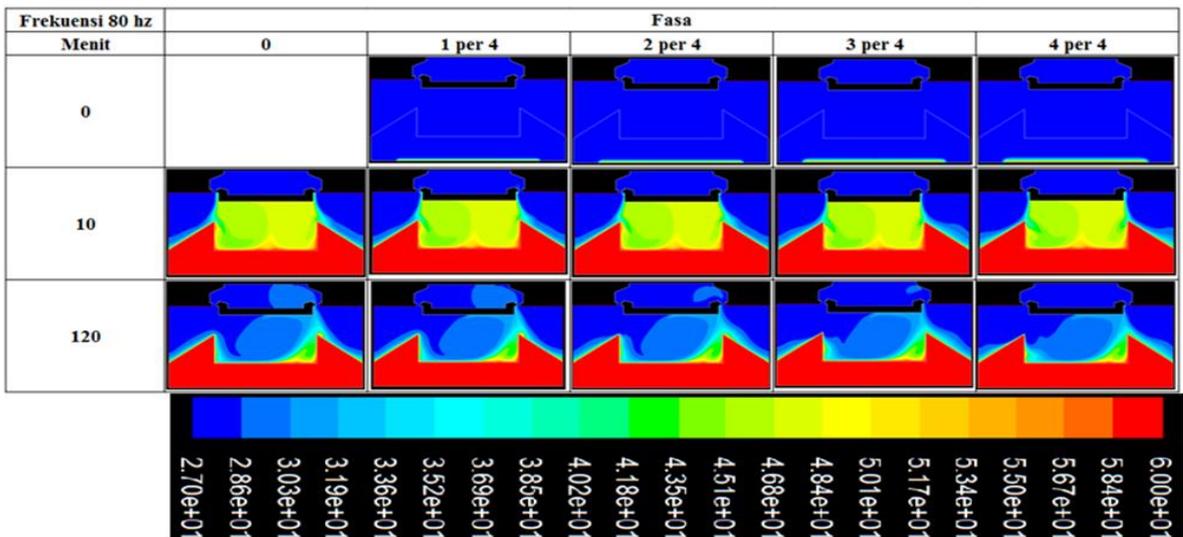
Gambar 4.5 juga memperlihatkan kecenderungan efek pendinginan yang jauh semakin baik pada frekuensi yang lebih rendah. Hal ini dimungkinkan karena adanya gerak osilasi membran dan pengaruh inersia aliran terhadap gerakan fluida. Estimasi temperatur CFD dengan eksperimen menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda.



Gambar 4.2 *Countour* vortisitas pada fase *suction* dan *blowing* dari 1/4 sampai 4/4



Gambar 4.3 *Countour* kecepatan pada fase *suction* dan *blowing* dari 1/4 sampai 4/4

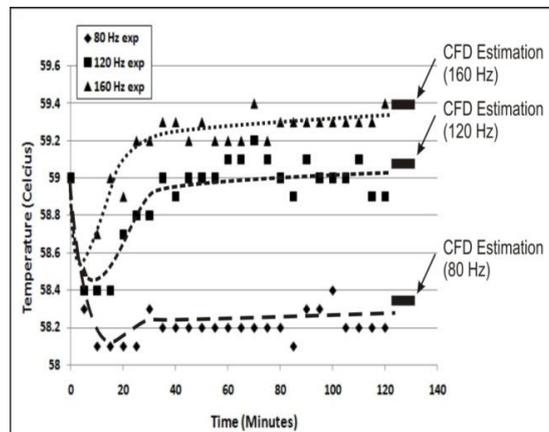


Gambar 4.4 *Countour* temperatur pada fase *suction* dan *discharge* dari 1/4 sampai 4/4

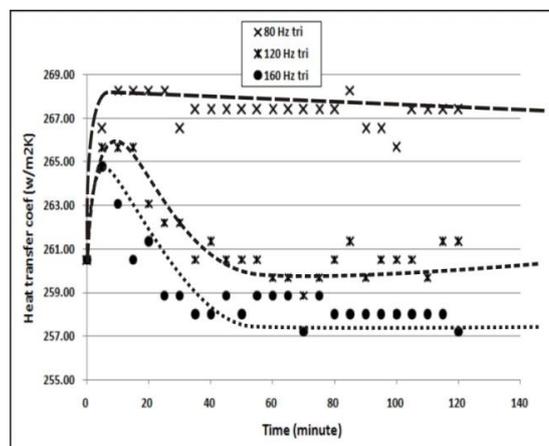
#### 4.2.2 Analisis Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi Terhadap Waktu

Gambar 4.6 memperlihatkan karakteristik koefisien perpindahan panas gelombang triangle dengan variasi 3 frekuensi terhadap waktu. Terlihat pada grafik bahwa dibutuhkan waktu untuk mencapai kestabilan koefisien heat transfer pada berbagai frekuensi synthetic jet. Trend pada grafik memperlihatkan kecenderungan naiknya koefisien perpindahan panas pada tahap awal pendinginan menggunakan fungsi gelombang triangle. Trend koefisien perpindahan kalor gelombang triangle meningkat sampai pada suatu nilai puncak kemudian mengalami penurunan. Penurunan koefisien perpindahan panas ini mulai terjadi pada waktu sekitar 10 menit setelah membran bergetar.

Pada frekuensi 80 hz, koefisien perpindahan kalor mencapai nilai puncak sekitar 268.5 W/m<sup>2</sup>K dan setelah itu mengalami kecenderungan penurunan secara perlahan. Pada frekuensi 120 hz, koefisien perpindahan kalor mencapai nilai puncak yaitu sekitar 266 W/m<sup>2</sup>K dan setelah itu mengalami penurunan drastis sampai sekitar 260 W/m<sup>2</sup>K setelah 50 menit. Pada menit ke 50 dan seterusnya nilai koefisien perpindahan kalor cenderung stabil. Pada frekuensi 160 hz, koefisien perpindahan kalor mencapai nilai puncak yaitu sekitar 265 W/m<sup>2</sup>K dan setelah itu juga mengalami penurunan drastis seperti halnya pada frekuensi 120 hz serta mencapai kecenderungan kestabilan setelah sekitar 50 menit membran beresilasi. Grafik koefisien perpindahan kalor juga menunjukkan bahwa gelombang triangle dengan frekuensi 80 hz memiliki efek pendinginan yang terbaik dibanding pada frekuensi 120 hz dan 160 hz. Bahkan pada frekuensi 120 dan 160 hz nilai koefisien perpindahan kalor setelah 50 menit berada di bawah nilai awalnya. Hal tersebut menunjukkan buruknya efek pendinginan pada kedua frekuensi. Hal tersebut disebabkan karena akumulasi panas yang terjadi di dalam cavity synthetic jet yang tidak mampu diimbangi dengan pembuangan panas di dalamnya seiring dengan terus berjalannya fase suction dan discharge.



Gambar 4.5 Grafik temperatur pendinginan *synthetic jet* terhadap waktu



Gambar 4.6 Grafik koefisien perpindahan kalor *synthetic jet* terhadap waktu

## 5. KESIMPULAN

Penelitian mengenai synthetic jet dengan gelombang triangle telah berhasil menunjukkan karakteristik dan efek pendinginan yang baik dengan memberikan nilai koefisien perpindahan kalor sebesar 268.5 w/m<sup>2</sup>K. Suatu studi komputasional dan eksperimental telah dilakukan pada sebuah modul synthetic jet dengan desain orisinal. Dua buah membran piezoelektrik bergetar dan menggerakkan udara dalam cavity synthetic jet. Hasil studi menunjukkan adanya pengaruh jumlah fase suction dan discharge akibat variasi frekuensi osilasi terhadap efek pendinginan. Hasil studi komputasional dengan visualisasi aliran udara menggunakan software CFD Fluent memperlihatkan bahwa pergerakan membran berhasil menciptakan aliran udara dengan efek pendinginan.

Countour kecepatan mempunyai nilai 5 m/s menunjukkan momentum yang cukup bagi synthetic jet untuk menghasilkan efek pendinginan. Countour vortisitas menunjukkan potensi aliran synthetic jet untuk mengambil dan membuang kalor. Countour temperatur menunjukkan efek penurunan temperatur akibat adanya synthetic jet. Hasil studi eksperimental menunjukkan bahwa terjadinya efek pendinginan oleh synthetic jet. Efek pendinginan dengan gelombang triangle frekuensi 80 hz menunjukkan adanya penurunan temperatur dengan nilai 0.9 oC, tetapi pada frekuensi 120 dan 160 hz memperlihatkan hasil lebih rendah dari nilai 0.9 oC tersebut. Hal tersebut berarti bahwa pada frekuensi osilasi yang lebih rendah menunjukkan potensi pendinginan yang lebih baik. Koefisien perpindahan kalor pada frekuensi 80 hz juga menunjukkan peningkatan sehingga dapat menghasilkan pendinginan yang baik sedangkan pada frekuensi 120 dan 160 hz menunjukkan adanya kecenderungan penurunan nilai koefisien perpindahan kalor.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- [1] Clemens J.M. Lasance., Ronald M. Aarts (2008). " Synthetic Jet Cooling Part I: Overview of Heat Transfer and Acoustics ". pp. 20-25.
- [2] Clemens J.M. Lasance., Ronald M. Aarts., Okke Ouweltjes (2008). " Synthetic Jet Cooling Part II: Experimental Results of an Acoustic Dipole Cooler " IEEE. pp. 26-31.
- [3] Department of Chemical Engineering and Biotechnology, University of Cambridge (n.d.). Hydrodynamic voltammetry. June 7, 2011. <http://www.ceb.cam.ac.uk/pages/hydrodynamic-voltammetry.html>.
- [4] Haliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2000). *Fundamental of Physics* (6th ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Harinaldi, Rhakasywi, D., & Defriadi, R. (2011). Flow and heat transefer characteristics of an impinging synthetic air jet under sinusoidal and triangular wave forcing. *IJET-IJENS*: 2011.
- [6] Holman, J.P. (1986). *Heat Transfer* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.
- [7] Jagannatha, D., Narayanaswamy, R., & Chandratilleke, T.T. (2007). Performance characteristics of a synthetic jet module for electronic cooling. pp. 1-10.
- [8] King, A.J.C., & Jagannatha, D. (2009, July). Simulation of synthetic jets with non-sinusoidal forcing functions for heat transfer applications. Paper presented at the 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia.
- [9] Mahalingam, R., Heffington, S., Lee, J., & Schwickert, M. (2006). Newisys server processor cooling augmentation using synthetic jet ejectors. *IEEE*, pp. 705-709.
- [10] Mahalingam, Raghav (2007). Modeling of synthetic jet ejectors for electronics cooling. Paper presented at the 23rd IEEE SEMI-THERM Symposium.
- [11] McGuinn, A., Persoons, T., Valiorgue, P., O'Donovan, T.S., & Murray, D.B. (2008). Heat transfer measurements of an impinging *synthetic air jet with constant stroke length*. Paper presented at the 5<sup>th</sup> European Thermal-Sciences Conference, Netherlands.
- [12] Munson, Bruce R., Young, Donald F., Okiishi, Theodore H. (2004). *Mekanika Fluida* (Harinaldi & Budiarmo, Penerjemah). Jakarta: Erlangga.
- [13] Persoons, T., O'Donovan, T.S., & Murray, D.B. (2008, July). *Improving the measurement accuracy of PIV in a synthetic jet flow*. Paper presented at the 14<sup>th</sup> International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, Lisbon, Portugal.
- [14] Sharma, R.N. (2007, December). *Some insights into synthetic jet actuation from analytical modelling*. Paper presented at the 16<sup>th</sup> Auatralasian Fluid Mechanics Conference.
- [15] Tesar, V., Chuan, H.H., & Zimmerman, W.B. (2005). No-moving-part hybrid-synthetic jet actuator. *SNA-4850*, pp. 1-11.

- [16] Tuakia, Firman. (2008). Dasar - Dasar CFD menggunakan FLUENT. Bandung: Informatika.
- [17] Zhang, JingZhou, & Tan, XiaoMing (2007). Experimental study on flow and heat transfer characteristics of synthetic jet driven by piezoelectric actuator. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 50, 221-229.
- [18] *Productivity: Economic Revolution and the Future 500.*

## REKONDISI RUMAH BEARING UNTUK MENGATASI KEBOCORAN OLI PADA REDUCER HARROW RECLAIMER LIMESTONE

Satria Abdurrahman Fauzi

Politeknik Negeri Jakarta, alamat Jalan kendeng nomor 144 Sidanegara Cilacap, 085747086273,  
satriaabdurrahman.holcim@gmail.com

### Abstrak

*Reducer adalah alat yang berfungsi sebagai pengubah daya dari motor dan akan diteruskan untuk menggerakkan chain penggerak harrow reclaimer. Bagian bagian dari reducer antara lain gear penggerak, rumah bearing, bearing, poros, oli. Oli tersebut berfungsi sebagai pelumas. Tujuan penelitian ini adalah merekondisi rumah bearing untuk mengatasi kebocoran oli pada reducer harrow reclaimer. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana rekondisi dilakukan untuk mengatasi kebocoran oli. Rekondisi ini dilakukan dengan cara: pengosongan oli dalam reducer, pelepasan gear reducer, pengelasan rumah bearing, pembubutan pada rumah bearing, setelah itu dilakukan pemasangan gear dan rumah bearing pada reducer, menganalisis hasil rekondisi, menyusun kesimpulan dan membuat laporan. Penelitian ini juga dilakukan terhadap poros motor mengenai keausan. Rekondisi kebocoran oli pada reducer merupakan salah satu solusi untuk kelancaran operasi reclaimer*

**Kata Kunci :** reducer, rekondisi, poros.

### Abstract

*Reducer is an equipment that convert power from the motor and will be forwarded to move the drive chain harrow reclaimer. Parts of the reducer are: gear, bearings, shafts, and oil. The oil serves as a lubricant and it turned out to be leaking oil. The goal of this paper is to solve the oil leaks on harrow reclaimer reducer. The problem that arises is how do to recondition oil leakage. Reconditioning is done by: discharging oil in the reducer, disassembling gear reducer, welding bearing house, turning on bearing house, after it was installed gear and bearing houses on the reducer, analyzed from reconditioning, conclude and make a report. Studies were also conducted on the motor shaft on ovality of shaft with this recondition we hope oil leaks on the reducer can be resolved so that the smooth operation of the reclaimer.*

**Keywords:** reducer, reconditioning, shaft.

## 1. PENDAHULUAN

Reducer adalah alat yang berfungsi untuk menyesuaikan daya atau torsi (momen/daya) dari motor yang berputar, dan merupakan alat pengubah daya dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar. Dalam reducer harrow reclaimer tipe reducer yang digunakan adalah MR 31 320 UP2A.

