



JURNAL TEKNIK

TEKNIK INFORMATIKA - TEKNIK MESIN - TEKNIK SIPIL - TEKNIK ELEKTRO - TEKNIK INDUSTRI

ANALISIS KONDISI JALAN REL, SARANA-PRASARANA STASIUN PADA BEBERAPA STASIUN DI JABODETABEK
Saiful Haq, Halimah Tunafiah

ANALISA LINGKUNGAN KERJA DI PT. IRC INOAC INDONESIA UNTUK MENINGKATKAN KINERJA KARYAWAN YANG OPTIMAL
Ade Prasetyo, Ellysa Kusuma Laksanawati

PEMELIHARAAN BOOSTING DAN UJI KAPASITAS BATERE 110 VDC
Sumardi Sadi, Adam

APLIKASI OBJEK WISATA BERBASIS SMARTPHONE ANDROID
Didik Aribowo, Desmira, Hendra

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENERIMAAN SISWA BARU (PSB) BERBASIS WEB DI SMK GLOBAL INFORMATIKA TANGERANG
Muhammad Jonni & Martono

EFEKTIFITAS DESAIN AIR MANCUR TERHADAP LINGKUNGAN SEKITAR BUNDARAN GLADAG SURAKARTA
Siti Abadiyah

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI TRANSAKSI PEMINJAMAN BUKU BERBASIS WEB ON LINE PADA PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH TANGERANG

Sri Mulyati, Rahmat Hidayat, Ika Dewi Lestari

ANALISA PENGENDALIAN KUALITAS RESIN ABC MENGGUNAKAN SIX SIGMA DI PT. PARDIC JAYA CHEMICALS
Tri Widodo, Hari Priyadi

"PERFORMANCE TEST" POMPA SENTRIFUGAL TIPE ETA-N 125 x 100-400 DI PT TORIHIMA GUNA INDONESIA
Joko Hardono

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PERSEDIAAN BARANG PADA PT. MULTI BOX INDAH
Rohmat Taufiq, Diajeng Fatimah Nandhar 'Umi

DAKTILITAS PADA STRUKTUR BALOK DI BANGUNAN TINGGI PADA DAERAH RAWAN GEMPA SESUAI DENGAN PERATURAN SNI 1726:2012
Almufid, Lukiyono

MONITORING DETAK JANTUNG DENGAN MENGGUNAKAN SMARTPHONE ANDROID MELALUI MEDIA BLUETOOTH BERBASIS ATMEGA8
Asep Saefullah, Fredy Susanto, Riandy Erlangga

PERCEPATAN PELAKSANAAN KAWASAN INDUSTRI SURYA CIPTA KARAWANG PROPINSI JAWA BARAT
Sugeng Purwanto

PERANCANGAN MESIN PARUT KELAPA SKALA RUMAHAN DENGAN KAPASITAS 1KG/9,78 MENIT
Heri Gunawan, Yafid Effendi

ANALISA KAPASITAS MESIN INJECTION DAN KELAYAKAN INVESTASI MESIN PADA RUBBER MANUFACTURING
Puji Rahayu, Sita Kurniaty Ratoko

APLIKASI KONTROL PID DENGAN SOFTWARE MATLAB
Triyono

Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33, Cikokol Tangerang - Tlp. 021 - 51374916

Jurnal Teknik	Vol.	No.	Hlm.	FT. UMT	ISSN
	4	2	1-100	September 2015	2302-8734

JURNAL TEKNIK

Teknik Informatika ~ Teknik Mesin ~ Teknik Sipil
Teknik Elektro ~ Teknik Industri



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH TANGERANG**

Pelindung:

Dr. H. Achmad Badawi, S.Pd., SE., MM.
(Rektor Universitas Muhammadiyah Tangerang)

Penanggung Jawab:

Ir. Saiful Haq, M.Si.
(Dekan Fakultas Teknik)

Pembina Redaksi:

Rohmat Taufik, ST., M.Kom.
Drs. H. Syamsul Bahri, MSi.
Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.

Pimpinan Redaksi:

Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.

Redaktur Pelaksana:

Yafid Efendi, ST, MT.

Editor Jurnal Teknik UMT:

Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.

Dewan Redaksi:

Hendra Harsanta, SPd., MT.
Tri Widodo, ST., MT.
Bambang Suhardi W, ST., MT.
Almufid, ST., MT.
Siti Abadiyah, ST., MT.
M. Jonni, SKom., MKom.
Elfa Fitria, SKom., MKom.
Lenni, ST., MT.

Kasubag:

Ferry Hermawan, MM.

Kuangan:

Elya Kumalasari, S.Ikom.

Setting & Lay Out:

Muhlis, S.E.
Saiful Alam, SE..

Mitra Bestari:

Prof. Dr. Aris Gumilar
Ir. Doddy Hermiyono, DEA.
Ir. Bayu Purnomo
Dr. Ir. Budiyanto, MT.

JURNAL TEKNIK

Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang

Alamat Redaksi:

Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33, Cikokol Tangerang
Tlp. (021) 51374916

Jurnal Teknik	Vol.	No.	Hlm.	UMT	ISSN
	4	2	1-100	September 2015	2302-8734

DAFTAR ISI

- **ANALISIS KONDISI JALAN REL, SARANA-PRASARANA STASIUN PADA BEBERAPA STASIUN DI JABODETABEK – 1**
Saiful Haq & Halimah Tunafiah
- **ANALISA LINGKUNGAN KERJA DI PT. IRC INOAC INDONESIA UNTUK MENINGKATKAN KINERJA KARYAWAN YANG OPTIMAL – 7**
Ade Prasetyo & Ellysa Kusuma Laksanawati
- **PEMELIHARAAN BOOSTING DAN UJI KAPASITAS BATERE 110 VDC – 11**
Sumardi Sadi & Adam
- **APLIKASI OBJEK WISATA BERBASIS SMARTPHONE ANDROID – 17**
Didik Aribowo, Desmira, & Hendra
- **RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENERIMAAN SISWA BARU(PSB) BERBASIS WEB DI SMK GLOBAL INFORMATIKA TANGERANG – 22**
Muhammad Jonni & Martono
- **EFEKTIFITAS DESAIN AIR MANCUR TERHADAP LINGKUNGAN SEKITAR BUNDRAN GLADAG SURAKARTA – 29**
Siti Abadiyah
- **RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI TRANSAKSI PEMINJAMAN BUKU BERBASIS WEB ON LINE PADA PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH TANGERANG – 34**
Sri Mulyati, Rahmat Hidayat, Ika Dewi Lestari
- **ANALISA PENGENDALIAN KUALITAS RESIN ABC MENGGUNAKAN SIX SIGMA DI PT. PARDIC JAYA CHEMICALS – 40**
Tri Widodo & Hari Priyadi
- **“PERFORMANCE TEST” POMPA SENTRIFUGAL TIPE ETA-N 125 x 100-400 DI PT TORIHIMA GUNA INDONESIA – 50**
Joko Hardono
- **PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PERSEDIAAN BARANG PADA PT. MULTI BOX INDAH – 58**
Rohmat Taufiq & Diajeng Fatimah Nandhar Umi
- **DAKTILITAS PADA STRUKTUR BALOK DIBANGUNAN TINGGI PADA DAERAH RAWAN GEMPA SESUAI DENGAN PERATURAN SNI 1726;2012 – 63**
Almufid & Lukiyono
- **MONITORING DETAK JANTUNG DENGAN MENGGUNAKAN SMARTPHONE ANDROID MELALUI MEDIA BLUE-TOOTH BERBASIS ATMEGA8 – 73**
Asep Saefullah, Fredy Susanto, & Riandy Erlangga
- **PERCEPATAN PELAKSANAAN KAWASAN INDUSTRI SURYA CIPTA KARAWANG PROPINSI JAWA BARAT – 79**
Sugeng Purwanto
- **PERANCANGAN MESIN PARUT KELAPA SKALA RUMAHAN DENGAN KAPASITAS 1KG/9,78 MENIT – 85**
Heri Gunawan & Yafid Effendi
- **ANALISA KAPASITAS MESIN INJECTION DAN KELAYAKAN INVESTASI MESIN PADA RUBBER MANUFACTURING – 90**
Puji Rahayu & Sita Kurniaty Ratoko
- **APLIKASI KONTROL PID DENGAN SOFTWARE MATLAB – 96**
Triyono



**Sambutan Dekan
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang**

Puji Syukur kehadiran Allah Swt. karena berkat karunia dan ijin-Nyalah Tim penyusun Jurnal Teknik Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang dapat menyelesaikan tugasnya tepat sesuai dengan waktu ditetapkan.