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Reclaimer adalah alat yang berfungsi sebagai prehomogenisasi (pencampuran awal) material yang ada di pabrik PT Holcim Cilacap Tbk, dan sebagai penyimpanan cadangan material. Pencampuran awal sangat diperlukan karena kandungan kimia yang terdapat pada bahan baku bervariasi. Pencampuran awal pada industri semen digunakan pada bahan baku utama antara lain batu kapur (limestone), dan tanah liat. Batu kapur merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam industri semen, mencakup 70% dari bahan baku utama pembuatan semen.

Reclaimer limestone merupakan alat yang digunakan untuk meruntuhkan material limestone dari stockpile. Alat tersebut tentu saja membutuhkan perhatian lebih, karena jika terjadi kerusakan akan membuat transportasi bahan baku ke proses selanjutnya terganggu atau bahkan mengakibatkan Rawmill stop yang dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Salah satu masalah yang terjadi pada reclaimer limestone adalah kebocoran oli pada reducer harrow. Harrow adalah alat yang berfungsi untuk merontokan limestone ke scrapper yang nantinya akan dibawa oleh belt conveyor menuju proses selanjutnya. Kebocoran tersebut merupakan masalah yang sudah terjadi sejak februari 2015. Motor harrow yang berputar bolak-balik membuat beban yang ditanggung oleh shaft lebih besar. Adanya getaran pada reducer dan motor menyebabkan oli bocor keluar bahkan menyebabkan seal oli rusak. Akibatnya penambahan oli sering dilakukan pada reducer atau penggantian

seal ketika kebocoran semakin parah. Waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan pun tidaklah singkat karena reclaimer harus berhenti beroperasi saat melakukan pekerjaan tersebut, sehingga membuat proses produksi terganggu. Getaran juga mengakibatkan rumah bearing mengalami keausan sehingga memperparah kebocoran reducer. Berdasarkan latar belakang tersebut maka akan dilakukan rekondisi pada reducer untuk mengatasi masalah kebocoran oli.

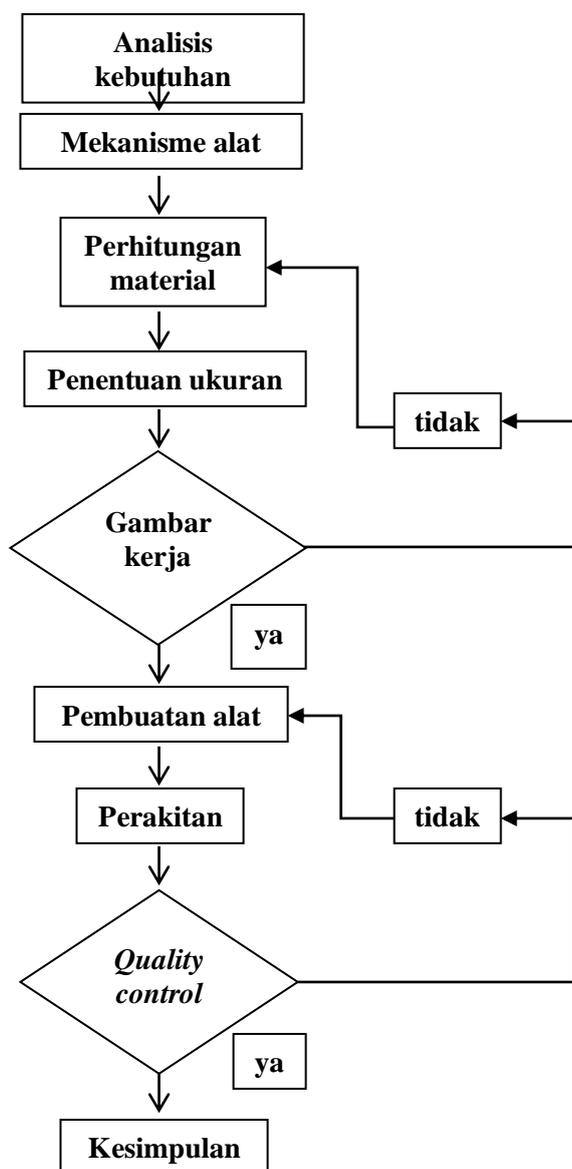
### 1.2 Tujuan

Reducer merupakan bagian yang penting dalam meneruskan daya dari motor. Kebocoran yang sering terjadi pada reducer harrow dapat mengganggu proses pembuatan semen. Dengan melakukan rekondisi ini diharapkan dapat menentukan penyebab masalah tersebut dan mengatasi masalah kebocoran oli pada reducer reclaimer limestone.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan makalah berguna untuk mengarahkan penyelesaian makalah agar mencapai tujuan dan menjawab permasalahan yang telah dirumuskan dengan beberapa tahap agar lebih terarah.

### 2.1 Diagram alir penelitian



Gambar 1 menjelaskan tentang diagram alir penelitian.

## 2.2 Penjelasan diagram alir

### 1. Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan terhadap alat yang akan direkondisi, kebutuhan yang dimaksudkan antara lain spesifikasi dari reducer, survey lapangan, serta material yang dibutuhkan dalam rekondisi.

Spesifikasi reducer harrow reclaimer limestone sbb.:

Jenis reducer : parallel shaft ROSSI MR 31 320 UP2A

Reduksi rasio : 78 : 8

Material rekondisi :

Kawat las NSN 312 untuk pengelasan housing bearing yang aus

Round bar VCL 140 untuk pembuatan hollowshaft tambahan dan pasak.

Ball bearing 6312 sebagai bearing tambahan.

### 2. Mekanisme alat

Reducer adalah alat untuk menyesuaikan daya dan torsi dari motor. Putaran motor akan diubah kecepatan dan torsinya oleh reducer yang nantinya digunakan untuk memutar sprocket dan menggerakkan harrow reclaimer.

### 3. Perhitungan material

Dalam tahap ini material yang akan digunakan dalam rekondisi di hitung kebutuhannya. Perhitungan dilakukan untuk pembuatan shaft tambahan yang akan dipasang pada reducer serta pengelasan housing bearing.

Tabel 1. Kebutuhan material

Material	Jumlah
Round bar VCL 140	1 EA, 250 mm
Round bar VCL 140	1 EA, 100 mm
Kawat las RD 360	1 box
Bearing 6312	1 EA

### 4. Penentuan ukuran

Di tahap ini shaft yang akan dibuat ditentukan ukurannya. Setelah itu dilakukan pengukuran terhadap housing bearing. Penentuan ukuran housing bearing dimaksudkan untuk mempermudah proses pembubutan agar sesuai dengan dimensi awal .

### 5. Gambar kerja

Dalam tahap ini gambar dari alat yang telah didesain dipaparkan dan diteliti oleh pembimbing lapangan.

### 6. Pembuatan alat

Proses pembuatan alat dilakukan setelah gambar kerja disetujui oleh pembimbing lapangan. Pembuatan alat meliputi pembuatan poros tambahan dan pasak.

### 7. Perakitan

Setelah alat modifikasi dibuat, dalam proses ini, perakitan yang dimaksud adalah rekondisi yang dilakukan pada reducer.

### 8. Quality kontrol

Tahap quality kontrol dimaksudkan untuk mengecek rekondisi yang telah dilakukan. Pengecekan dilakukan menyeluruh terhadap kondisi reducer dan pemasangan dilapangan.

9. Kesimpulan

Dalam tahap ini dilakukan analisa hasil rekondisi reducer, pengumpulan data di lapangan serta saran yang dapat disusun.

2.3 Waktu dan tempat

Tempat pelaksanaan penelitian di workshop mekanik PT Holcim Indonesia Tbk - Cilacap. Waktu pelaksanaan rekondisi dimulai pada bulan Februari dan reducer yang telah direkondisi dipasang pada bulan Maret 2016.

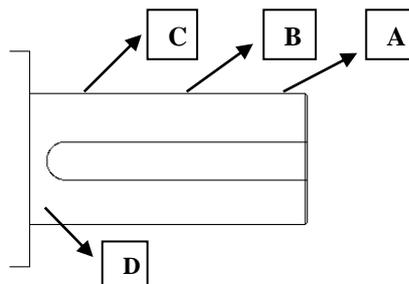
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penyebab kebocoran oli reducer

Berdasarkan pengamatan di lapangan kebocoran oli yang terjadi pada reducer dikarenakan keausan pada rumah bearing reducer. Kebocoran juga diperparah karena shaft motor seharusnya memiliki diameter 65 tetapi karena mengalami keausan dimensi shaft berkurang. Berikut hasil pengukuran shaft di 4 titik yang telah dilakukan.

Tabel 2. Ukuran poros motor

A	65.01
B	64.72
C	64.65
D	65.01



Gambar 2. Poros motor

Shaft yang aus menyebabkan adanya getaran pada shaft reducer, sehingga seal oli tidak bekerja, akibatnya oli merembes keluar dari input shaft.

3.2 Perhitungan kerugian

Data: kebocoran oli pada reducer harrow adalah 25 liter per hari

Harga oli omala 320 per drum (209 liter) Rp. 5.256.768,00

Harga oli per liter adalah:

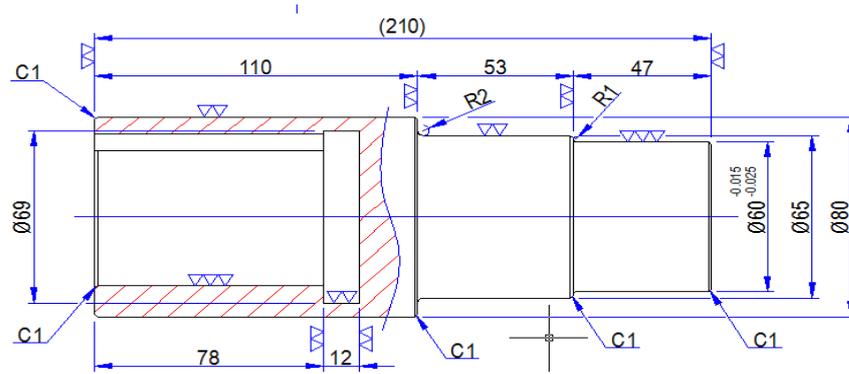
$$5.256.768 : 209 = \text{Rp. } 25.152,00$$

Sehingga kebocoran oli yang terjadi dalam 1 shift adalah

$$\text{Rp. } 25.152 \times 25 = \text{Rp. } 628.800,00$$

3.3 Pembuatan poros dan pasak

Untuk mengatasi kebocoran oli akan dibuat poros tambahan untuk menumpu gear step 1 agar tidak terjadi defleksi. Rancangan yang akan dibuat sebagai berikut:



Gambar 1. Poros

Perhitungan

momen puntir poros

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P}{n} \quad [\text{persamaan 1}]$$

Dimana :

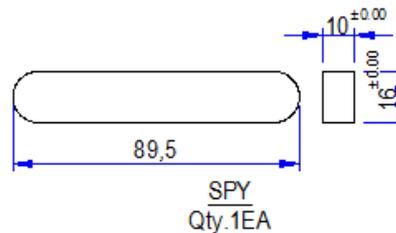
P = daya motor = 75 kW

n = putaran stasioner = 1478 rpm

sehingga :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{75}{1478}$$

$$T = 49424,8985 \text{ [kgmm]}$$



Gambar 2. Pasak

Perhitungan gaya tangensial pasak (F)

$$F = \frac{T}{d/2} \quad [\text{persamaan 2}]$$

Dimana :

T = momen puntir poros

d = diameter poros (55 mm)

$$F = \frac{T}{d/2}$$

$$F = \frac{49424,8985}{55/2}$$

$$F = 1797,269 \text{ [Kg]}$$

Perhitungan gaya geser permukaan rencana pasak ( $\tau_k$ )

$$\tau_k = \frac{F}{b \times l} \quad \text{[persamaan 3]}$$

Dimana :

F = gaya tangensial pasak

b = lebar pasak 16 mm

l = panjang pasak 89,5 mm

sehingga :

$$\tau_k = \frac{F}{b \times l}$$

$$\tau_k = \frac{1797,269}{16 \times 89,5}$$

$$\tau_k = 1,255 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

Perhitungan gaya geser permukaan ijin ( $\tau_{ka}$ )

$$\tau_{ka} = \tau_b / (S_{fk1} \times S_{fk2}) \quad \text{[persamaan 4]}$$

$$\tau_{ka} = \frac{101,93}{6 \times 3}$$

$$\tau_{ka} = 5,66 \text{ Kg/mm}^2$$

Lebar pasak

$$\frac{16}{55} \times 100\% = 29\% \text{ dari diameter poros}$$

Panjang pasak

$$\frac{89,5}{55} = 1,6 \text{ kali diameter poros}$$

### 3.4 Tahap rekondisi

Setelah perencanaan poros dan pasak dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan proses rekondisi. Urutan rekondisi reducer harrow reclaimer limestone adalah:

1. Pengosongan oli dalam reducer
2. Pelepasan gear reducer
3. Pengelasan rumah bearing
4. Pembubutan rumah bearing
5. Pembuatan poros tambahan dan pasak
6. Pemasangan gear dan rumah bearing
7. Pemasangan cover reducer dan seal oli.
8. Quality control dan pengamatan hasil rekondisi.

Perhitungan umur rekondisi

Dalam hal ini umur rekondisi ditentukan oleh umur bearing. Pada step 1 terdapat 2 bearing yaitu bearing NUP 2312 ECP dan bearing 6312

Rumus perhitungan umur bearing 6312

Spesifikasi bearing

$$D = 130 \text{ mm} \quad C_o = 52 \text{ kN}$$

$$d = 60 \text{ mm} \quad C = 85,2 \text{ kN} \times 0,1019 = 8687,98 \text{ kgf}$$

$$\text{limit speed} = 7000 \text{ Rpm} \quad \text{rpm motor} = 1478$$

$$B = 31 \text{ mm} \quad P_u = 2,20 \text{ kN}$$

$$\text{rating speed} = 11000 \text{ Rpm}$$

Faktor kecepatan bearing (Fn)

$$F_n = \left( \frac{33.3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \quad [\text{persamaan 5}]$$

Dimana:

N = putaran (Rpm)

$$F_n = \left( \frac{33.3}{1478} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$F_n = 0,282$$

Faktor umur (Fh)

$$F_h = F_n \frac{C}{P} \quad [\text{persamaan 6}]$$

Dimana:

C = Kapasitas bantalan dinamis

P = daya kerja maksimum

$$F_h = 0.282 \times \frac{8687,98}{75}$$

$$F_h = 32,667$$

Umur nominal bearing (Lh)

$$L_h = 500 \times (F_h)^3 \quad [\text{persamaan 7}]$$

$$L_h = 500 \times (32,667)^3$$

$$L_h = 1743001,5 \text{ [jam]}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa umur bearing yaitu 1743001,5 jam dan dapat dikatakan bahwa umur bearing cukup lama.

Perhitungan umur bearing NUP 2312 ECP

Spesifikasi bearing

$$D = 130 \text{ mm} \quad \text{Rating speed} = 5600 \text{ rpm} \quad \text{motor speed} = 1478 \text{ rpm}$$

$$d = 60 \text{ mm} \quad \text{limit speed} = 6700 \text{ rpm} \quad C_o = 265 \text{ kN}$$

$$B = 46 \text{ mm} \quad \text{massa} = 2.866 \text{ kg} \quad P_u = 34,5 \text{ kN}$$

$$C = 260 \text{ kN} \times 0,1019 = 26512,62 \text{ kgf}$$

faktor kecepatan bearing (Fn)

$$F_n = \left( \frac{33.3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \quad [\text{persamaan 8}]$$

Dimana:

N = putaran (Rpm)

$$F_n = \left( \frac{33.3}{1478} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$F_n = 0,282$$

Faktor umur (Fh)

$$F_h = F_n \frac{C}{P} \quad \text{[persamaan 9]}$$

Dimana:

C = Kapasitas bantalan dinamis

P = daya kerja maksimum

$$F_h = 0.282 \frac{26512,62}{75}$$

$$F_h = 99,687$$

Umur nominal bearing (Lh)

$$L_h = 500 \times (F_h)^3 \quad \text{[persamaan 10]}$$

$$L_h = 500 \times (99,687)^3$$

$$L_h = 4953196,8 \text{ [jam]}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan umur bearing NUP 2312 ECP 4953196,8 jam.

Setelah pemasangan reducer di lapangan, dilakukan pengamatan terhadap kondisi reducer dari tanggal 24 Maret hingga 25 Mei 2016. Dari hasil dilapangan reducer berfungsi dengan baik dan tidak terdapat kebocoran seperti yang terjadi sebelumnya.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Data menunjukan bahwa reducer tidak mengalami kebocoran seperti sebelumnya sehingga rekondisi dapat dikatakan berhasil dan umur dari rekondisipun baik, dengan syarat beban yang diterima oleh reducer tidak melebihi batas.
2. Penyebab terjadinya kebocoran adalah keausan pada housing reducer.
3. Kerugian yang disebabkan kebocoran oli reducer per shift adalah Rp. 628.800,00

### 4.2 Saran

Beberapa saran dari penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya pengecekan rutin terhadap motor reducer perlu diganti atau mengganti shaft motor secara periodik.
2. Perlu adanya pengecekan rutin terhadap toleransi shaft motor terhadap reducer serta kebulatan.

## 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA). TA dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (Amd). Gelar pada Dipoma III Kerjasama Politeknik Negeri Jakarta-PT. Holcim Indonesia Tbk, Program EVE. Penyelesaian TA sulit, dan mendapat bantuan/bimbingan dari

berbagai pihak sejak masa perkuliahan sampai pada penyusunan TA. Selayaknyalah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Drs. Sidiq. ST. MT, selaku dosen pembimbing dan bapak Suparno selaku pembimbing lapangan yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu penyusunan TA.

Dr. Benyamin. M. Eng., B.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin PNJ dan Bapak Priyitno selaku koordinator Program EVE PT Holcim Indonesia Tbk.

EVE team yang telah dengan sabar mengarahkan saya sejak awal pendidikan di EVE hingga penyusunan TA.

Bapak Suparno, Taufik, Djatmiko, Agus Munandar, Kuntoro, Slamet, Abdurrahman atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan selama berada di Mechanical Workshop department.

Kontraktor SDH yang telah banyak membantu dalam penyusunan TA.

Orang tua dan keluarga yang telah mendukung dan mendoakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Rekan-rekan EVE 9 yang telah membantu hingga terselesaikannya TA ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan rekan rekan yang telah membantu. Semoga tugas akhir penulis dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] EVE Holcim. 2001. Student Manual 1st semester.
- [2] <http://blog.ub.ac.id/eka76>. 2012. keausan dan uji keausan. 30 05. Diakses 31 Mei, 2015.
- [3] <http://www.artikel.teknologi.com>. 2015. *Pengertian Bearing*. Diakses Desember 20, 2015
- [4] <http://siembah96.blogspot.com>. Diakses 11 Januari, 2015.
- [5] 2014. *Pengertian Gearbox*. Diakses 11 Januari, 2015.
- [6] Rossi. 2008. *Parallel Rectangle Reducer Catalogue*. Diakses 11 Januari, 2015.
- [7] SKF. 2013. *Rolling Bearing Catalogue*. SKF.
- [8] Sularso, dan Suga, Kiyokatsu. 1997. *Dasar-Dasar Perencanaan Dan Pemeliharaan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.



# ANALISIS KERUSAKAN PADA *FORKLIFT* DENGAN METODE DIAGRAM TULANG IKAN DI PT. XYZ

Chris Wahyu Nur Rachman dan Ade Sumpena

Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta  
chriswahyu.ok@gmail.com

## Abstrak

*PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi mobil. Forklift menjadi alat penunjang produksi yang paling dibutuhkan dan sering digunakan. Tingkat pemakaian yang tinggi mengakibatkan forklift rentan terhadap kerusakan. PT. XYZ menerapkan Autonomous Maintenance dalam memelihara forklift yang dimilikinya. Kerusakan pada forklift sering terjadi meskipun kegiatan perawatan rutin dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kerusakan yang sering terjadi dan penyebab utama kegagalan sistem perawatan. Untuk menentukan kerusakan yang sering terjadi dan penyebab kegagalan sistem perawatan, maka diperlukan analisis dan metode yang dapat dijadikan acuan data penelitian. Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah dengan observasi langsung dan menggunakan metode Root Cause Analysis (RCA). Pelaksanaan kegiatan pemeliharaan forklift di PT. XYZ masih belum berjalan dengan baik. Hal ini ditandai dengan masih banyaknya kerusakan-kerusakan yang terjadi pada forklift yang digunakan meskipun rutinitas kegiatan perawatan selalu dilakukan. Kerusakan yang sering terjadi pada forklift adalah pada sistem elektrik. Penyebab kegagalan sistem perawatan terdiri dari beberapa faktor yaitu operator, mesin, metode, dan biaya. Ketergantungan operator forklift dan keahlian teknisi menjadi penyebab utama kegagalan sistem perawatan yang diterapkan pada forklift yang digunakan.*

**Kata Kunci:** Forklift, Autonomous Maintenance, Root Cause Analysis

## Abstract

*PT. XYZ is manufacturing companies who producing car. Forklifts be instrumental supporting the much needed production and often used. The use of high caused forklifts fragile to destruction. PT. XYZ apply Autonomous Maintenance to take care of their forklift. Damage to forklift frequent although the routine maintenance done. This study aims to determine damage was often the case and the main cause system failure care. To determine the damage was often the case and causes failure care system, then required analysis and the methods that can be used as reference of lab data. Methods used in to do this research is to direct observation and uses the Root Cause Analysis (RCA). The implementation of maintenance activities in forklifts in PT. XYZ still not going well. It is characterized by there are still many the destruction in forklifts used although routine activities care is always done. The damage often occurs in forklifts is on a electrical system. Causes failure care system consisting of several factors that is operator, machine, method, and money. Dependence operator forklifts and expertise technician are the main cause of system failure care applied to forklifts used.*

**Keywords:** Forklift, Autonomous Maintenance, Root Cause Analysis

## 1. LATAR BELAKANG DAN TUJUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di dunia perindustrian, berbagai macam peralatan angkut sangatlah diperlukan. Selain digunakan sebagai penunjang kelancaran kegiatan operasional, alat-alat angkut ini juga digunakan agar dapat menghemat waktu pekerjaan. Jika waktu terbuang, maka kegiatan operasional tidak akan beroperasi dengan baik. *Forklift* merupakan salah satu peralatan yang sangat dibutuhkan perusahaan manufaktur dalam menunjang kelancaran kegiatan operasionalnya. *Forklift* adalah *material handling* yang umumnya diterapkan dalam pekerjaan bongkar muat pada industri *logistic*, juga sebagai fasilitas manufaktur, gudang, lokasi konstruksi. Fungsi *Forklift* adalah sebagai alat transportasi pengangkut barang-barang berat.

Usaha mempertahankan nilai guna mesin atau peralatan pada industri manufaktur, dilihat dari segi mesin dan peralatannya adalah dengan menerapkan sistem perawatan pada mesin dan peralatan yang tersedia seoptimal mungkin. *Autonomous Maintenance* adalah perawatan mandiri mesin yang dilakukan oleh operator mesin. Bila selama ini operator hanya dilatih untuk mengoperasikan mesin, maka dalam sistem ini operator dilibatkan dalam proses pemeliharaan. Operator hendaknya dilatih untuk mampu mendeteksi kejanggalan-kejanggalan kecil pada mesin dan melakukan perbaikan sendiri. Sasaran *Autonomous Maintenance* adalah mengembangkan kemampuan operator agar mampu mendeteksi gejala kerusakan

sebelum terjadinya kerusakan yang sesungguhnya. Untuk itu terlebih dahulu operator harus menciptakan tempat kerja yang teratur sehingga setiap penyimpangan mesin dapat terdeteksi dengan cepat. Dengan mengaplikasikan prinsip *Autonomous Maintenance*, kita dapat meminimalisir kerusakan pada mesin. Masalah yang umum terjadi pada mesin misalnya kotor, mur dan baut hilang atau kendur, oli jarang diganti atau kurangnya pelumasan, kebocoran, bunyi-bunyi tak normal, getaran berlebihan, filter kotor, dan sebagainya dapat diatasi dengan menerapkan *Autonomous Maintenance*.

Perawatan *forklift* dilakukan dengan menerapkan AM (*Autonomous Maintenance*) yang merupakan bagian dari *Total Productive Maintenance*. AM (*Autonomous Maintenance*) adalah sekumpulan aktivitas perawatan yang dilakukan oleh operator produksi untuk memelihara mesin dan peralatan yang mereka gunakan sehari-hari dengan tidak tergantung mutlak pada bagian *engineering*.

Namun pada prakteknya, kerusakan tetap terjadi mulai dari kerusakan yang besar hingga kerusakan kecil meskipun kegiatan perawatan sering dilakukan. Karena itu, diperlukan pembahasan untuk menentukan kerusakan yang sering terjadi dan menentukan penyebab kegagalan sistem perawatan pada *forklift*. Hal ini yang menjadi bahan penulisan tugas akhir tentang permasalahan yang terjadi pada penerapan *Autonomous Maintenance* di PT. XYZ.

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan kerusakan yang sering terjadi dan menentukan penyebab kegagalan sistem perawatan pada *forklift*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan untuk menentukan kerusakan yang sering terjadi dengan menganalisis hasil observasi di PT. XYZ, dan untuk menentukan penyebab kegagalan sistem perawatan *forklift* ialah dengan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA), yang merupakan metode untuk mencari atau menentukan penyebab-penyebab kegagalan atau kerusakan suatu sistem maupun komponen permesinan. Dalam melakukan penelitian ini, diperlukan data hasil kegiatan perawatan untuk dapat dianalisis dan kemudian analisis tersebut dibuat diagram tulang ikannya (*Root Cause Analysis*) untuk memperoleh penyebab utama kegagalan sistem perawatan pada *forklift*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Kerusakan *Forklift*

*Forklift* (bahasa lainnya truk angkat atau truk garpu) adalah sejenis truk industri bertenaga mesin atau baterai yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan barang jarak pendek. Di PT. XYZ menggunakan jenis *forklift* yang bertenaga mesin. PT. XYZ memiliki 6 unit *forklift* sebagai alat penunjang kelancaran proses produksinya, dengan setiap *forklift* memiliki operatornya masing-masing. Tentunya keahlian masing-masing operator berbeda meskipun *forklift* yang digunakan jenis dan kegunaannya sama.



Gambar.1 Forklift

*Forklift* didesain dengan kapasitas beban maksimal dan dengan pusat gravitasi (COG) yang sudah ditentukan. Informasi tentang *forklift* dapat diketahui dengan membaca *name plate* yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat *forklift* tersebut. Seorang operator harus mampu memahami informasi yang terdapat pada *name plate*. Biasanya pada *name plate* sudah tertera kapasitas maksimal, berat kendaraan, tahun pembuatan hingga merk dan tipe *forklift*. Seorang operator tidak boleh mengangkat beban melebihi kapasitas yang tertera pada *name plate*. Berikut ini adalah *name plate* dari *forklift* yang dimiliki oleh PT. XYZ.



Gambar.2 Name plate forklift

*Forklift* di PT. XYZ adalah *forklift* Patria dengan model PFD 25CL (*Patria Forklift Diesel*) yang berbahan bakar diesel (solar), memiliki kapasitas beban angkat maksimal sebesar 2500 [kg] dan maksimal ketinggian angkat garpu setinggi 3 [m].

Secara teknis, PT. XYZ tidak menyalahi aturan beban yang diangkut. Namun lamanya waktu penggunaan dengan 8 jam/hari membuat indikasi penyebab kerusakan pada beberapa komponen yang terdampak dari beban yang diangkut yang terjadi secara berulang-ulang. Fokus perawatan terhadap

komponen yang terdampak beban tersebut menjadi sangat dibutuhkan dan diperlukan untuk menghindari hal-hal yang mungkin dapat merugikan.



Gambar.3 Komponen utama *forklift*

Komponen utama *forklift* terdiri dari:

1. *Fork*

Adalah bagian utama dari sebuah *forklift* yang berfungsi sebagai penopang untuk membawa dan mengangkat barang. *Fork* berbentuk menyerupai garpu yang memiliki dua buah besi lurus dengan panjang rata-rata 2.5 [m]. Posisi peletakan barang di atas *pallet* masuk ke dalam *fork* juga menentukan beban maksimal yang dapat diangkat oleh sebuah *forklift*

2. *Carriage*

*Carriage* merupakan bagian dari *forklift* yang berfungsi sebagai penghubung antara *mast* dan *fork*. *Fork* melekat pada *Carriage*, yang juga berfungsi sebagai sandaran dan pengaman bagi barang-barang dalam *pallet* untuk transportasi atau pengangkatan.

3. *Mast*

*Mast* adalah bagian utama terkait dengan fungsi kerja sebuah *fork* dalam *forklift*. *Mast* adalah satu bagian yang berupa dua buah besi tebal yang terkait dengan sistem hidrolik dari sebuah *forklift*. *Mast* ini berfungsi untuk *lifting* dan *tilting*.

4. *Overhead Guard*

*Overhead guard* merupakan pelindung bagi seorang *forklift driver*. Fungsi pelindungan ini terkait dengan *safety user* dari kemungkinan terjadinya barang yang jatuh saat diangkat atau diturunkan, juga sebagai pelindung dari panas dan hujan.