Saya menyambut baik diterbitkannya Jurnal Teknik Vol. 4 No. 2 Setember 2015, terbitnya jurnal ini, merupakan respon atas terbitnya Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi; Surat Dirjen Dikti Nomor 2050/E/T/2011 tentang kebijakan unggah karya ilmiah dan jurnal; Surat Edaran Dirjen Dikti Nomor 152/E/T/2012 tertanggal 27 Januari 2012 perihal publikasi karya ilmiah yang antara lain menyebutkan untuk lulusan program sarjana terhitung mulai kelulusan setelah 2012 harus menghasilkan makalah yang terbit pada jurnal ilmiah.

Terbitnya Jurnal ini juga diharapkan dapat mendukung komitmen dalam menunjang peningkatan kemampuan para dosen dan mahasiswa dalam menyusun karya ilmiah yang dilandasi oleh kejujuran dan etika akademik. Perhatian sangat tinggi yang telah diberikan rektor Universitas Muhammadiyah Tangerang khususnya mengenai *plagiarism* dan cara menghindarinya, diharapkan mampu memacu semangat dan motivasi para pengelola jurnal, para dosen dan mahasiswa dalam menyusun karya ilmiah yang semakin berkualitas.

Saya mengucapkan banyak terimakasih kepada para penulis, para pembahas yang memungkinkan jurnal ini dapat diterbitkan, dengan harapan dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin dalam peningkatan kualitas karya ilmiah.

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang,

Ir. Saiful Haq, M.Si.



Pengantar Redaksi
Jurnal Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang

Puji dan Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadapan Allah Swt. atas karunia dan lindungan-Nya sehingga Jurnal Teknik Vol. 4 No. 2 Bulan September 2015 dapat diterbitkan.

Menghasilkan karya ilmiah merupakan sebuah tuntutan perguruan tinggi di seluruh dunia. Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu darma pendidikan, darma penelitian, dan darma pengabdian kepada masyarakat mendorong lahirnya dinamika intelektual diantaranya menghasilkan karya-karya ilmiah. Penerbitan Jurnal Teknik ini dimaksudkan sebagai media dokumentasi dan informasi ilmiah yang sekiranya dapat membantu para dosen, staf dan mahasiswa dalam menginformasikan atau mempublikasikan hasil penelitian, opini, tulisan dan kajian ilmiah lainnya kepada berbagai komunitas ilmiah.

Buku Jurnal yang sedang Anda pegang ini menerbitkan 16 artikel yang mencakup bidang teknik sebagaimana yang tertulis dalam daftar isi dan terdokumentasi nama dan judul-judul artikel dalam kulit cover Jurnal Teknik Vol. 4 No. 2 bulan September 2015 dengan jumlah halaman 1-100 halaman.

Jurnal Teknik ini tentu masih banyak kekurangan dan masih jauh dari harapan, namun demikian tim redaksi berusaha untuk ke depannya menjadi lebih baik dengan dukungan kontribusi dari semua pihak. Harapan Jurnal Teknik akan berkembang menjadi media komunikasi intelektual yang berkualitas, aktual dan faktual sesuai dengan dinamika di lingkungan Universitas Muhammadiyah Tangerang.

Tak lupa pada kesempatan ini kami mengundang pembaca untuk mengirimkan naskah ringkasan penelitiannya ke redaksi kami. Kami sangat berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Jurnal Teknik ini semoga buku yang sedang Anda baca ini dapat bermanfaat.

Pimpinan Redaksi Jurnal Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang,

Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.

ANALISA PENGENDALIAN KUALITAS RESIN ABC MENGGUNAKAN SIX SIGMA DI PT. PARDIC JAYA CHEMICALS

Tri Widodo, Hari Priyadi

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di dunia bisnis dan perdagangan membuat persaingan menjadi ketat dan tajam. Dalam usahanya untuk memenuhi kepuasan konsumen yang makin tinggi, maka perusahaan harus dapat menentukan faktor kualitas yang diminta oleh konsumen, selain faktor harga, design, dan faktor lainnya. Salah satu metode yang dapat dilakukan perusahaan untuk selalu meningkatkan kualitas produksi adalah dengan menggunakan metode *Six Sigma*. *Six Sigma* merupakan pengendalian kualitas yang targetnya yaitu 3,4 DPMO atau 3,4 cacat per sejuta kesempatan. Dengan adanya target six sigma yang 3,4 DPMO maka dapat dikatakan realitas untuk dapat dicapai dari pengendalian kualitas yang berdasar pada *zero defect*. Pengendalian kualitas yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *six sigma* dengan metodologi DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), yang dilakukan di tiap proses produksi tetapi sebelum melaksanakan pengendalian kualitas dengan metode *six sigma* perlu adanya rencana agar pelaksanaan *six sigma* dapat sukses diterapkan. Pengendalian kualitas dibutuhkan PT. Pardic Jaya Chemicals untuk tetap menjaga proses produksi menjadi aliran proses yang kuat dan handal sehingga pencapaian level sigma sebesar 3,46 dan DPMO sebesar 25514,4 dapat lebih ditingkatkan serta tidak ada lagi hasil produksi yang cacat atau dengan kata lain tidak ada lagi kerugian bagi perusahaan karena produk cacat.

Kata Kunci: *Teknologi, Six Sigma, DPMO, Zero Defect, DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)*

1. PENDAHULUAN

PT. Pardic Jaya Chemicals adalah salah satu perusahaan resin sintesis yang selalu berusaha menghasilkan resin sintesis yang sesuai dengan standar demi memuaskan pelanggan. Pada kenyataannya, masih terdapat produk yang *defect/cacat*. Hal ini tentunya tidak sesuai dengan target perusahaan yang menginginkan hasil produksi yang sempurna demi menghadapi persaingan dunia bisnis yang semakin ketat.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan kualitas dan mengatasi cacat produk yang banyak adalah metode *six sigma*. Melalui penekanan pada kemampuan proses (*Process Capability*), industri dapat mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO – *Defects Per Million Opportunities*). *Six sigma* sendiri merujuk kepada target kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 cacat (*defect*) untuk setiap juta aktivitas atau peluang. Dengan kata lain, *six sigma* adalah sebuah konteks yang didalamnya kita akan dapat mengintegrasikan banyak “praktik terbaik” serta konsep manajemen yang berharga tapi sering kali tidak berkaitan, mencakup pemikiran sistem, perbaikan terus menerus, *knowledge management*, *mass customization*, dan manajemen berbasis aktivitas (*activity-based management*)

(Pande dkk, 2002:82). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor penyebab *defect* yang terjadi pada produk resin ABC dan mengetahui prioritas usulan perbaikan yang dapat digunakan untuk mengurangi jumlah *defect* pada resin ABC.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *six sigma*. Aplikasi *six sigma* berfokus pada cacat dan variasi, dimulai dengan mengidentifikasi unsur-unsur kritis terhadap kualitas (*Critical to Quality - CTQ*) dari suatu proses. *Six sigma* menganalisa kemampuan proses dan bertujuan menstabilkannya dengan cara mengurangi atau menghilangkan variasi–variasi. Langkah mengurangi cacat dan variasi dilakukan secara sistematis dengan mendefinisikan, mengukur, menganalisa, memperbaiki, dan mengendalikan. Langkah penelitian yang dilakukan adalah:

1. Survey pendahuluan yang dilakukan pada PT Pardic Jaya Chemicals untuk mengetahui kondisi umum perusahaan;
2. Identifikasi masalah dengan membahas masalah yang terkait atribut produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi;
3. Studi Literatur yang dilakukan dengan cara mempelajari buku dan jurnal ilmiah untuk

mendapatkan referensi terkait dengan topik yang dibahas pada penelitian ini;

4. Pengumpulan data yang dilakukan untuk mendapatkan data mengenai jumlah produk *defect* serta tipe *defect*;
5. Analisa yang dilakukan melalui tahap *define*, *measure*, *analyze*, dan *improve* menggunakan data yang telah diperoleh dari tahap pengumpulan data;
6. Pembahasan yang dilakukan untuk menguraikan lebih rinci terkait hasil yang diperoleh dari tahap analisa; dan
7. Kesimpulan yang merupakan jawaban atas permasalahan yang ada. Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *six sigma* melalui tahap sebagai berikut:

2.1. Define

Pada tahap ini PT. Pardic Jaya Chemicals mendefinisikan masalah-masalah kualitas produk resin ABC dengan cara menghitung persentase produk cacat terhadap jumlah produksi pada bulan Januari sampai September 2014. Pada tahap ini ditentukan proporsi *defect* yang menjadi penyebab paling signifikan terhadap adanya kerusakan produk. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap *define* ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendefinisikan kriteria pemilihan proyek yang ada di perusahaan PT. Pardic Jaya Chemicals.

Pada tahap ini PT. Pardic Jaya Chemicals mendefinisikan masalah-masalah kualitas produk resin ABC, proses produksi dengan cara menghitung persentase produk cacat terhadap jumlah produksi pada bulan Januari sampai September 2014.

$$\text{Prosentase produk cacat} = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{jumlah produk}} \times 100\%$$

- b. Mendefinisikan peran orang-orang yang terlibat dalam memproduksi resin ABC di PT. Pardic Jaya Chemicals.

Jabatan yang berkaitan dengan masalah produksi adalah pada jabatan bagian produksi. Permasalahan yang timbul seperti kurangnya pengawasan dalam memproduksi resin ABC, hal ini disebabkan karena mereka masih memiliki sedikit pengetahuan atau wawasan yang lebih luas mengenai pengendalian kualitas, maka salah satu cara untuk menanganinya yaitu semua individu yang terlibat pada bagian produksi diberikan sebuah *training* dan penyuluhan mengenai pengendalian kualitas.

- c. Mendefinisikan proses kunci beserta pelanggan dari produk resin ABC dengan metode *Six Sigma*.

Dengan membandingkan standarisasi yang telah ditetapkan perusahaan yaitu tidak lebih 1%

dari jumlah produk pada proses produksi dengan hasil perhitungan persentase produk cacat resin ABC terhadap jumlah produk resin pada bulan Januari sampai September 2014.

2.2. Measure

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap *measure* ini adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan karakteristik kualitas (CTQ) kunci.

Langkah ini menetapkan karakteristik kunci apa saja yang dapat menyebabkan suatu produk tidak memenuhi harapan pelanggan.

- b. Melakukan pengukuran *baseline* kinerja.

Pada langkah ini dilakukan pengukuran tingkat kinerja perusahaan sebelum proyek *six sigma* berlangsung dapat dilihat. Langkah-langkah untuk melakukan pengukuran *baseline* kinerja adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan periode waktu yang akan diuji;
- b. Menuliskan jumlah produk yang akan diperiksa selama periode No. 1 pada kolom tabel (B);
- c. Menuliskan jumlah produk cacat pada kolom tabel (C);
- d. Menuliskan jumlah CTQ potensial penyebab kecacatan produk pada tabel (D);
- e. Menghitung dan menuliskan DPMO pada kolom tabel D dengan menggunakan rumus:
$$\text{DPMO} = \frac{C}{B \times D} \times 1.000.000$$
; dan
- f. Mengkonversi DPMO menjadi nilai sigma, dengan menggunakan tabel Konversi Hasil Bebas Cacat ke Nilai Sigma dan DPMO

2.3. Analyze

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap *analyze* adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan analisis *kapabilitas proses*.

Pada langkah ini dilakukan perhitungan CTQ potensial untuk mengetahui CTQ potensial tertinggi yang menyebabkan terjadinya produk cacat. Langkah yang ditempuh untuk menghitung CTQ potensial tertinggi yaitu:

1. Menghitung frekuensi dari setiap CTQ yang kemudian hasilnya dituliskan ke dalam tabel;
2. Menggambarkan hasil perhitungan ke dalam Diagram Pareto.

- b. Mengidentifikasi sumber-sumber penyebab produk cacat.

Pada langkah ini diidentifikasi sumber-sumber penyebab terjadinya produk cacat. Oleh karena itu digunakan diagram sebab akibat atau diagram Ishikawa (*Fish Bone*) yang sering disebut diagram tulang ikan. Dalam penelitian ini penyebab kerusakan produk hanya ditinjau dari:

1. Man/manusia yang terlibat langsung dalam proses produksi;

2. *Material*/bahan baku yang digunakan dalam proses produksi;
3. *Machine*/mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi;
4. *Method*/metode yang digunakan dalam proses produksi; dan
5. *Media*/lingkungan yang terlibat langsung atau yang tidak langsung dalam proses produksi.

2.4. Improve

Menetapkan rencana tindakan (*actionplan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *six sigma*. Rencana mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya serta prioritas dan alternatif yang dilakukan dalam implementasi dari rencana itu. Perancangan pada tahap *improve* dilakukan dengan cara melalui tahap-tahap merancang metode 5W-1H (*What*-tujuan, *Why*-alasan kegunaan, *Where*-lokasi, *When*-kapan, *Who*-orang, dan *How*-metode).

- a. *Improve* pada faktor *Man*: ditentukan apakah tujuan *improve* pada faktor *Man*, alasan kegunaannya, lokasi, sekuens, dan bagaimana caranya;
- b. *Improve* pada faktor *Machine*: ditentukan apakah tujuan *improve* pada faktor *Machine*, alasan kegunaannya, lokasi, sekuens, dan bagaimana caranya.
- c. *Improve* pada faktor *Material*: ditentukan apakah tujuan *improve* pada faktor *Material*, alasan kegunaannya, lokasi, sekuens, dan bagaimana caranya.
- d. *Improve* pada faktor *Method*: ditentukan apakah tujuan *improve* pada faktor *method*, alasan kegunaannya, lokasi, sekuens, dan bagaimana caranya.
- e. *Improve* pada faktor *Media*: ditentukan apakah tujuan *improve* pada faktor *media*, alasan kegunaannya, lokasi, sekuens, dan bagaimana caranya.

2.5. Control

Perancangan pada tahap *control* dilakukan dengan merancang hasil-hasil peningkatan kualitas yang akan kemudian akan mengintegrasikan hasil *six sigma* ke cara-cara praktek bisnis sehingga tercapai pengendalian kualitas perusahaan.

3. ANALISA & PEMBAHASAN

3.1. Tahap Define

Fase ini terkait dengan identifikasi proses atau produk yang membutuhkan perbaikan. Tujuan yang akan dicapai adalah mengurangi jumlah *defect* pada hasil produksi. *Defect* yang menjadi fokus perbaikan adalah produk yang mempunyai prosentase *defect* paling besar atau paling dominan. Yang pertama dilakukan adalah mencari pro-

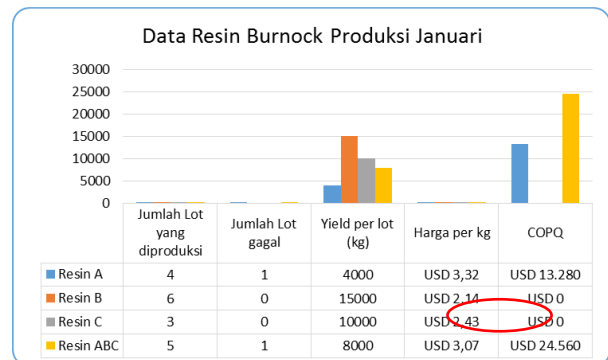
duk-produk yang menyebabkan kerugian terbesar karena terjadi *defect*.