5. *Counterweight*

*Counterweight* merupakan bagian penyeimbang beban dari sebuah *forklift*. Letaknya berlawanan dengan posisi *fork*.

Dari kelima komponen utama *forklift* diatas, hal yang biasanya dilakukan untuk menjaga kondisi *forklift* adalah dari segi kebersihan dan fungsinya. *Forklift* harus selalu bersih untuk menciptakan suasana nyaman bagi operator *forklift*.

Pelaksanaan kegiatan pemeliharaan dari pada peralatan disuatu perusahaan tergantung dari pada kebijaksanaan (*policy*) perusahaan itu yang kadang-kadang berbeda dengan kebijaksanaan perusahaan

lainnya. Kebijakan dari bagian *maintenance* biasanya ditentukan oleh pimpinan tertinggi (*top management*) perusahaan. PT. XYZ menerapkan sistem *Total Productive Maintenance* yang dimaksudkan agar semua karyawan yang terlibat dengan *forklift* bisa bekerja sama dalam merawat dan merancang kondisi terbaik dari *forklift*.

Berikut ini adalah data *item check* teknis perawatan untuk *forklift* (Tabel 1).

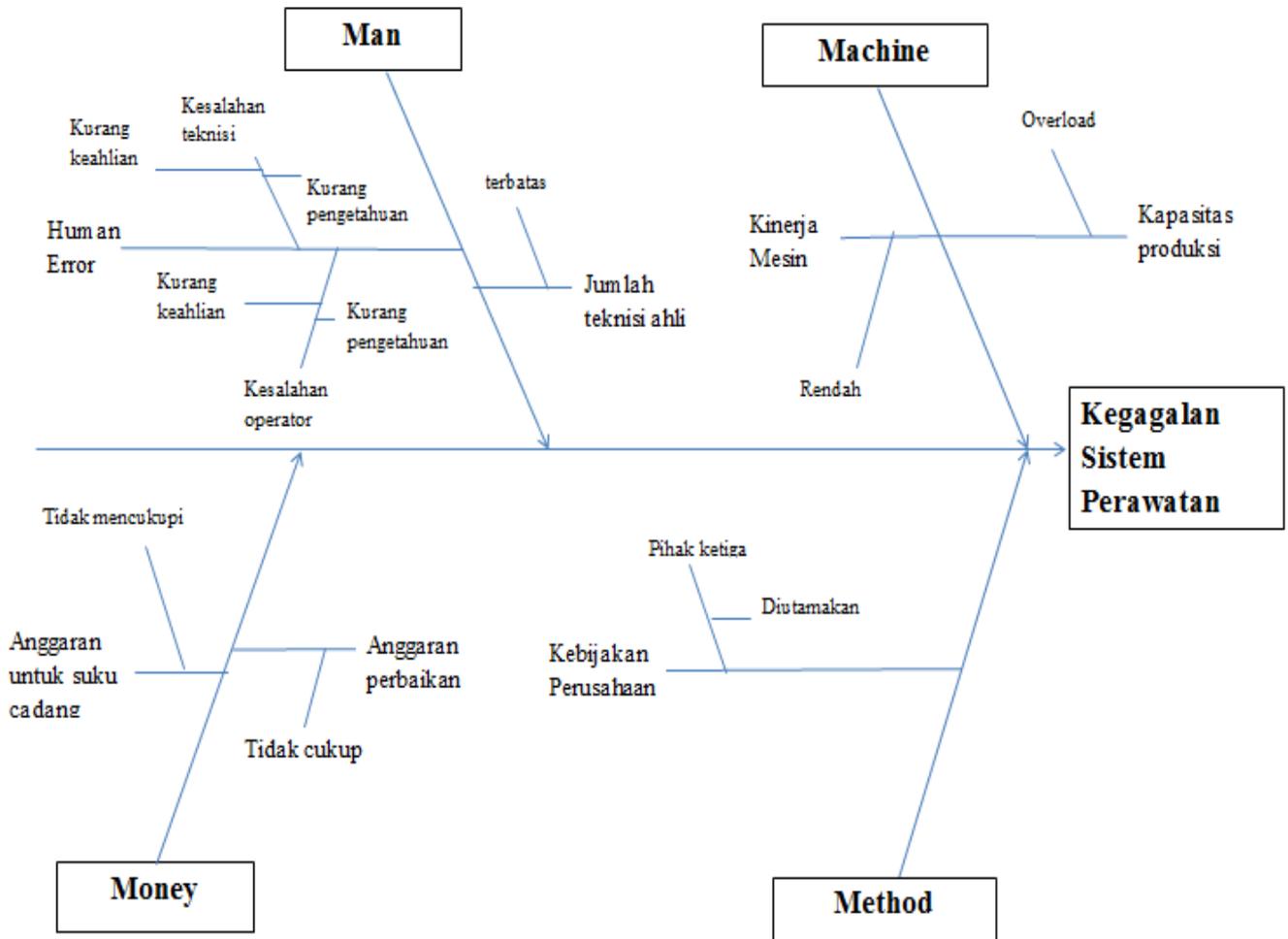
Tabel.1 Item check pekerjaan teknis maintenance forklift

No.	Item Pekerjaan	Standard	Mtd Check
1	<b>Mekanik</b>		
	check grease pada rantai	tdk kering	lihat
	check kebocoran oli	tdk minim	lihat
	check kebocoran solar	tdk kosong	lihat
	check oli mesin	tdk minim	lihat
	check filter udara	tdk kotor	lihat
	check air radiator	tdk minim	lihat
	check oli transmisi	tdk minim	lihat
	check baut-baut roda	tdk longgar	gerakan
	check seal- seal hidrolis	tdk bocor	lihat
	check volume solar	tdk kurang	lihat
	check van belt kipas	tdk kendur	tekan
	check clamp accu	tdk kendur	gerakan
check air accu	tdk minim	lihat	
2	<b>Elektrik</b>		
	check lampu sign kanan kiri	tdk mati	lihat
3	check kondisi accu	tdk bocor	lihat
	check kondisi alternator	12 V	ukur/catat
	check kondisi lampu - lampu	tdk mati	lihat
4	check kondisi fuse - fuse	tdk putus	lihat
	<b>kebersihan</b>		
Note	kebersihan mesin dan area	bersih	lihat
		Diketahui	Dibuat
			
	MTC Head	TPM	

Kategori item check perawatan *forklift* terbagi menjadi 3 yaitu mekanik, elektrik, dan kebersihan. Dari ketiga kategori berdasarkan analisis dan hasil observasi serta wawancara dengan karyawan yang terlibat dengan *forklift*, kerusakan yang sering terjadi adalah pada bagian elektrikal dikarenakan sistem elektrikal yang ada di *forklift* letaknya tidak tertata dengan rapi, berada di bagian atas pedal *forklift*, dimana kabel-kabel sistem elektrikalnya tidak tertutup, jadi sangat memungkinkan sistem elektrikalnya bermasalah. Selain dari itu, kegiatan pekerjaan yang dilakukan teknisi terhadap sistem elektrikalnya hanya dicek dengan melihatnya saja kecuali untuk memeriksa *alternator* yang diharuskan menggunakan *Avometer*.

### 3.2 Analisis Kegagalan Sistem Perawatan

Dalam menentukan analisis kegagalan sistem perawatan terhadap *forklift* di PT. XYZ dibuat diagram tulang ikan (*Root Cause Analysis*). Analisis yang dilakukan disesuaikan dengan kondisi serta berdasarkan wawancara dengan ahli di bagian *maintenance* dan observasi secara langsung, berikut adalah analisis diagram tulang ikan (Gambar 4).



Gambar.4 Gambar diagram tulang ikan kegagalan sistem perawatan

Kegagalan sistem perawatan atau pemeliharaan *forklift* di PT. XYZ disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu operator, *machine* (penggunaan mesin), *method* (penerapan metode perawatan), dan *money* (dana yang dimiliki). Kegagalan sistem perawatan ini dapat berakibat pada kelancaran proses produksi yang nantinya akan terhenti akibat kerusakan *forklift* yang digunakannya. Serta kerugian akan diterima akibat dari biaya pengeluaran karena perbaikan atau penggantian komponen.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

a. Kerusakan yang sering terjadi pada *forklift* adalah pada sistem elektrikalnya, antara lain:

- Lampu-lampu *forklift*
- *Horn*
- *Alternator*
- *Fuse-fuse*

hal ini terjadi dikarenakan tingkat penggunaan sistem elektrikal yang tinggi dan digunakan secara terus-menerus.

- b. Penyebab kegagalan sistem perawatan yang dilakukan terhadap *forklift* terbagi dalam beberapa faktor, yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode yang digunakan (*method*), dan juga dana *maintenance* yang dimiliki (*money*)
- c. Penyebab utama kegagalan sistem perawatan adalah kurangnya keahlian yang dimiliki teknisi dalam memperbaiki *forklift* sehingga kerusakan kerap terjadi meskipun kegiatan perawatan sering dilakukan.

#### **4.2 Saran**

- a. Dalam mengantisipasi kerusakan sistem elektrikalnya, sistem elektrikal di *forklift* perlu dilakukan *improvement* dengan menutup daerah kabel-kabel (sistem elektrikalnya) dan menemukannya dengan aman
- b. Perlunya menumbuhkan kepedulian operator terhadap *forklift* yang digunakannya untuk senantiasa menjaga kondisi *forklift* tetap dalam keadaan baik dan tidak selalu bergantung kepada teknisi *maintenance* ketika terjadi indikasi kerusakan atau kerusakan-kerusakan yang kecil.
- c. Perlunya pelatihan-pelatihan dilaksanakan untuk menambah wawasan para operator dan teknisi tentang tata cara pemeliharaan mesin yang baik dan benar, serta peningkatan kompetensi teknisi *forklift* agar dapat memperbaiki kerusakan yang terjadi dan memperkecil kemungkinan kerusakan yang lebih besar, tentunya harus dilaksanakan secara kontinu
- d. Perlunya penanggung jawab pelaksana kegiatan perawatan untuk mengawasi jalannya kegiatan sistem perawatan di PT. XYZ.

#### **5. UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayah-Nya. Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini. Atas bantuan pihak-pihak tersebut penelitian ini dapat berlangsung dan terselesaikan dengan baik. Semoga penelitian ini bermanfaat.

#### **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Assauri, Sofjan, "Manajemen Produksi dan Operasi Edisi Keempat," Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta, 1999
- [2] Corder, Antony, "Teknik Manajemen Pemeliharaan," Erlangga, Jakarta, 1992
- [3] [https://id.wikipedia.org/wiki/Diagram\\_Ishikawa](https://id.wikipedia.org/wiki/Diagram_Ishikawa) (diakses 23 Juni 2016)
- [4] <http://www.forklift-indonesia.com/forklift-article/4-forklift-dan-komponennya> (diakses 4 Juni 2016)



## ANALISA KERUSAKAN SISTEM KELISTRIKAN PADA FORKLIFT DI PT HYUNDAI INDONESIA MOTOR

Ditta Sari Turisman<sup>1</sup> dan Azwardi, M.Kom<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, [dittasariturisman@gmail.com](mailto:dittasariturisman@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

### Abstrak

Forklift atau yang disebut juga lift truck adalah salah satu material handling yang paling banyak digunakan di dunia logistik. Tujuan utama dari penggunaan Forklift adalah untuk transportasi dan mengangkut dari suatu tempat ke tempat lainnya, dengan jarak pendek dan ketinggian tertentu. PT. HIM merupakan salah satu perusahaan yang menggunakan forklift. Karena jam kerja dan beban yang berlebih mengakibatkan forklift banyak mengalami kerusakan, hal tersebut dapat menghambat sistem kerja forklift dan berdampak pada sistem kerja di pabrik, kerusakan tertinggi terjadi pada sistem kelistrikan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pengamatan langsung di lapangan dan menggunakan metode RootCauseAnalysis (RCA), serta menggunakan data statistik untuk mengetahui kerusakan. Penelitian ini menentukan penyebab dan penanganan kerusakan sistem kelistrikan untuk mengurangi frekuensi dan range kerusakan tersebut. Hasil penelitian pada Forklift Patria diesel, menggunakan jadwal perawatan mandiri sehingga dapat meminimasi kerusakan serta breakdown. Melakukan analisa troubleshooting terhadap sistem kelistrikan. Jam kerja dan beban berlebih merupakan penyebab utama dari kerusakan sistem kelistrikan yang sering terjadi.

**Kata kunci :** Forklift, Sistem Kelistrikan, Troubleshooting

### Abstract

Forklift or known lift truck is which kind of material handling the most widely used in the world of logistics. The purpose to used it is transportation and transport from one place to another, with short distances and a certain height. Company PT. HIM is one of the companies that use forklifts. Because the overtime of work and overload make often of damage of forklift, this could hinder working system forklifts and having impact for working system in a factory, damage the highest was on a system electricity. Methods used in this research is with direct observation on the court and uses the root cause analysis ( rca ) , and using data statistics to known the damaged. The study also identifies the causes and treatment of damage to the electrical system to reduce the frequency and range of such damages. Results of research on Patria Forklift diesel, using self-care schedules so as to minimize damage and breakdown. Perform troubleshooting analysis of the electrical system. Overtime and overload to operation is a major cause of damage electric system often happen.

**Keywords:** Forklift, Electrical System, Troubleshooting

## 1. PENDAHULUAN

Pekerjaan yang berat dan berbahaya jika dilakukan oleh orang akan menimbulkan resiko yang berupa kecelakaan kerja. Untuk mengangkat beban berat dan memindahkan benda ketempat yang tinggi biasanya digunakan forklift. Forklift atau yang disebut juga lift truck adalah salah satu material handling yang paling banyak digunakan di dunia logistic. Tujuan utama dari penggunaan forklift adalah untuk transportasi dan mengangkut.

Menurut berita yang ditulis oleh viva.co.id “tingginya permintaan akan mobil berkapasitas penumpang yang banyak. Selain untuk pemilik pribadi, mobil ini juga ideal digunakan sebagai mobil antar jemput”. PT Hyundai Indonesia Motor adalah suatu perusahaan perakitan mobil yang sedang banyak pesanan mobil untuk diekspor keberbagai negara. Karena permintaan yang begitu banyak, makaperusahaan tersebut menerima banyak barang yang dipesan oleh supplier. Untuk memindahkan dan menata barang-barang tersebut ke gudang, perusahaan tersebut menggunakan alat berat yaitu Forklift.

Forklift yang digunakan perlu dijaga kondisinya agar terhindar dari kerusakan paling tidak mengurangi waktu kerusakan. Berdasarkan laporan kerusakan yang terjadi, tingkat frekuensi kerusakan paling tinggi terjadi pada sistem kelistrikan. Perusahaan tidak menyadari bahwa kerusakan-kerusakan kecil yang terjadi pada sistem kelistrikan dapat mempengaruhi kegiatan operasi forklift. Oleh sebab itu, perusahaan

perlu mencari penyebab terjadinya kerusakan sistem kelistrikan pada forklift dan dapat mencegah kerusakan tersebut kembali dalam jangka waktu yang singkat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berbagai masalah dan jumlah frekuensi kerusakan pada forklift. Dan juga mengetahui bagaimana cara untuk mengatasi serta mengantisipasi kerusakan tersebut kembali dalam jangka waktu yang singkat.

## 2. METODE PENELITIAN

Metologi penelitian dari tugas akhir ini beserta penjelasannya adalah sebagai berikut:

### a. Identifikasi Masalah

Identifikasi ini dilakukan melalui pengamatan secara langsung dilapangan. Kerusakan yang diteliti merupakan kerusakan-kerusakan yang memiliki frekuensi kerusakan yang paling tinggi. Sistem perawatan saat ini sudah berjalan dengan baik, tetapi masalah yang terjadi seperti breakdown saat jam kerja menyebabkan losstime saat jalannya produksi sehingga tidak dapat mencapai target produksi. Penelitian ini menentukan penyebab dan penanganan kerusakan sistem kelistrikan untuk mengurangi frekuensi dan range kerusakan tersebut. Hasil penelitian pada Forklift Patria diesel, menggunakan jadwal perawatan mandiri sehingga dapat meminimasi kerusakan serta breakdown. Terdapat 6 forklift dan yang beroperasi adalah 5 forklift. Untuk mengetahui kerusakan yang paling tinggi frekuensinya, maka dapat menggunakan diagram pareto.

### b. Studi Literatur

Studi literatur diperlukan dalam melakukan penelitian ini, dibutuhkan beberapa teori yang mendukung pengerjaan penelitian ini. Teori yang terdapat pada studi literatur ini meliputi pengertian forklift, sistem kelistrikan, hingga cara menentukan troubleshooting pada forklift.

### c. Pemilihan Metode Penyelesaian Masalah

Untuk menyelesaikan masalah yang dipilih, bisa diambil satu langkah dengan menggunakan diagram tulang ikan atau disebut fishbone. Diagram tulang ikan atau fishbone diagram adalah salah satu metode / tool di dalam meningkatkan kualitas.

Sering juga diagram ini disebut dengan diagram Sebab-Akibat atau causeeffect diagram. Metode tersebut dipilih karena dapat menemukan kemungkinan lebih jauh yang menjadi akar masalah.

### d. Pengumpulan Data

Pengolahan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam tugas akhir ini. Data-data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah kerusakan forklift dan perawatan forklift

### e. Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini meliputi penentuan kerusakan yang paling tinggi frekuensinya

### f. Analisis

Analisis dilakukan terhadap hasil diagram pareto yang telah didapat dari data yang diberikan oleh perusahaan.

### g. Kesimpulan dan Saran

Langkah ini berisi mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis. Selain itu, terdapat saran yang ditujukan baik untuk perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah rekapan data selama 3 bulan dari perawatan harian yang dilakukan oleh para operator forklift sebelum mereka melakukan aktivitas pekerjaan mereka.

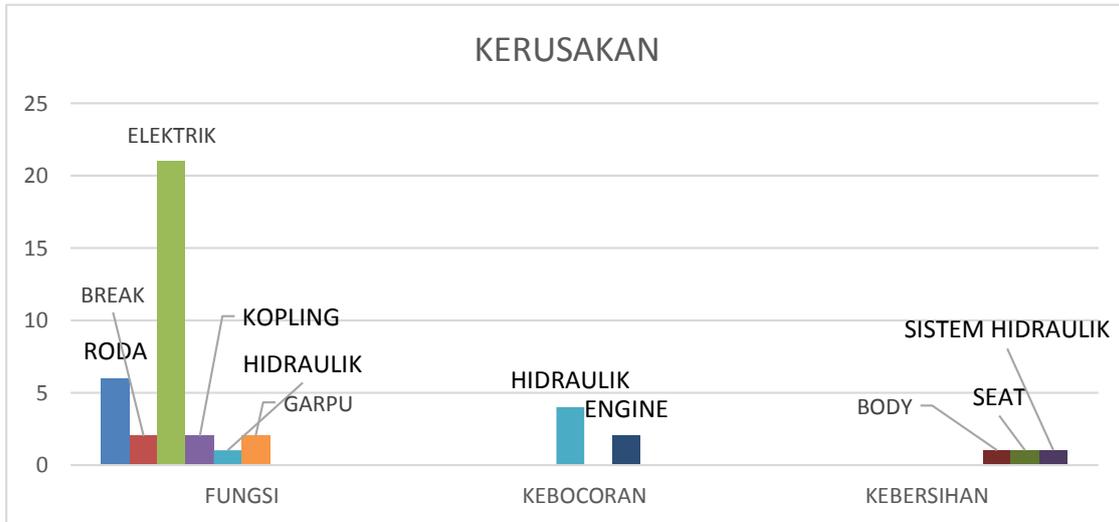
Tabel.1 Data Kerusakan Forklift Selama Tiga Bulan

NOMOR FORKLIFT	BULAN	JENIS KERUSAKAN	KETERANGAN
5	OKTOBER	Ban sobek	
		Klakson tidak berfungsi	
		Switch lampu tidak berfungsi	Tanggal 27

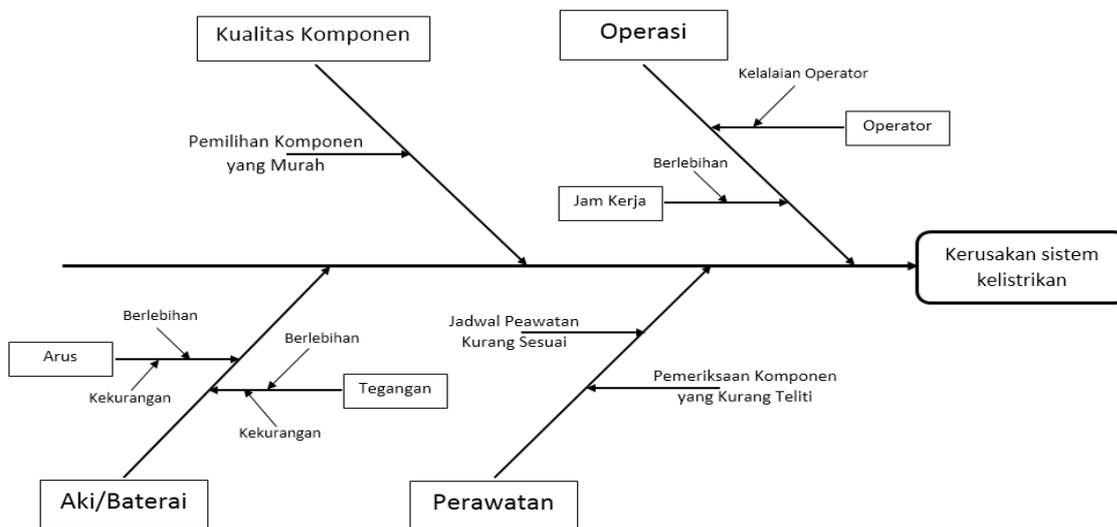
	NOVEMBER	Aki tidak bisa dipakai	Sudah diperbaiki	
		Ban pecah		
		Ban sobek		
		Kebocoran seal pada hidraulik RL belakang		
	DESEMBER	Sambungan las pada radiator lepas		Tanggal 27
		Klakson kurang berfungsi dengan baik		Sudah diperbaiki
		Bearing hidraulik lepas		
		Baut roda belakang bagian kanan hilang&patah		
Lampu sorot depan tidak berfungsi				
3	OKTOBER	(Tidak ada kerusakan)		
	NOVEMBER	Putaran pada ban dan velg tidak stabil	Tgl 23 ban goyang	
	DESEMBER	Pedal gas kurang berfungsi dengan baik		
KOPERASI	OKTOBER	Klakson tidak berfungsi	Sudah diperbaiki	
		Lampu tidak berfungsi		
	NOVEMBER	Klakson tidak berfungsi		
		Lampu tidak berfungsi		
	DESEMBER	Indikator sering putus		
6	OKTOBER	Lampu sorot depan tidak berfungsi	Sudah diperbaiki	
		Lampu mundur tidak berfungsi		
	DESEMBER	Kebocoran pada Tilt Cylinder	Baut mesin hilang 1	
		(Tidak ada kerusakan)		
		Klakson tidak berfungsi		
		Kebocoran pada Tilt Cylinder		
		Kebocoran pada Lifting Cylinder		
		Rem kurang berfungsi dengan baik		
Lampu rem tidak berfungsi				
Seat sobek				
1	OKTOBER	Lampu tidak berfungsi		
		Alarm mundur tidak berfungsi		
		Garpu tidak berfungsi		
	NOVEMBER	Lampu tidak berfungsi		
		Alarm mundur tidak berfungsi		
		Garpu tidak berfungsi		
2	OKTOBER	Indikator tidak berfungsi		
		Lampu tidak berfungsi		
		Kopling kurang berfungsi		
		Kebocoran pada Power Steering Cylinder		
		Kebocoran pada Oil Pan Engine		
		Ban kaku		
	NOVEMBER	Indikator tidak berfungsi		
		Lampu tidak berfungsi		
		Kopling kurang berfungsi		
		Kebocoran pada Power Steering Cylinder		
		Kebocoran pada Oil Pan Engine		
		Ban kaku		

(sumber : PT.HIM)

Setelah data kerusakan diperoleh, data tersebut diolah menjadi sebuah diagram batang yang akan digunakan untuk menganalisis kerusakan tersebut. Dan setelah itu dicari penyebab kerusakan tersebut menggunakan metode diagram fishbone. Supaya dapat menemukan kemungkinan lebih jauh yang menjadi akar masalah kerusakan tersebut.



Gambar. 1 Diagram Pareto Kerusakan



Gambar.2 Gambar Diagram Tulang Ikan

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat frekuensi kerusakan yang paling tinggi adalah kerusakan pada sistem kelistrikan dari bulan Oktober-Desember 2015. Kerusakan yang terjadi disebabkan oleh tingkat pemakaian yang tinggi karena jam kerja yang berlebih. Keseluruhan hasil pengolahan data dapat dianalisis bahwa :

Selama 3 (tiga) bulan hari kerja efektif ditambah dengan kerja overtime, kerusakan pada roda terjadi sebanyak 6 kali, kerusakan pada sistem break terjadi sebanyak 2 kali, kerusakan pada sistem kelistrikan sebanyak 21 kali, kerusakan pada kopling terjadi sebanyak 2 kali, kerusakan pada sistem hidraulik sebanyak 6 kali, kerusakan pada garpu terjadi sebanyak 2 kali, kerusakan pada engine terjadi sebanyak 2 kali, kerusakan pada body terjadi sebanyak 1 kali, dan kerusakan pada seat terjadi sebanyak 1 kali.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### a. Kesimpulan

- Dari hasil analisis dan pembahasan forklift pada bulan Oktober, November, dan Desember mengalami banyak kerusakan. Dan kerusakan tertinggi terjadi pada sistem kelistrikan yaitu sebanyak 21 kali dalam waktu 3 bulan.
- Troubleshooting yang didapat adalah gejala kerusakan sistem kelistrikan ditandai dengan sering matinya lampu pada forklift saat beroperasi dan dalam jangka waktu yang singkat. Selain lampu, klakson juga sering tidak berfungsi secara sempurna dan switch juga sering bermasalah dalam jangka waktu yang singkat.
- Penyebab dari kerusakan yaitu jam kerja berlebihan dan beban yang diterima juga berlebihan, sehingga lifetime dari accu serta perangkat sistem kelistrikan menjadi menurun. Penanggulangan yang tepat dilakukan adalah melakukan jadwal perawatan dengan baik dan sesuai. Serta selalu melakukan kontroling untuk menjaga fungsi dari sistem kelistrikan tetap dalam keadaan baik

##### b. Saran

- Tetap menjaga dan menjalankan jadwal perawatan secara rutin dan teratur, agar forklift tetap berfungsi dan tidak menghambat jumlah produksi,
- Jam kerja yang berlebih sebaiknya sedikit dikurangi agar kinerja forklift maksimal dan lifetime dari forklift tidak menurun,
- Keahlian dari para teknisi ditingkatkan, agar jika terjadi kerusakan parah tidak perlu membayar teknisi dari luar perusahaan,
- Keahlian dari para operator forklift juga ditingkatkan, agar jika terjadi kerusakan medium tidak perlu menunggu teknisi maintenance untuk memperbaiki forklift tersebut.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada pihak kampus yang selama ini telah membimbing dan memberikan pengarahan, terutama kepada :

1. Bapak DR. Belyamin, M.Sc, Eng., B.eng, selaku ketua jurusan Teknik Mesin
2. Ibu Indriyani Rebet, Dra, Msi, selaku ketua program studi Teknik mesin
3. Bapak M. Zakinura, ST, MT, selaku ketua konsentrasi Instalasi dan Perawatan
4. Bapak Drs. Azwardi, M.Kom, selaku dosen pembimbing tugas akhir
5. Bapak Seto Tjahyono, ST, MT, selaku pembimbing akademik
6. Seluruh Staff dan Dosen pengajar jurusan Teknik Mesin
7. Seluruh Staff dan Dosen pengajar konsentrasi Instalasi dan Perawatan

Semoga Allah SWT memberi rahmat dan balasan yang setimpal atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi Tri Siswanto, "Teknik Alat Berat Jilid 3", 2008, Jakarta
- [2] *Certified Automotive Recycler, Iowa Automotive Recycler Environmental Program. Forklift Operator Training Handbook*
- [3] *Pettibone/Traverse Lift, LLC. Fixed and Traversing Forklift Advanced Maintenance Manual*
- [4] *Roads & Transport Authority. Forklift Operator's Handbook, A Guide Safe Operation*
- [5] *TDT Training Australia. Forklif Training & Testing Conducted in Our Simulated Warehouse, or On-Site*
- [6] Wikipedia, 2016 FORKLIFT, [www.en.m.wikipedia.org/wiki/FORKLIFT](http://www.en.m.wikipedia.org/wiki/FORKLIFT)
- [7] Spare Part Forklift, 2011 SEJARAH FORKLIFT, [www.sparepartforklift.wordpress.com/2011/12/30/hello-world/](http://www.sparepartforklift.wordpress.com/2011/12/30/hello-world/)



# CONDITION BASED MAINTENANCE (CBM) MENGGUNAKAN TEKNIK ANALISIS SPEKTRUM VIBRASI UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN MESIN

Achmad Abroori

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, aabroori@gmail.com

## Abstrak

Keberhasilan perusahaan berkaitan dengan operasi mesin yang berkelanjutan, aman dan produktif. Program perawatan perusahaan menentukan umur pakai dan produktifitas mesin, serta keselamatan pekerja. Program CBM pada perawatan untuk meningkatkan keandalan mesin. Pentingnya menganalisis vibrasi pada proses perawatan mesin, merupakan langkah awal memprediksikan kerusakan pada mesin. Analisis vibrasi mampu menghemat waktu dengan menganalisis Transformasi Fourier Cepat (Fast Fourier Transform, FFT) atau amplitudo dan spektrum vibrasi. Menganalisis spektrum vibrasi dapat memperkirakan penyebab vibrasi pada mesin. Dengan didukung data inspeksi saat mesin beroperasi dan berhenti. Analisis vibrasi dilakukan ketika mesin menunjukkan nilai vibrasi yang tinggi, tren vibrasi yang meningkat, atau adanya indikasi kerusakan saat melakukan inspeksi rutin. Pendeteksian kerusakan pada mesin lebih dini bertujuan untuk frekuensi kegagalan mesin (breakdown) dan untuk memberikan solusi yang mengena pada akar masalah. Sehingga dapat direncanakan untuk langkah perbaikan dan penggantian suku cadang. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada 474-FN8, perlu dilakukan penggantian suku cadang seperti bantalan, housing bearing, puli, dan sabuk-v serta perlu dilakukan rekondisi pada blade impeller. Setelah dilakukan langkah perbaikan perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk memastikan proses perbaikan sudah memberikan dampak yang signifikan pada sumber masalah dan untuk menentukan langkah koreksi selanjutnya jika diperlukan.