No	ProductType	Quantities (kg)
1	Acrylic	167000
2	Polylite	310000
3	Beckosol	98560
4	Burnock	325000
5	Didry	285000
6	Precom	20000
7	Styresol	15000
Total		1220560

Dari tabel diatas terlihat produk Burnock adalah produk yang kuantiti produksinya paling besar.



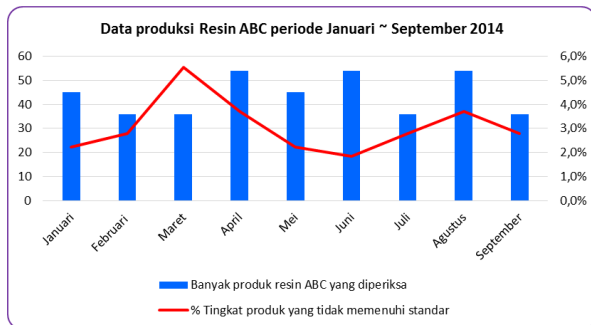
Dari tipe produk Burnock ada beberapa macam resin yang diproduksi dan beberapa diantaranya terjadi *defect*. Hal ini terlihat pada grafik dibawah ini:



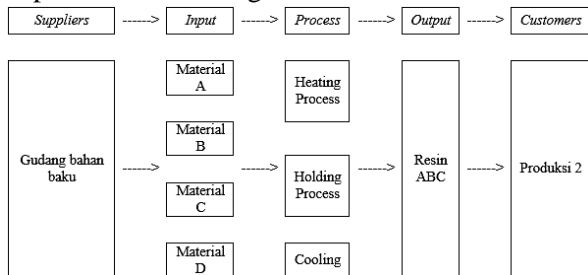
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa produk tipe burnock yang menyebabkan kerugian terbesar adalah kegagalan produksi pada jenis resin ABC yang mempunyai tingkat COPQ terbesar yaitu USD 24.560 selama produksi bulan Januari saja. Bisa dibayangkan bila kegagalan tersebut tidak segera ditindaklanjuti maka kerugian perusahaan akan semakin bertambah besar yang dikarenakan produk cacat. Berdasarkan data diatas maka diambil data dari total jumlah produksi yang diperiksa, banyaknya hasil produksi yang tidak memenuhi standar, dan persentase produk yang tidak memenuhi standar produksi resin ABC selama periode Januari sampai Sep-

tember 2014 dan datanya adalah sebagai berikut:

Bulan	Jumlah item resin ABC yang diperiksa	Jumlah item yang tidak memenuhi standar	% Tingkat produk yang tidak memenuhi standar
Januari	45	1	2,2%
Februari	36	1	2,8%
Maret	36	2	5,6%
April	54	2	3,7%
Mei	45	1	2,2%
Juni	54	1	1,9%
Juli	36	1	2,8%
Agustus	54	2	3,7%
September	36	1	2,8%
Rata-rata	44,0	1,3	3,1%



Terlihat bahwa terjadi *defect* pada resin ABC rata-rata sebanyak 1,3% tiap bulan. Hal ini pasti sangat tidak diinginkan oleh perusahaan karena menjadi kerugian yang sangat besar bagi perusahaan apalagi dilihat dari nilai uang yang dikeluarkan perusahaan. Sedangkan *flow* proses dapat dilihat dari diagram SIPOC berikut:



3.2. Tahap Measure

Measure merupakan tahap pengevaluasian sistem pengukuran dan menaksir kemampuan *baseline* kinerja (*output*) dari perusahaan PT. Pardic Jaya Chemicals. Tahap *measure* ini terdiri dari dua langkah yaitu:

a. Menetapkan karakteristik kualitas kunci (*CTQ*)

Karakteristik-karakteristik kunci yang dapat menyebabkan hasil produksi resin ABC tidak dapat memenuhi harapan pelanggan adalah sebagai berikut:

- OH-Value* tinggi;
- Color* tinggi; dan
- Water Content* tinggi.

Bulan	Banyak item resin ABC yang diperiksa	Jumlah item resin ABC cacat	Banyak CTQ potensial penyebab kecacatan	Deskripsi CTQ potensial
Januari	45	1	1	<i>OH-Value</i> tinggi
Februari	36	1	1	<i>OH-Value</i> tinggi
Maret	36	2	2	<i>OH-Value</i> tinggi, <i>Color</i> tinggi
April	54	2	1	<i>OH-Value</i> tinggi
Mei	45	1	1	<i>OH-Value</i> tinggi
Juni	54	1	1	<i>OH-Value</i> tinggi
Juli	36	1	1	<i>OH-Value</i> tinggi
Agustus	54	2	2	<i>OH-Value</i> tinggi, <i>Water content</i> tinggi
September	36	1	1	<i>OH-Value</i> tinggi

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa ada tiga karakteristik kualitas kunci (*CTQ*) dalam proses produksi resin ABC selama periode Januari sampai dengan September, banyak *CTQ* potensial yang terjadi didominasi oleh kecacatan karena *OH-Value* tinggi. Hal ini dapat terlihat pada bulan Januari ada satu cacat karena *OH-Value* tinggi, bulan Februari ada satu kecacatan potensial *OH-Value* tinggi, bulan Maret ada dua kecacatan potensial *OH-Value* tinggi dan *Color* tinggi, bulan April ada satu kecacatan potensial *OH-Value* tinggi, bulan Mei ada satu kecacatan potensial *OH-Value* tinggi, bulan Juni ada satu kecacatan potensial *OH-Value* tinggi, bulan Juli ada satu kecacatan potensial *OH-Value* tinggi, bulan Agustus ada dua kecacatan potensial *OH-Value* tinggi dan *Water content* tinggi, sedangkan bulan September ada satu kecacatan potensial *OH-Value* tinggi.

b. Melakukan pengukuran kinerja output (*produk resin ABC*)

Pengukuran kinerja *output* dilakukan dengan cara menghitung data hasil pemeriksaan hasil proses pembuatan resin ABC serta menghitung *DPMO* dan nilai *sigma* PT. Pardic Jaya Chemicals, seperti tabel berikut:

Bulan (A)	Banyak item resin ABC yang diperiksa (B)	Banyak item resin ABC yang cacat (C)	Banyak CTQ Potensial penyebab kecacatan (D)	Proporsi (E) $\frac{C}{B} \times 100\%$	<i>DPMO</i> (F) $\frac{C}{B \times D} \times 1jt$	<i>Sigma</i> Level (G)
Januari	45	1	1	2,2%	22222,2	3,51
Februari	36	1	1	2,8%	27777,8	3,41
Maret	36	2	2	5,6%	27777,8	3,41
April	54	2	1	3,7%	37037,0	3,29
Mei	45	1	1	2,2%	22222,2	3,51
Juni	54	1	1	1,9%	18518,5	3,59
Juli	36	1	1	2,8%	27777,8	3,41
Agustus	54	2	2	3,7%	18518,5	3,59
September	36	1	1	2,8%	27777,8	3,41
Total	396	12	Rata-rata	3,1%	25514,4	3,46

Tabel Konversi Sigma

Process Sigma Level Conversion Table			Process Sigma Level Conversion Table		
Yield %	DPMO	Sigma Level	Yield %	DPMO	Sigma Level
6.68000	933.200	0.000	94.79000	52.100	3.125
8.45500	915.450	0.125	95.99000	40.100	3.250
10.56000	894.400	0.250	96.96000	30.400	3.375
13.03000	869.700	0.375	97.73000	22.700	3.500
15.87000	841.300	0.500	98.32000	16.800	3.625
19.08000	809.200	0.625	98.78000	12.200	3.750
22.68000	773.400	0.750	99.12000	8.800	3.875
26.59500	734.050	0.875	99.38000	6.200	4.000
30.85000	691.500	1.000	99.56500	4.350	4.125
35.43500	645.650	1.125	99.70000	3.000	4.250
40.13000	598.700	1.250	99.79500	2.050	4.375
45.02500	549.750	1.375	99.87000	1.300	4.500
50.00000	500.000	1.500	99.91000	900	4.625
54.97500	450.250	1.625	99.94000	600	4.750
59.87000	401.300	1.750	99.96000	400	4.875
64.58500	354.350	1.875	99.97000	230	5.000
69.15000	308.500	2.000	99.98200	180	5.125
73.40500	265.950	2.125	99.98700	130	5.250
77.34000	226.600	2.250	99.99200	80	5.375
80.92000	190.800	2.375	99.99700	30	5.500
84.13000	158.700	2.500	99.99767	23	5.625
86.97000	130.300	2.625	99.99833	17	5.750
89.44000	105.600	2.750	99.99900	10	5.875
91.54500	84.550	2.875	99.99966	3	6.000
93.32000	66.800	3.000			