**Kata Kunci:** CBM, analisis vibrasi, FFT

## Abstract

The success of a company depends on the continues, safe and productive operation of machinery. Maintenance program companies determine the lifespan and productivity of the machine, as well as worker safety. CBM program on maintaining to improve the reliability of the machine. The importance of analysing vibration in maintenance process, is the first step to predict damage to the equipment. Vibration analysis reduces the time to analyse the Fast Fourier Transform (FFT) or the vibration amplitude and spectrum. Analysing the vibration spectrum can estimate the cause of vibration in the engine. With the support of the inspection data when the engine operates and stops. Vibration analysis must be done when equipment gives a high vibration number, give an increasing vibration trend, or when that is defect indication in the equipment. Detection of early damage to the machine has a purpose to reduce the breakdown frequency of engine and to provide a solution which has an impact for the problem. So that can be planned for corrective action and replacement of spare parts. Based on observation at 474-FN8, there needs to be replacement spare part such as bearing, housing bearing, pulley, and v-belt and necessary recondition on impeller blade. Necessary further analysis to ensure the repairing process has given significant effect on the issues and to define next step corrective action if necessary.

**Keywords:** CBM, vibration analysis, FFT

## 1. LATAR BELAKANG

Kerusakan yang terjadi pada mesin, akan memberikan tanda atau gejala dalam bentuk getaran atau parameter lainnya. Saat mesin beroperasi sulit untuk mengetahui dan memastikan bahwa mesin dalam kondisi baik. Untuk memastikan kondisi mesin, diperlukan pengecekan secara visual maupun menggunakan alat bantu, dan melakukan inspeksi secara rutin maupun berkala.

Proses produksi harus ditunjang oleh mesin yang andal dan harus tersedia jika perlu dioperasikan sewaktu-waktu. Keandalan (reliability) mesin dapat diukur dari umur pakainya. Frekuensi kegagalan mesin yang tinggi menunjukkan keandalan mesin yang rendah.

Salah satu faktor yang dapat menurunkan keandalan mesin adalah nilai vibrasi yang tinggi. Nilai vibrasi yang tinggi dapat dipengaruhi oleh ketidak seimbangan rotor (unbalance), ketidak selarasan (misalignment), poros bengkok (shaft bending), keausan pada bantalan (rotating looseness), keausan pada struktur penunjang (structural looseness), resonansi, rolling element bearing, bad drive, blade and vanes, aliran fluida, roda gigi yang cacat atau rusak.

Nilai vibrasi merupakan indikasi kerusakan pada elemen mesin. Vibrasi pada mesin mengindikasikan adanya ketidaksesuaian pada mesin. Idealnya mesin yang bekerja dengan baik tidak akan menghasilkan vibrasi, karena energi yang dihasilkan diubah menjadi kerja seluruhnya. Vibrasi dapat timbul karena adanya transfer gaya melalui elemen-elemen mesin. Vibrasi dapat merusak mesin dan sinyal vibrasi juga dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada mesin.

Oleh karena itu, untuk perencanaan, penggantian suku cadang, dan rencana perbaikan harus dipersiapkan dengan matang. Sehingga menuntut inspeksi yang jeli dan prediksi dengan keakuratan tinggi, sehingga segala kegiatan maintenance dapat direncanakan dan dijadwalkan dengan sebaik mungkin. Karena dengan pengawasan secara rutin dan prediksi umur suku cadang, dapat meminimalisir kerusakan mesin yang terjadi secara tiba-tiba atau tidak terencana.

Hasil dari analisis vibrasi merupakan indikasi awal dari kerusakan pada elemen mesin, yang harus didukung oleh data-data inspeksi saat mesin beroperasi dan berhenti serta didukung oleh tren perubahan nilai vibrasi. Analisis vibrasi dilakukan apabila nilai vibrasi melebihi batas yang diizinkan (ISO 2372 atau ISO 10816) atau apabila tren nilai vibrasi mulai mengalami kenaikan.

## **2. TUJUAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis spektrum vibrasi sebagai indikasi awal untuk menentukan kerusakan pada elemen mesin, dengan didukung oleh data inspeksi saat mesin beroperasi dan berhenti. Dengan mendeteksi kerusakan mesin lebih dini, maka proses perawatan dapat direncanakan dan dijadwalkan lebih akurat.

## **3. METODE PENELITIAN**

Berikut ini adalah diagram alur metode penelitian yang dilakukan:

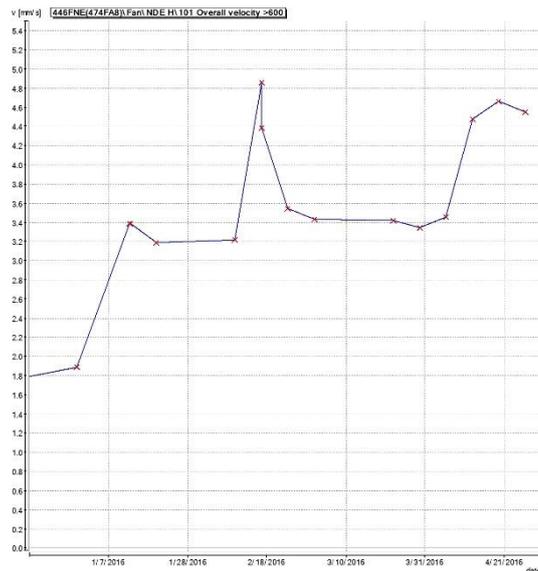


informasi kondisi mesin. Metode analisis statistik, analisis spektrum, telah terbukti untuk deteksi dini kerusakan dan diagnosis dari mesin.

Proses pengamatan spektrum vibrasi dan kondisi aktual pada mesin dilakukan secara bertahap dari bulan Januari hingga menjelang overhaul (16 Mei 2016), fan 474-FA8. Hal ini dikarenakan kondisi mesin yang tidak boleh berhenti beroperasi untuk menghindari terjadinya kerusakan pada grate cooler dan menurunkan kapasitas pendinginan cooler pada proses produksi semen. Oleh karena itu, equipment dituntut untuk senantiasa beroperasi dan tidak boleh mengalami kegagalan untuk menunjang proses produksi.

#### 4.1 Pengamatan Spektrum Vibrasi

Proses pengambilan data vibrasi dilakukan menggunakan alat VIBXpert dan diinterpretasikan menggunakan aplikasi Omnitrend. Berikut tren data vibrasi pada 474-FA8 yang diambil pada mulai Januari hingga minggu ke-2 bulan Mei 2016, berikut grafik nilai vibrasi dengan nilai vibrasi pada sumbu Y (ordinat) dan waktu pengambilan data vibrasi pada sumbu X (absis):



Gambar 1 Tren Vibrasi Posisi NDE Horizontal



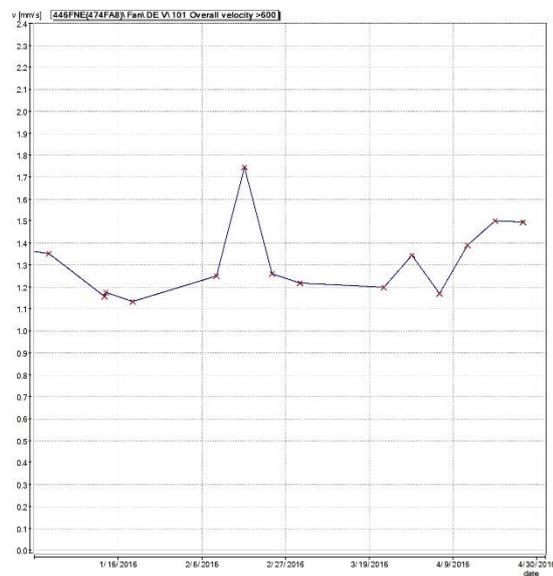
Gambar 2 Tren Vibrasi Posisi NDE Vertikal



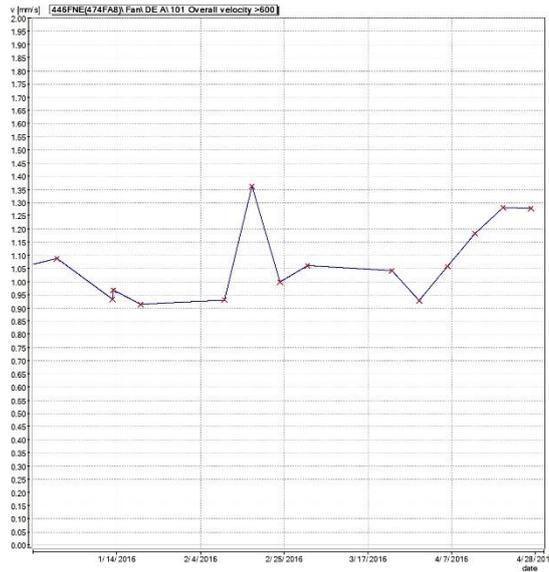
Gambar 3 Tren Vibrasi Posisi NDE Aksial



Gambar 4 Tren Vibrasi Posisi DE Horizontal

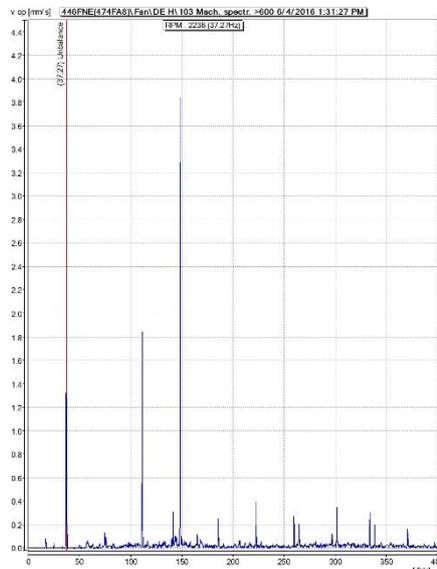


Gambar 5 Tren Vibrasi Posisi DE Vertikal

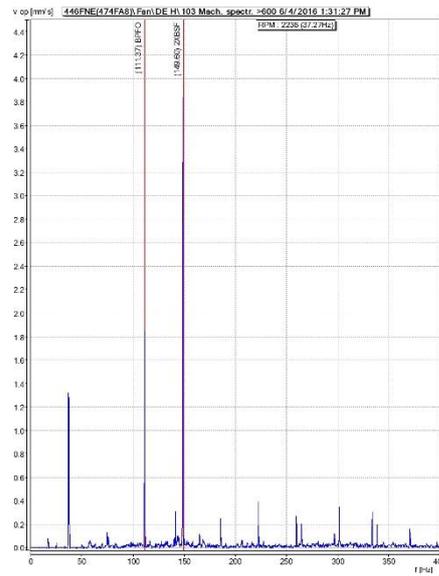


Gambar 6 Tren Vibrasi Posisi DE Aksial

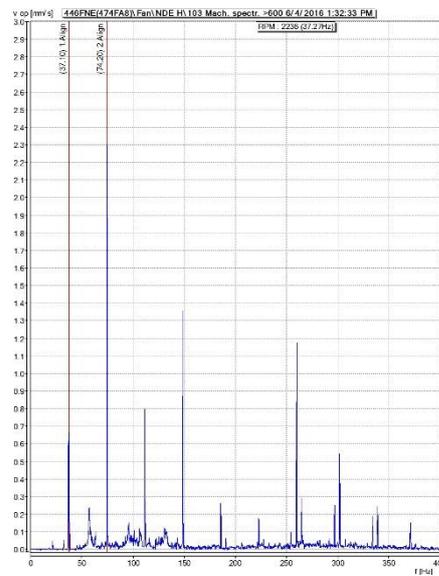
Kenaikan nilai vibrasi mengindikasikan adanya kerusakan pada elemen mesin. Dan indikasi kerusakan dapat diketahui dengan menganalisis spektrum vibrasi. Berikut analisis spektrum vibrasi pada 474-FA8 yang diambil pada mulai Januari hingga minggu ke-2 bulan Mei 2016, dengan nilai vibrasi pada sumbu Y (ordinat) dan frekuensi vibrasi pada sumbu X (absis):



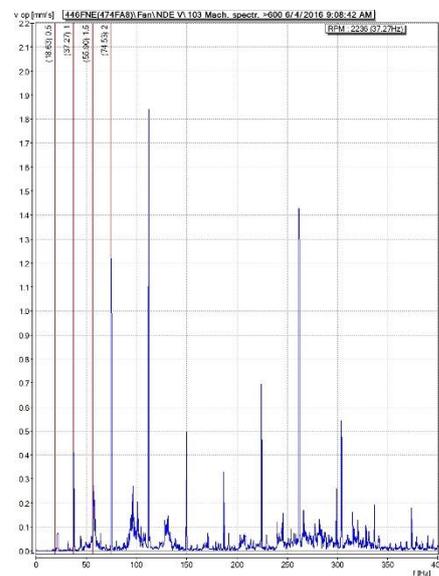
Gambar 7 Indikasi Spektrum *Unbalance*



Gambar 8 Indikasi Spektrum Keausan Pada Bantalan



Gambar 9 Indikasi Spektrum Misalignment



Gambar 10 Indikasi Spektrum Keausan

Berdasarkan pengamatan spektrum viibrasi, mengindikasikan adanya indikasi unbalance, misalignment, keausan dan keausan pada bantalan. Setelah mengetahui indikasi kerusakan, perlu dilakukan pembuktian dari indikasi yang ada. Jika sudah tepat maka perlu dipersiapkan suku cadangnya untuk penggantian suku cadang, atau perencanaan untuk langkah perbaikan. Jika belum tepat maka perlu dilakukan analisis lebih mendalam dengan membandingkan kodisi aktual saat mesin berhenti beroperasi.

Berikut kondisi aktual saat mesin berhenti beroperasi:



Gambar 11 Kondisi *Housing Bearing*



Gambar 12 *Clearance Bearing*



Gambar 13 Kondisi *Impeller*

Berdasarkan pengamatan kondisi aktual yang dilakukan saat mesin bergenti beroperasi pada tanggal 4 Januari 2016, menunjukkan kondisi impeller yang sudah mulai aus, konsidi housing bearing yang mengalami keausan, dan clearance bearing yang menunjukkan nilai 0.05mm. Hal ini menunjukkan perlu dilakukannya langkah perbaikan yang mampu memberikan dampak pada akar masalah.

Untuk menentukan keberhasilan langkah perbaikan yang dilakukan yaitu adanya penurunan nilai vibrasi secara keseluruhan maupun spektrumnya. Tingginya nilai vibrasi mengindikasikan kerusakan pada

elemen mesin, dan nilai vibrasi yang kecil merupakan indikasi transfer daya yang terjadi berjalan secara optimal. Karena daya yang ditransfer secara optimal, vibrasi yang ditimbulkan sangat kecil. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan pada 474-FA8, sebagai berikut:

- Balancing atau repair/rekondisi blade fan
- Alignment pada puli dan sabuk-v atau penggantian puli dan sabuk-v
- Penggantian housing bearing

Dan perlu adanya pengamatan data vibrasi dan spektrum vibrasi setelah dilakukan langkah perbaikan.

#### 4.2 Hasil

Setelah dilakukan penggantian bantalan, housing bearing, puli, dan sabuk-v serta rekondisi blade fan. Dilakukan pengamatan data vibrasi sebelum dan sesudah penggantian, seperti pada table berikut:

Tabel 1 Data Vibrasi Mesin Sebelum dan Setelah Penggantian

		Vibrasi (mm/s)	
		Sebelum Penggantian	Setelah Penggantian
Non-Drive End (NDE)	Horizontal	4,55	2,56
	Vertikal	3,93	2,61
	Aksial	1,50	1,55
Drive End (DE)	Horizontal	1,56	3,42
	Vertikal	1,49	3,86
	Aksial	1,28	1,46

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan data vibrasi yang mengalami kenaikan, spektrum vibrasi yang menunjukkan kerusakan pada elemen mesin, seperti bantalan, housing bearing, dan blade impeller, serta dengan memastikan kondisi aktual. Setelah dilakukan penggantian masih ada bagian yang mengalami kenaikan nilai vibrasi.

##### 5.1 Saran:

Perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk menentukan langkah perbaikan selanjutnya setelah penggantian bagian.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamid, Abdul. 2012. Praktikal Vibrasi Mekanik. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- [2] Hutahaean, Ramses Yohannes. 2012. Getaran Mekanik. Yogyakarta. Andi.
- [3] Raju, K. Ravi, Varma, B. Madhava, Kumar, N. Ravi, January 2013, Condition Based Maintenance (CBM) Through Vibration Spectrum Analysis for Improving the Reliability of B-1 Conveyor (DIVE542) Diagnosis of Fault through Vibration Spectrum Analysis Technique. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). Volume-2, Issue-2.
- [4] Irasari, Pudji, Nugraha, Aditya Sukma, Kasim, Muhamad, 10 Oktober 2013, Analisis Getaran Pada Generator Magnet Permanen 1 Kw Hasil Rancang Bangun Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik. Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology. Vol. 01, No. 1, 2010.
- [5] Human, Etienne. June 2012. What is Reliability Engineering?. Carab Tekniva Group – Asset Management & Reliability Engineering, No: C001.



## ANALISA KELAYAKAN MESIN MILLING F3 DENGAN PENGUJIAN KETELITIAN GEOMETRIK

Asep Apriana, Budi Prianto, Minto Rahayu

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta Kampus Baru - UI Depok 16425

### Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan mesin Milling F3 dengan melakukan pengujian / pengukuran ketelitian geometrikanya, apakah masih sesuai dengan spesifikasinya yang direkomendasikan oleh pabrik pembuatnya dan masih layak digunakan.*

*Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran setiap komponen / bagian yang berhubungan langsung dengan gerakan-gerakan utamanya.*

*Data hasil dari pengukuran diproses dan dibandingkan dengan acuan dari pabrik, kegiatan dimulai dari menyiapkan mesin yang akan diuji dalam keadaan static, alat-alat bantu dan alat-alat ukur presisi.*

*Hasil dari Pengukuran ini akan mengetahui apakah mesin milling F3 ini ketelitiannya masih sesuai dengan data ketelitian yang tercantum pada buku manualnya dan masih layak digunakan.*

**Kata Kunci:** optimasi, ketelitian geometric, mesin perkakas, layak guna

### 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini proses produksi senantiasa dituntut untuk dapat menghasilkan produk-produk yang berkualitas tinggi, ini tidak terlepas dari beberapa faktor antara lain kondisi mesin yang digunakan untuk proses produksi tersebut.

Mesin Milling termasuk mesin perkakas dengan gerak utama berputar yang banyak digunakan untuk proses produksi, mesin ini paling mampu melakukan variasi bentuk pekerjaan dibandingkan dengan mesin perkakas lainnya. Permukaan yang datar atau berlekuk, celah, roda gigi, lubang, dove tail, dan lain-lain dengan berbagai bentuk alat potong. Mesin ini merupakan penghasil sebagian besar produk industri logam yang mempergunakan proses-proses pengerjaan tertentu. Karena mesin ini dipergunakan untuk membuat produk, maka ketelitian produk yang dibuat sangat tergantung pada kondisi kerja mesin itu. Banyak faktor yang mempengaruhi ketelitian produk tersebut. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah ketelitian geometrik mesin perkakas yang meliputi; ketelitian permukaan referensi, ketelitian gerak linier, ketelitian gerak spindel dan ketelitian perpindahan.

Mesin Milling yang telah dipakai dalam jangka waktu tertentu mengalami keausan pada berbagai komponennya sehingga menyebabkan terjadinya penyimpangan terhadap ketelitian awal. Besarnya penyimpangan itu tidak boleh melewati batas yang diijinkan. Besarnya penyimpangan yang terjadi dapat diketahui dari hasil pengujian ketelitian geometri. Untuk mesin perkakas yang telah mengalami rekondisi maka data pengujian geometrik dapat pula dijadikan ukuran keberhasilan usaha rekondisi tersebut.

Mesin Milling yang ada di bengkel Politeknik Negeri Jakarta yang digunakan untuk keperluan praktek mahasiswa dan kadang digunakan untuk produksi sudah berumur 27 tahun. Benda kerja dari hasil praktek milling mahasiswa kualitasnya kurang baik yaitu adanya penyimpangan dari karakteristik geometri (ukuran, bentuk dan kehalusan). Oleh karena itu perlu adanya pengujian/ pengukuran geometrik pada mesin tersebut.

Untuk mengetahui besarnya penyimpangan terhadap ketelitian semula perlu dilakukan pengujian. Pengujian awal yang harus dilakukan yaitu pengujian geometrik secara statik, yaitu pengukuran ketelitian geometri suatu mesin yang dilakukan dalam keadaan diam (tak bekerja) dan tak dibebani. Pengukuran dilakukan terhadap dimensi geometri berbagai elemen perkakas dan hubungan gerak relatifnya satu terhadap yang lain, seperti kelurusan gerakan carriage relatif terhadap tail stock, kelurusan carriage terhadap spindle head dan lain-lain.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui besarnya penyimpangan-penyimpangan geometrik yang terjadi pada keadaan statik pada mesin perkakas Milling F4 yang ada di bengkel Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
- Untuk mengetahui mesin yang bersangkutan apakah masih layak pakai atau tidak, khususnya untuk pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan kepresisian tinggi.

Mesin milling termasuk salah satu mesin perkakas dengan gerak utama berputar di desain untuk berbagai keperluan, dengan prinsip kerja pahat berputar dan benda kerja diumpankan. Beberapa jenis mesin milling digunakan semata-mata untuk pekerjaan dalam produksi, sementara ada pula yang digunakan untuk keperluan serbaguna. (Joshi, 2007)

Pengukuran/pengujian mesin perkakas bertujuan untuk mendapatkan data-data kualitas sebuah mesin perkakas.

Pengertian kualitas mesin perkakas secara umum mencakup berbagai aspek, diantaranya :

- Aspek ketelitian geometrik, yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas benda kerja.
- Aspek prestasi kerja, yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas mesin perkakas.
- Aspek kebisingan, yang mempengaruhi polusi suara di lingkungan tempat kerja

Sehubungan dengan hal diatas pengujian mesin perkakas menjadi sangat luas dan bermacam-macam. Tetapi tidak semua pengujian tersebut harus dilakukan. Pemilihannya terutama tergantung pada kebutuhan dan tujuan pengujian yang dilakukan.

Pengujian mesin perkakas dilakukan di pabrik pembuatnya sebagai uji produk dan di pabrik/bengkel pemakai mesin perkakas, baik pada saat permulaan mesin datang sebagai uji terima maupun pada saat tertentu/rutin selama pemakai mesin perkakas dalam kegiatan perawatan preventive.

Kualitas suatu mesin perkakas, dapat dipertahankan atau diperpanjang usianya dengan perawatan, penyetelan, perbaikan atau penggantian komponen yang rusak. Untuk mengetahui komponen dan bagian mana yang perlu diganti, disetel, atau diperbaiki maka perlu dilakukan pengujian atau pengukuran geometrik dan kinematik pada seluruh bagian mesin. Pengukuran pada bagian tertentu juga dapat dilakukan seandainya bagian tersebut dicurigai sebagai penyebab terjadinya kesalahan.

Pengujian ketelitian geometrik sudah lama dikenal, mulai tahun 1901 G. Schlesinger menyusun cara pengujian mesin perkakas. Cara G. Schlesinger ini yang selanjutnya dipakai sebagai dasar pengembangan standar pengujian mesin perkakas (khususnya pengujian ketelitian geometrik).

Pada prinsipnya pengukuran yang dilakukan pada pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas meliputi hal-hal sebagai berikut:

- Kelurusan (straightness), secara umum pengertian kelurusan mencakup kelurusan suatu garis dalam dua bidang, kelurusan komponen dan kelurusan gerak lurus. Pada pengertian pertama dan kedua yang dimaksud dengan kelurusan adalah: bila jarak antara setiap titik pada garis tersebut terhadap dua bidang saling tegak lurus dan sejajar terhadap garis itu, lebih kecil dari suatu harga batas yang tertentu untuk masing-masing bidang tersebut. Sedangkan kelurusan suatu gerakan lurus didefinisikan sebagai kesejajaran lintasan suatu titik pada komponen yang bergerak lurus, relatif terhadap suatu garis referensi yang searah dengan arah gerak komponen itu. Dalam pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas pada umumnya melibatkan pengertian kelurusan komponen dan kelurusan suatu gerakan lurus, misalnya kelurusan lintasan lurus (slide-ways) dan kelurusan gerakan lurus. Dalam praktek, pengukuran kelurusan dilakukan dengan mengukur bagian mesin perkakas yang ingin diketahui kelurusannya dengan cara membandingkan terhadap suatu garis lurus referensi.
- Kerataan (flatness), suatu bidang permukaan dinyatakan bila perubahan jarak tegak lurus dari titik-titik pada permukaan itu terhadap bidang geometrik yang sejajar dengan permukaan yang diuji adalah lebih kecil dari suatu harga batas yang tertentu. Dalam pengujian ketelitian geometrik mesin perkakas maka bidang geometrik yang dimaksud diatas adalah merupakan bidang referensi.

- Kesejajaran (parallelism), dalam mesin perkakas terdapat bidang, bagian permukaan, garis ataupun gerakan komponen yang dalam interaksinya harus sejajar satu dengan lainnya sedemikian rupa sehingga ketelitian bentuk maupun geometrik benda kerja yang dihasilkannya masih berada dalam batas toleransi yang di rencanakan.
- Ketegak lurusan (squareness), ketegak lurusan pada mesin perkakas pada umumnya menyangkut garis, sumbu maupun bidang dan ketegak lurusan gerak komponen. Dua buah bidang atau dua garis lurus atau suatu garis lurus dan sebuah bidang dinyatakan tegak lurus satu terhadap lainnya apabila penyimpangannya terhadap sebuah harga tegak lurus baku tidak melampaui suatu harga batas tertentu. Pada kenyataannya untuk pengukuran besarnya penyimpangan sering digunakan jam ukur (dial indicator), sedangkan sebagai alat bantu digunakan penyiku atau test bar siku.
- Rotasi (rotation), dalam pengujian komponen rotasi, kesalahan gerak yang terjadi terjadi bisa mencakup hanya simpang putar atau hanya slip-aksial periodik saja atau bisa pula kombinasi dari keduanya yang disebut tergantung dari besarnya kesalahan gerak. (Trapet Eugen, 1990)

Benda kerja yang dihasilkan oleh proses pemotongan memiliki kualitas tertentu dan bisa diketahui arti ketelitian dimensi, ketelitian bentuk serta kekasaran permukaan benda kerja yang bersangkutan. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas benda kerja adalah kualitas mesin perkakas yang digunakan dalam proses pemotongan benda kerja itu.

Komponen mesin dirancang dengan sebaik mungkin dengan memperhatikan aspek fungsi, keterbuatan, keterawatan dan keandalan. Dalam proses pembuatannya maka bahan mentah akan mengalami perubahan fisik dan geometri berupa komponen mesin yang siap dirakit. Hubungan antara karakteristik geometri dan karakteristik fungsional suatu komponens angkat penting, tanpa mengurangi pentingnya aspek material komponen mesin boleh dikatakan bercirikan karakteristik geometri yang teliti dan utama.

Kualitas benda kerja dapat diperoleh dengan mengetahui ketelitian dari produk yang dihasilkan oleh mesin perkakas dengan cara mengukur atau membandingkan terhadap parameter-parameter yang menjadi acuannya seperti; bagaimana mengetahui ketelitian bentuk, ukuran, kekasaran permukaan dan gelombang permukaan. Sebagai contoh adalah apabila ketidak sejajaran antara meja kerja terhadap gerak pindahnya pada mesin milling, akan mengakibatkan adanya penyimpangan pada ukuran benda kerja dari yang kita inginkan.