Berdasarkan dari hasil perhitungan diatas, maka dapat dinyatakan bahwa PT. Pardic Jaya Chemicals memiliki tingkat sigma sebesar 3,46 dengan DPMO rata-rata sebesar 25514,4 per sejuta produk resin ABC. Perusahaan dapat melakukan pengukuran *output* tentang jenis kecacatan yang ditentukan sehingga dapat diketahui kapabilitas sigma dan DPMO perusahaan saat ini, kemudian perusahaan harus melakukan perbaikan-perbaikan untuk mengurangi jumlah kecacatan produk dengan metode *six sigma* sehingga dapat mengurangi jumlah *defect/cacat* yang sering terjadi.

3.3. Tahap *Analyze*

Tahap *analyze* dilakukan untuk mengidentifikasi masalah dan menemukan sumber penyebab masalah kualitas. Tahap ini terdiri atas dua langkah yaitu:

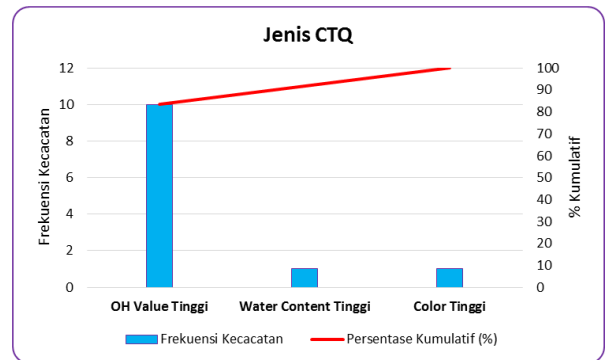
a. *Analisa stabilitas dan kapabilitas (kemampuan) proses.*

Dalam melakukan analisis kapabilitas proses terdapat dua langkah berikut, yaitu:

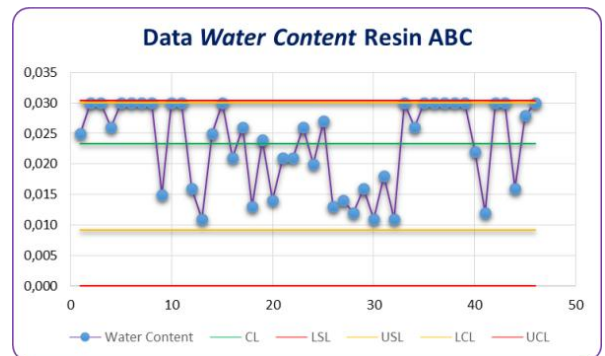
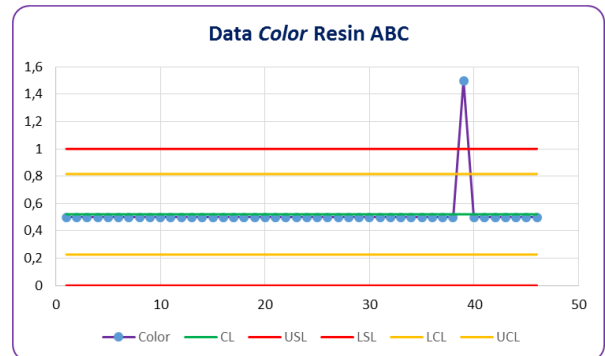
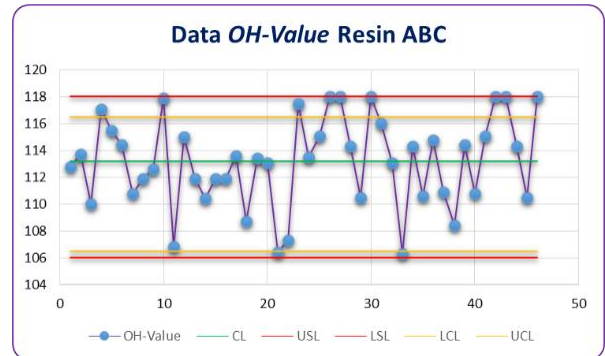
a) Menghitung frekuensi dari setiap CTQ yang kemudian hasilnya dituliskan ke dalam tabel, sebagai berikut:

No	Jenis Kecacatan	Frekuensi Kecacatan	Frekuensi Kumulatif Kecacatan	Persentase dari total cacat (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	OH Value Tinggi	10	10	83,33	83,33
2	Water Content Tinggi	1	11	8,33	91,67
3	Color Tinggi	1	12	8,33	100,00
	Total	12		100,00	

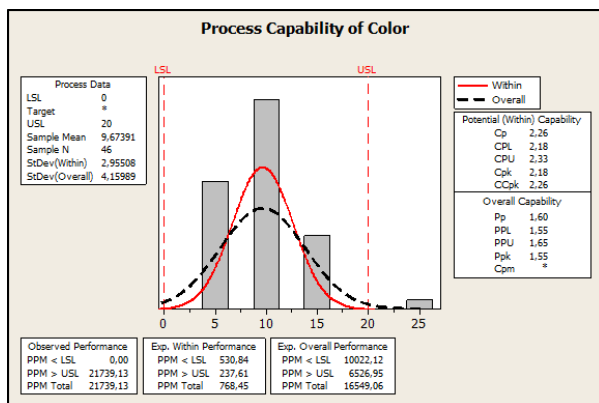
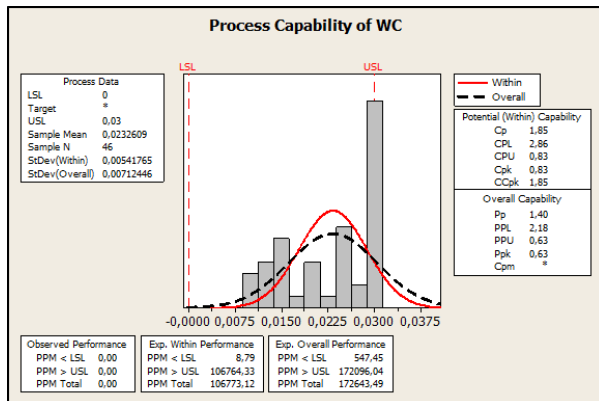
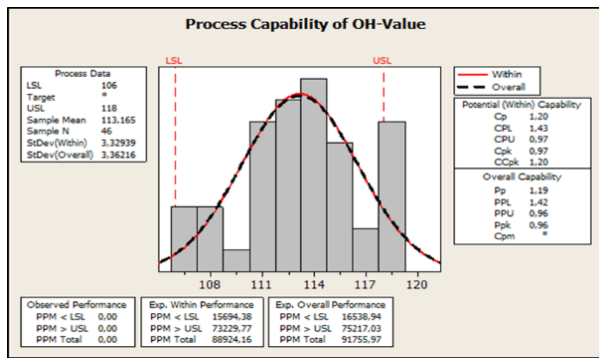
b) Menggunakan hasil perhitungan ke dalam diagram Pareto.



c) Data dan *controlchart* proses.



d) Menghitung Kapabilitas Proses (Cp) & Cpk menggunakan *software* Minitab.



Berdasarkan tabel dan gambar diatas, dapat diketahui rincian tidak terpenuhinya jenis CTQ yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya produk cacat di PT. Pardic Jaya Chemicals. Dari diagram pareto dapat langsung dilihat bahwa jenis dan jumlah kecacatan terbesar pada resin ABC yaitu diakibatkan oleh hasil *OH-Value* yang tinggi sebesar 10 kecacatan sedangkan tabel 4.4 dapat diketahui jumlah persentase dari kecacatan sebesar 83,33% dari total kecacatan. Jenis kecacatan kedua adalah *color* tinggi sebanyak 1 kecacatan dengan persentase sebesar 8,33% dan jenis kecacatan ketiga adalah *watercontent* tinggi sebanyak 1 kecacatan dengan persentase sebesar 8,33%. Pada kenyataannya di PT. Pardic Jaya Chemicals untuk proses pembuatan resin X yang menggunakan resin ABC sebagai bahan baku ada beberapa yang juga harus mengalami kegagalan karena penanganan yang kurang tepat. Maka dari itu

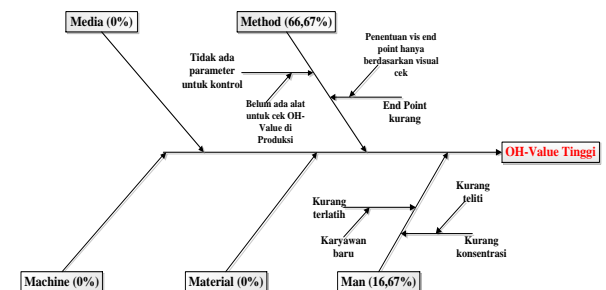
dibutuhkan cara untuk menanggulangi jenis-jenis kecacatan yang terjadi pada resin ABC agar tidak berlanjut pada terjadinya kecacatan lain saat proses pembuatan resin X.

Sedangkan pada perhitungan menggunakan minitab dapat diketahui nilai Cp&Cpk dengan menggunakan *software* Minitab bahwa untuk *OH-Value* mempunyai Cp dan Cpk sebesar 1,20 dan 0,97. Untuk *watercontent* sebesar 1,85 dan 0,83 sedangkan untuk *color* adalah sebesar 2,26 dan 2,18. Hal ini menandakan bahwa *OH-Value* adalah proses yang paling tidak *capable* karena $Cp < 1,33$.

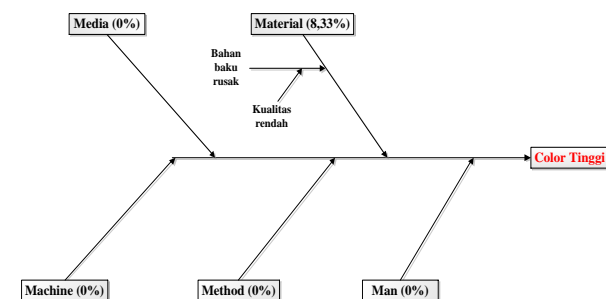
b. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar masalah penyebab kualitas

No	Jenis Kecacatan	Faktor Penyebab Kecacatan					Total
		Man	Material	Method	Machine	Media	
1	<i>OH-Value</i> Tinggi	2	0	8	0	0	10
		16,67%	0%	66,67%	0%	0%	83,33%
2	<i>Color</i> Tinggi	0	1	0	0	0	1
		0%	8,33%	0%	0%	0%	8,33%
3	<i>Water Content</i> Tinggi	0	0	1	0	0	1
		0%	0%	8,33%	0%	0%	8,33%
	Total	2	1	9	0	0	12
		16,67%	8,33%	75,00%	0,00%	0,00%	100%

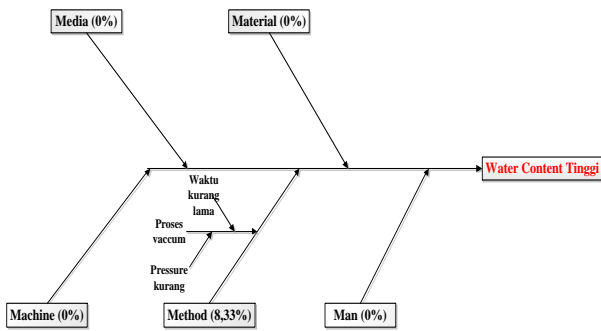
Setelah melakukan penghitungan pada tabel diatas maka selanjutnya hasil dari perhitungan diatas tersebut dituangkan pada diagram sebab akibat (*Fish Bone*) seperti gambar berikut:



Gambar: Fishbone *OH-Value* tinggi.



Gambar: fishbone *Color* tinggi.



Gambar: Fishbone Water Content tinggi.

Dari tabel dan diagram sebab akibat diatas, dapat diketahui bahwa faktor penyebab kecacatan tertinggi ada pada unsur *method*, yaitu sebesar 75%. *Method* dapat menjadi penyebab kecacatan hasil pembuatan resin ABC dikarenakan beberapa faktor, yaitu:

1. Tidak/belum adanya parameter untuk kontrol *OH-Value* saat proses pembuatan resin ABC sehingga menyulitkan operator untuk menentukan *endpoint* yang tepat sebelum *cooling* karena produksi tidak mempunyai alat untuk cek *OH-value*.
2. *Endpoint* viskositas kurang juga merupakan salah satu penyebab *OH-Value* menjadi tinggi karena penentuan *endpoint* viskositas menggunakan viskometer gardner yang pengecekannya adalah secara visual sehingga persepsi masing-masing operator pasti berbeda.

Faktor kedua penyebab kecacatan adalah *Man*, yaitu sebesar 16,67%. Manusia dapat menjadi penyebab kecacatan pembuatan resin ABC dikarenakan beberapa faktor, antar lain:

1. Karyawan bekerja kurang konsentrasi, hal ini sering menyebabkan ketelitian pekerjaan karyawan menjadi berkurang.
2. Karyawan belum memiliki *skill/kemampuan* yang cukup karena karyawan tersebut merupakan karyawan baru yang masih perlu bimbingan dan belajar.

Faktor ketiga penyebab kecacatan adalah *Material*, yaitu sebesar 8,33%. Penyebabnya adalah kurangnya kontrol terhadap penanganan bahan baku yang akan dipakai untuk produksi. Karena ada beberapa jenis bahan baku yang perlu penanganan khusus sebelum dipastikan bahan baku itu layak pakai. Dari tiga faktor itulah penyebab dominan terjadinya kecacatan pada proses pembuatan resin ABC.

3.4. Tahap Improve

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah menetapkan rencana-rencana tindakan untuk melaksanakan peningkatan kualitas menggunakan metode *Six Sigma*, berdasarkan 5W-1H (*What-*

tujuan utama, Why-alasan, Where-lokasi, When-waktu, Who-orang, How-metode). Rencana tindakan/usulan-usulan pada faktor *man, material, method* untuk masing-masing jenis kecacatan dapat dilihat pada beberapa tabel berikut:

a. Tabel perbaikan masalah *OH-Value* tinggi prinsip 5W-1H

Jenis	5W-1H	Deskripsi Rencana Perbaikan
Tujuan utama	<i>What</i> (Apa)	Menetapkan prosedur kerja bagi karyawan bagian produksi
Alasan Kegunaan	<i>Why</i> (Mengapa)	Agar proses produksi sesuai dengan prosedur kerja yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi
Lokasi	<i>Where</i> (Dimana)	Dilaksanakan di PT. Pardic Jaya Chemicals, tepatnya di ruang produksi dan ruang untuk pelatihan karyawan
Sekuens (Urutan)	<i>When</i> (Kapan)	Pada saat stop proses produksi (<i>dayshift</i>)
Orang	<i>Who</i> (Siapa)	Tanggung jawab diserahkan kepada kepala bagian produksi
Metode	<i>How</i> (Bagaimana)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan percobaan penentuan <i>endpoint</i> menggunakan viskometer <i>Cone & Plate</i> 2. Standarisasi hasil percobaan 3. Memberikan pelatihan kepada karyawan agar dapat menghasilkan produk yang baik