Untuk mengetahui sejauh mana ketelitian yang dimiliki oleh mesin, maka perlu dilakukan suatu pengujian pada mesin tersebut.

(Bagiasna, Komang, 1999)

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan adalah langsung melakukan pengujian/pengukuran pada objek yang akan diteliti yaitu mesin Milling F4. Adapun bagian-bagian yang akan diperiksa adalah :

### **1. Penyelarasan meja kerja**

Alat bantu Spirit level (water pass) yang diletakkan diatas meja kerja dalam arah memanjang dan melintang.

### **2. Kelurusan gerak vertical lutut**

Alat bantu yang digunakan adalah Dial Indicator dan Test bar siku yang diletakkan pada bagian tengah meja kerja. Penyangga magnetic dial diletakkan pada bagian mesin yang tidak bergerak, sedangkan ujung sensor jam ukur (dial indicator) ditempelkan tegak lurus pada test bar siku kemudian digerakkan secara vertikal sepanjang test bar.

### **3. Ketegak lurusan permukaan meja kerja terhadap kolom pembimbing**

Pengujian dilakukan dalam arah vertical simetri dengan menggunakan alat bantu dial indicator dengan ketelitian/resolusi 0,001 mm yang diletakkan pada meja kerja mesin.

### **4. Ketegaklurusan permukaan meja kerja terhadap gerak vertical spindle utama**

Pengujian ini menggunakan alat bantu test bar lurus yang dipasang pada spindle head milling dan dial indicator dengan ketelitian/resolusi 0,001 mm.

#### 5. Kedataran Permukaan Meja Kerja

Penyimpangan maksimum yang diijinkan menurut ISO adalah 0,025 mm untuk panjang lintasan pengujian 300 mm. Alat Bantu yang digunakan adalah jam ukur (Dial Indicator) yang dipasang pada head milling.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penyelarasan meja kerja

##### a. Penyelarasan Dalam Arah Memanjang

Menunjukkan pembacaan pada bagian kiri spirit level pada angka garis 3, sedangkan pada bagian kanan spirit level menunjukkan angka 0. Spirit level yang dipakai untuk pengujian ini mempunyai ketelitian 0,02 mm/1000 mm per divisi. Jadi penyimpangan yang terjadi pada proses penyelarasan meja kerja mesin ini adalah rata-rata 1,5 divisi, yang artinya untuk pengukuran sejauh 1000 mm meja ini mempunyai penyimpangan 0,03 mm (slop kemiringan garis).



Gambar 1a. Pengukuran Penyelarasan Meja Kerja Arah Memanjang

##### b. Penyelarasan Dalam Arah Melintang

Menunjukkan pembacaan pada bagian kiri spirit level pada angka -1, sedangkan pada bagian kanan menunjukkan angka +1, sehingga penyimpangan yang terjadi pada arah melintang ini bisa dikatakan tidak ada (datar).



Gambar 1b. Pengukuran Penyelarasan Meja Kerja Arah melintang

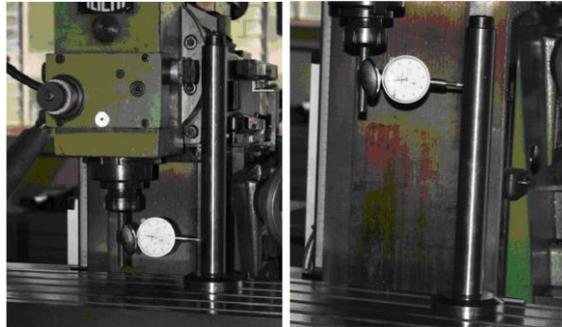
#### 3.2 Pengujian Kelurusan Gerak Vertikal Lutut.

Penyimpangan yang diijinkan adalah 0,025 mm untuk pengujian sejauh lintasan 300 mm. Data hasil pengujiannya adalah sebagai berikut :

Tanda minus pada tabel menunjukkan bahwa pada saat dilakukan pengujian daerah yang bersangkutan lebih jauh ke garis skala nol dibandingkan titik awal (titik nol ), begitu juga sebaliknya (lihat gambar 2 ).

Alat bantu yang digunakan dalam pengujian ini adalah test bar siku dan dial indicator ketelitian/resolusi 0,001 mm serta magnit stand nya yang diletakkan pada bagian yang tidak bergerak, sedangkan test barnya diletakkan ditengah-tengah meja mesin.

Pada saat dial indicator pada posisi yang dianggap sebagai titik awal (paling bawah) pengukuran posisi jarum diset pada titik 0, setelah dial gauge digerakan secara vertikal ke titik atas (sejauh 300 mm), maka jarum dial indicator menunjukkan angka negatif, hal ini menunjukkan bahwa bagian yang diukur semakin menjauhi garis skala nol.



Gambar 2. Pengukuran/Pengujian Kelurusan Gerak Vertical Lutut

Tabel 1. Hasil pengujian kelurusan gerak vertical lutut

Posisi	Jarak (mm)	Penyimpangan (mm)		
		Naik	Turun	Rata-rata
0	0	0,000	0,000	0,000
1	25	-0,010	-0,016	-0,013
2	50	-0,013	-0,018	-0,0155
3	75	-0,025	-0,020	-0,0225
4	100	-0,032	-0,030	-0,031
5	125	-0,045	-0,053	-0,049
6	150	-0,050	-0,061	-0,0555
7	175	-0,036	-0,040	-0,038
8	200	-0,020	-0,022	-0,021
9	225	-0,010	-0,014	-0,012
10	250	0,023	0,010	0,0155
11	275	0,035	0,020	0,0275
12	300	0,046	0,048	0,047

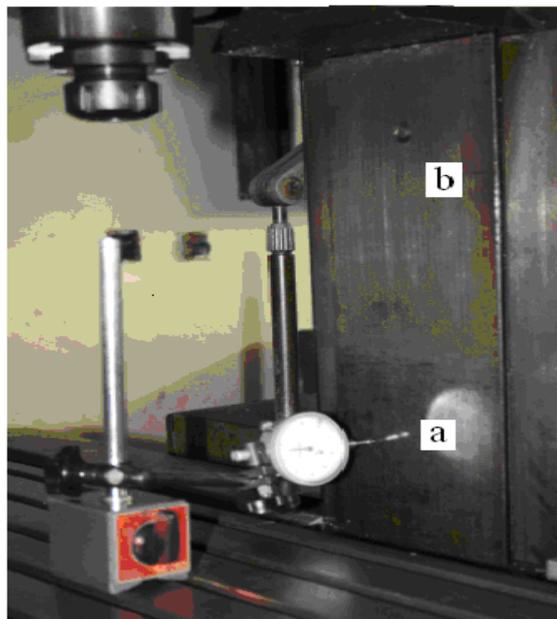
Dari table di atas dapat dilihat bahwa penyimpangan yang terjadi untuk pengujian kelurusan gerak lutut dalam arah tegak lurus vertical simetri dengan mesin adalah sebesar 0,047 mm untuk pengujian sejauh 300 mm, sedangkan penyimpangan maksimum yang diijinkan menurut ISO adalah 0,025 mm. Jadi penyimpangan yang terjadi sudah melebihi batas yang diijinkan.

Hal ini kemungkinan disebabkan oleh :

- Keausan pasak luncur (wedge)
- Keausan pada bidang luncur dove tail baik referensi pada mesin maupun meja kerja, sehingga menjadi tidak rata dan menyebabkan ketidaksamaan gerak meja.

### 3.3 Pengujian Ketegaklurusan Meja Kerja Terhadap Kolom Pembimbing

Pengujian ini menggunakan alat bantu yaitu jam ukur (Dial Indicator) dengan ketelitian/resolusi 0,001 mm, diletakkan pada meja mesin. Pada posisi a jarum dial diset ke angka nol, kemudian digerakkan ke atas sampai titik b (jarak 300 mm).



Gambar 3. Pengukuran ketegaklurusan meja terhadap kolom pembimbing

Tabel 2. Hasil pengujian ketegaklurusan Meja kerja terhadap kolom pembimbing

Posisi	Jarak (mm)	Penyimpangan (mm)		
		Naik	Turun	Rata-rata
0	0	0,000	0,000	0,000
1	25	- 0,008	- 0,002	- 0,005
2	50	- 0,002	- 0,010	- 0,006
3	75	- 0,012	- 0,020	- 0,016
4	100	0,006	- 0,024	- 0,009
5	125	0,010	- 0,032	- 0,011
6	150	0,012	- 0,020	- 0,004
7	175	0,016	- 0,030	- 0,007
8	200	0,005	- 0,030	- 0,0125
9	225	0,010	0,032	0,021
10	250	0,012	0,042	0,027
11	275	0,010	0,050	0,030
12	300	0,002	0,040	0,021

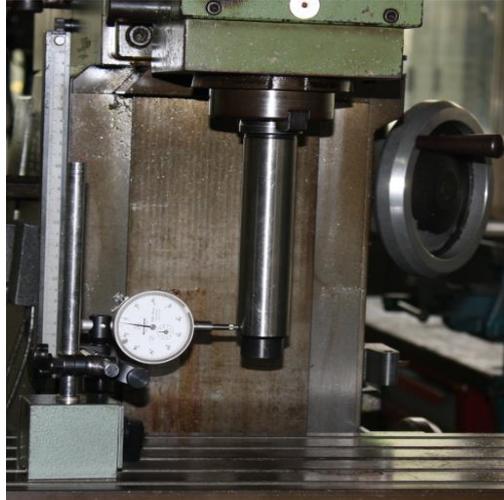
Dari data hasil pengujian diatas maka dapat diketahui bahwa besarnya penyimpangan yang terjadi adalah sebesar 0,030 untuk pengujian sepanjang 300 mm, sedangkan penyimpangan yang diijinkan menurut standar ISO adalah 0,025 mm per 300 mm. Jadi penyimpangan yang terjadi sudah melebihi batas yang diijinkan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain :

- Setelan pasak luncur (wedge) sudah kendur
- Keausan pada permukaan bidang luncur dove tail, sehingga gerakan meja kerja tidak tegak lurus lagi terhadap kolom mesin.

### 3.4 Pengujian Ketegaklurusan Meja Kerja Terhadap Gerak Vertikal Sumbu Utama

Penyimpangan maksimum yang diijinkan untuk pengujian ini adalah 0,025 mm untuk pengujian sepanjang lintasan 300 mm.

Alat yang digunakan adalah test bar lurus yang dipasang pada spindel head milling dan jam ukur (dial indikator & magnet stand) yang dipasang pada meja kerja (lihat gambar 4 dibawah).



Gambar 4. Pengukuran ketegaklurusan meja kerja terhadap gerak vertikal sumbu utama

Tabel 3. Hasil pengujian ketegaklurusan meja kerja terhadap gerak vertical sumbu utama.

Posisi	Jarak (mm)	Penyimpangan		
		Naik	Turun	Rata-rata
0	0	0,000	0,000	0,000
1	25	-0,008	- 0,002	- 0,005
2	50	-0,018	- 0,010	- 0,014
3	75	-0,012	- 0,013	- 0,0125
4	100	- 0,025	- 0,022	- 0,0235
5	125	- 0,021	- 0,020	- 0,0205
6	150	- 0,018	- 0,020	- 0,019
7	175	- 0,016	- 0,010	- 0,013
8	200	- 0,017	- 0,015	- 0,016
9	225	- 0,020	- 0,008	- 0,014
10	250	0,010	0,006	0,008
11	275	0,015	0,005	0,010
12	300	0,002	0,012	0,007

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa penyimpangan maksimum yang terjadi adalah 0,0235 mm, sedangkan menurut standar ISO penyimpangan maksimum yang diijinkan adalah 0,025, sehingga penyimpangan yang terjadi masih dalam batas yang diijinkan.

### 3.5 Pengujian Kedataran Permukaan Meja Kerja

Dalam pengujian ini penyimpangan maksimum yang diijinkan menurut ISO 1701 adalah 0,05 mm untuk panjang lintasan pengujian 300 mm.



Gambar 5. Pengukuran kedataran permukaan meja kerja

Tabel 5.4. Hasil pengujian kedataran permukaan meja kerja

Posisi	Jarak (mm)	Penyimpangan		
		Naik	Turun	Rata-rata
0	0	0,000	0,000	0,000
1	25	0,005	-0,012	- 0,0085
2	50	-0,002	-0,010	- 0,006
3	75	-0,022	-0,030	- 0,026
4	100	-0,020	-0,032	- 0,026
5	125	- 0,020	- 0,030	- 0,025
6	150	- 0,016	- 0,036	- 0,026
7	175	- 0,012	- 0,042	- 0,027
8	200	- 0,005	0,010	0,005
9	225	0,005	0,042	0,0235
10	250	0,010	0,060	0,035
11	275	0,010	0,080	0,045
12	300	0,035	0,085	0,06

Dari table di atas terlihat besarnya penyimpangan maksimum yang terjadi adalah 0,06 mm, jadi sudah menyimpang dari ditoleransi yang diizinkan, hal ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

- Sering terjadi benturan pada meja kerja sehingga menyebabkan deformasi pada meja kerja.
- Terjadinya keausan pada meja kerja

#### 4. KESIMPULAN

##### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil kelima macam pengujian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa 80% dari hasil pengukuran terjadi penyimpangan artinya tidak sesuai dengan batas penyimpangan maksimum yang diijinkan menurut standar ISO 1701. Maka dapat disimpulkan bahwa mesin Milling F4 yang berada di Bengkel Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta ini sudah tidak laik digunakan, baik untuk praktek mahasiswa, apalagi digunakan untuk produksi.

##### 4.2 Saran

Berdasarkan data-data yang didapatkan dari perpustakaan bengkel mesin, mesin-mesin ini mulai digunakan pada tahun 1982 jadi umurnya sudah berumur 27 tahun, hal ini wajar kalau kondisi mesin ini sudah tidak laik digunakan lagi.

Untuk itu Politeknik perlu membuat rencana jangka panjang untuk regenerasi, yaitu mengganti dengan mesin-mesin baru secara bertahap.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Bagiasna, Komang, 1999, Pengetesan Kondisi dan Ketelitian Mesin Perkakas, Bandung: ITB.
- [2] Doebelin, Ernest O, 1993, Measurement System Application and Design, 2nd edition, New York, McGraw-Hill Company.
- [3] International Standard Organization, 1987, Standard Hand Book 5, 2nd edition, ISBN 92-67-101334, Switzerland.
- [4] Jhoshi, PH, 2007, Machine Tools Handbook, New York, McGraw-Hill Professional
- [5] Schlesinger George, 1986, Testing Machine Tools, Pergamon Press.
- [6] Trapet Eugen, 1990, Geometrical and Kinematical Measurement on Machine Tools And Coordinate Measuring Machines, KIM-LIPI.



Sponsored by :



**Badak LNG**



**LafargeHolcim**