b. Tabel perbaikan masalah *Water Content* tinggi prinsip 5W-1H

Jenis	5W-1H	Deskripsi Rencana Perbaikan
Tujuan utama	<i>What</i> (Apa)	Menetapkan prosedur kerja bagi karyawan bagian produksi
Alasan Kegunaan	<i>Why</i> (Mengapa)	Agar proses produksi sesuai dengan prosedur kerja yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi
Lokasi	<i>Where</i> (Dimana)	Dilaksanakan di PT. Pardic Jaya Chemicals, tepatnya di ruang produksi dan ruang untuk pelatihan karyawan
Sekuens (Urutan)	<i>When</i> (Kapan)	Pada saat proses produksi
Orang	<i>Who</i> (Siapa)	Tanggung jawab diserahkan kepada kepala bagian produksi
Metode	<i>How</i> (Bagaimana)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menambah waktu <i>holding vaccum</i> dengan asumsi dapat mengambil kadar air yang tertinggal saat akhir reaksi 2. Standarisasi petunjuk kerja 3. Memberikan pelatihan kepada karyawan agar dapat menghasilkan produk yang baik

c. Tabel perbaikan masalah Color tinggi prinsip 5W-1H

Jenis	5W-1H	Deskripsi Rencana Perbaikan
Tujuan utama	<i>What</i> (Apa)	Menentukan bahan baku untuk resin ABC secara tepat dan berkualitas
Alasan Kegunaan	<i>Why</i> (Mengapa)	Agar bahan baku sesuai dengan standar yang telah ditetapkan perusahaan sehingga menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi
Lokasi	<i>Where</i> (Dimana)	Dilaksanakan di PT. Pardic Jaya Chemicals, tepatnya di bagian penerimaan barang
Sekuens (Urutan)	<i>When</i> (Kapan)	Pada saat bahan baku dikirim oleh <i>supplier</i>
Orang	<i>Who</i> (Siapa)	Tanggung jawab diserahkan kepada bagian <i>quality control</i> (penerimaan RM)
Metode	<i>How</i> (Bagaimana)	Mengadakan penjelasan tentang pentingnya pemeriksaan bahan baku terlebih dahulu agar memudahkan kontrol bahan baku yang akan dipakai proses saat produksi, menetapkan standar kualitas bahan baku

3.5. Tahap Control

Rencana tindakan perbaikan yang dilakukan di PT. Pardic Jaya Chemicals akan dilaksanakan dalam jangka waktu satu tahun sehingga dapat mencapai target yang diinginkan perusahaan. Target yang ingin dicapai perusahaan yaitu mengurangi produk *offgrade/outspec* tidak lebih dari 1% dari jumlah produksi yang dihasilkan. Setelah melaksanakan rencana tindakan, perlu adanya perencanaan yang berupa alat kontrol untuk mengetahui apakah ada peningkatan kualitas pembuatan resin ABC. Tabel untuk mengontrol perencanaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

a. Tabel Rencana Tindakan dan Alat Kontrol untuk mengatasi OH-Value Tinggi.

Jenis Kecacatan	Faktor Penyebab	Rencana Tindakan	Alat Kontrol
OH-Value Tinggi	Man	<ol style="list-style-type: none"> Pelatihan keterampilan kerja karyawan dalam mengontrol proses pembuatan resin ABC Peningkatan kedisiplinan karyawan Pelatihan akan kesadaran pentingnya kualitas produk 	<ol style="list-style-type: none"> Setelah dilakukan keterampilan keahlian, maka diperlukan pengontrolan apakah terdapat peningkatan kualitas Pengontrolan dilakukan pada saat proses berlangsung Pemeriksaan ini dilakukan dengan menghitung persentase tingkat kecacatan selama beberapa periode dan menghitung nilai sigma PT. Pardic Jaya Chemicals hingga mencapai tingkat sigma tertinggi.

			Pemeriksaan ini dilakukan tiap bulan
	<i>Method</i>	Penjelasan tentang petunjuk kerja dan pengoperasian alat viskometer <i>Cone & Plate</i>	<ol style="list-style-type: none"> Setelah dilakukan penjelasan tentang cara kerja perlu dilakukan pengawasan dan evaluasi pada karyawan secara berkala Kontrol mengenai cara kerja karyawan dilakukan oleh Kepala seksi setiap bulan sekali Pemeriksaan ini dilakukan dengan menghitung persentase tingkat kecacatan selama beberapa periode dan menghitung nilai sigma perusahaan hingga mencapai tingkat sigma tertinggi

b. Tabel rencana Tindakan dan Alat Kontrol untuk mengatasi Water Content Tinggi.

Jenis Kecacatan	Faktor Penyebab	Rencana Tindakan	Alat Kontrol
Water Content Tinggi	Method	<ol style="list-style-type: none"> Penjelasan mengenai cara kontrol proses yang benar Penjelasan mengenai teknik kontrol vacuum proses 	<ol style="list-style-type: none"> Setelah dilakukan penjelasan tentang cara kerja perlu dilakukan pengawasan dan evaluasi pada karyawan secara berkala Kontrol mengenai cara kerja karyawan dilakukan oleh Kepala seksi setiap bulan sekali Pemeriksaan ini dilakukan dengan menghitung persentase tingkat kecacatan selama beberapa periode dan menghitung nilai sigma perusahaan hingga mencapai tingkat sigma tertinggi

Jenis Kecacatan	Faktor Penyebab	Rencana Tindakan	Alat Kontrol
ColorTinggi	Material	<ol style="list-style-type: none"> Pemeriksaan yang lebih efektif terhadap bahan baku sebelum proses produksi. Penggunaan bahan baku yang baik (tidak melebihi <i>shelflife</i> / kadaluwarsa). 	<ol style="list-style-type: none"> Pengawasan dan pengevaluasian kualitas bahan baku dari supplier pada saat barang tiba. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menghitung persentase tingkat cacat beberapa periode dan menghitung nilai sigma perusahaan hingga mencapai tingkat sigma tertinggi.

Rencana hasil tindakan diatas perlu dilakukan untuk peningkatan kualitas pembuatan resin ABC. Hal-hal yang perlu diperhatikan oleh PT. Pardic Jaya Chemicals dalam mengontrol semua rencana tindakan yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

- Secara berkala (setiap 1 atau 2 bulan sekali) menghitung data hasil pembuatan resin ABC yang cacat kemudian menghitung persentase tingkat kecacatannya.
- Mencari potensial penyebab timbulnya kecacatan pembuatan resin ABC.
- Menghitung DPMO dan nilai *sigma* untuk melihat peningkatan nilai *sigma*, dan seterusnya dilakukan perhitungan untuk dapat mencapai level 6 *sigma* dengan melebihi pencapaian sigma level sebesar 3,46 dan DPMO sebesar 25514,4. Setelah peningkatan kualitas *six sigma* berhasil, maka hasil-hasil yang telah tercapai dari tindakan peningkatan kualitas harus distandarisi dan didokumentasikan.

4. KESIMPULAN & SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perusahaan PT. Pardic Jaya Chemicals sampai sekarang masih belum menerapkan *six sigma* secara keseluruhan karena memang metode *six sigma* belum dipakai di PT. Pardic Jaya Chemicals. Namun metode *six sigma* dapat dipakai sebagai metode pembandingan untuk *improvement* yang lebih baik. Untuk penerapan konsep secara sederhana dapat dikatakan bahwa perusahaan belum mampu mencapai target yang telah ditetapkan yaitu tidak lebih 1% produk cacat dari jumlah produksi perbulan. Hal ini terjadi karena perusahaan belum melakukan program perencanaan *six sigma* secara keseluruhan. Kesimpulannya adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan data produksi yang diperoleh dari PT. Pardic Jaya Chemicals diketahui

jumlah produksi resin ABC dari bulan Januari sampai September 2014 adalah sebanyak 396 item yang diperiksa dengan jumlah item cacat terjadi 12 item. Berdasarkan perhitungan, PT. Pardic Jaya Chemicals memiliki tingkat *sigma* 3,46 dengan kemungkinan 25514,4 untuk sejuta produksi (DPMO). Kapabilitas proses yang dicapai untuk masing-masing item yang masih terdapat kecacatan didalamnya adalah sebagai berikut Cp&CpkOH-Value 1,20 & 0,97. Cp&Cpkwatercontent 1,85 & 0,83. Sedangkan Cp&Cpkcolor 2,26 & 2,18. Hal ini tentunya menjadi sebuah kerugian yang sangat besar apabila tidak ditangani sebab semakin banyak produk yang gagal dalam proses produksi tentunya mengakibatkan pembengkakan biaya produksi. Jadi secara prinsip, *six sigma* dapat diterapkan untuk merencanakan pengendalian kualitas.

- Jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi pada produksi resin ABC yaitu disebabkan karena *OH-Valuetinggi* sebanyak 10 kali, *watercontent* tinggi sebanyak 1 kali, serta jenis cacat berupa *color* tinggi sebanyak 1 kali. Atau dengan kata lain CTQ (*Criticalto Quality*) yang terjadi adalah 83,33% adalah *OH-Value* tinggi, 8,33% *watercontent* tinggi, dan 8,33% adalah *color* tinggi. Faktor penyebab 16,67% pada faktor *man* & 66,67% pada faktor *method* untuk OH-Value. Faktor penyebab pada faktor *method* 8,33% untuk *water content*, dan faktor penyebab pada faktor *material* 8,33% untuk *color*.
- Six sigma* merupakan metode dan konsep yang tepat untuk dipadukan dengan sistem *Total Quality Control* yang selama ini sudah diterapkan di PT. Pardic Jaya Chemicals karena secara detail bisa diaplikasikan untuk mencari penyebab *defect/cacat* yang terjadi hingga menghitung tingkat kemungkinan kecacatan setiap sejuta peluang serta melakukan improvisasi terhadap permasalahan *defect* yang sering terjadi.

Pada tahap akhir yaitu *control*, dilakukan rencana tindakan dan alat kontrolnya pada masing-masing kecacatan. Rencana tindakannya adalah berupa pelatihan ketrampilan karyawan dalam proses produksi resin ABC, peningkatan kedisiplinan karyawan, pelatihan karyawan untuk penggunaan alat baru. Sedangkan alat kontrol diperlukan untuk dapat mengetahui bahwa terjadi peningkatan kualitas atau tidak.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada PT. Pardic Jaya Chemicals adalah perusahaan perlu

menerapkan rencana pengendalian kualitas sebelum melakukan produksi yaitu dengan cara:

1. Perusahaan harus dapat memberikan pengarahan kepada karyawannya tentang pentingnya kualitas produk resin ABC dan meningkatkan disiplin kerja karyawannya.
2. Pimpinan Produksi harus sering melakukan kontrol terhadap semua hal yang menyangkut proses produksi khususnya pada tahapan analisa.
3. PT. Pardic Jaya Chemicals hendaklah lebih memperketat standar kualitas bahan baku yang nantinya akan dijadikan patokan untuk proses produksi.
4. Perusahaan harus dapat memberikan pelatihan kepada karyawan agar dapat menghasilkan produk yang berkualitas.
5. Pimpinan harus dapat membuat peningkatan pada kinerja para karyawan dengan cara menciptakan lingkungan kerja yang kondusif.

DAFTAR PUSTAKA

- Yamit, Z. 2013. *Manajemen Kualitas Produk & Jasa*. Yogyakarta: Ekonisia.
- Evans, J.R. & Lindsay, W.M. 2007. *Pengantar Six Sigma An Introduction to Six Sigma & Proses Improvement*. Singapore: South Western.
- Pande, P.S., Neuman, R.P., & Cavanagh, R.R. 2000. *The Six Sigma Way*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Hendradi, C.T. 2006. *Statistik Six Sigma dengan Minitab*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Pzydek, T. 2003. *The Six Sigma Handbook*. New York: McGraw-Hill Companies.
- (Dari Buku)
- Sudianto, M.D. 2008. *Penggunaan Metode Six Sigma dalam Perencanaan Pengendalian Kualitas pada U.D.Global Info Media di Ungaran, Skripsi*, Jurusan Manajemen FE Universitas Katholik Soegijapranata, Semarang.
- (Dari Skripsi)
- Vitho dkk. 2013. *Aplikasi Six Sigma untuk menganalisis faktor-faktor penyebab kecacatan produk Crumb Rubber SIR 20 pada PT. XYZ, DMAIC-FMEA, Kecacatan kadar PRI sebesar 70,42%*.
- Hariri dkk. 2013. *Penerapan metode Six Sigma sebagai upaya perbaikan untuk mengurangi Packdefect susu Greenfields (Studi kasus pada PT. Greenfield Malang), DMAIC-FMEA, RPN terbesar pada mesin filling yaitu 320*.

“PERFORMANCE TEST” POMPA SENTRIFUGAL TIPE ETA-N 125 x 100-400 DI PT TORIHIMA GUNA INDONESIA

Joko Hardono

ABSTRAK

Pompa sentrifugal tipe ETA-N 125x100-400 merupakan salah satu tipe produk pompa PT Torishima Guna Indonesia, sebuah perusahaan joint antara PT una Elektro Indonesia dengan PT Torishima Ltd. Jepang. *Performance test* bertujuan untuk mengetes kesesuaian performa pompa actual terhadap standar pabrik maupun permintaan khusus dari konsumen. Performa pompa yang dimaksud meliputi: *Head* (H), *Capacity* (Q) *shaft power* (L) dan *efisiensi* (η). Spesifikasi pompa ETA-N 125x100-400 berdasar data dari manufacturer adalah: Head = 51 m, capacity = 160,8 m³/jam (2,68 m³/min). Spesifikasi motor yang digunakan adalah: putaran motor 1450 rpm, daya motor 75 KW dan efisiensi motor 91%. Instalasi pengetesan pompa dengan menggunakan system negative suction, sehingga memerlukan pemancangan pompa sebelum dioperasikan. Pompa dihubungkan dengan motor penggerak oleh sebuah rigid coupling dengan posisi horizontal, sesuai dengan posisi pompa tersebut dalam pengoperasiannya. Dari hasil perhitungan data dapat diketahui bahwa *best efisiensi point* pompa sentrifugal tipe ETA-N 125 x 100-400 terjadi pada putaran 1450 rpm memiliki kapasitas = 2.62 m³/min; *head* total = 52.11 m; dan efisiensi pompa 67,97 %. Sedangkan untuk pompa standar pabrik memiliki *best efisiensi point* pada putaran 1450 rpm memiliki kapasitas = 2.68 m³/min; *head* total = 51 m; dan efisiensi pompa 67,5 %.

Kata Kunci: *Performance, Pompa, Head, Capacity, Shaft Power, Efisiensi*

1. PENDAHULUAN

Pompa adalah mesin yang digunakan untuk memindahkan *fluida* dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui media perpipaan. Spesifikasi pompa dinyatakan dengan jumlah *fluida* yang dialirkan per satuan waktu (*capacity*) dan tekanan untuk mengalirkan sejumlah *fluida* yang dinyatakan dalam satuan ketinggian (*head*). Dalam menjalankan fungsinya tersebut, pompa mengubah energi mekanis dari penggerak pompa menjadi energi tekan dalam *fluida* sehingga akan menjadi aliran *fluida* atau perpindahan *fluida*. Energi mekanik pompa diperoleh dari sumber penggerak dari sebuah *engine* atau motor listrik.

Untuk memenuhi permintaan pelanggan akan kebutuhan pompa dengan spesifikasi tertentu, perlu dilakukan pengetesan performa pompa. Dari pengetesan ini akan didapatkan data actual mengenai kapasitas, *head*, *shaft power* dan efisiensi dari pompa. Dari data tersebut melalui perhitungan yang sederhana dapat ditentukan kebutuhan daya penggerak (*engine/motor*) yang diperlukan.

2. TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan jurnal ilmiah ini adalah:

- Membandingkan performa pompa sentrifugal tipe ETA-N 125 x 100-400 secara actual dengan pompa standar manufactur dengan tipe yang sama,
- Mencari *best eeficiency* pompa secara actual

- Mendapatkan grafik hubungan antara kapasitas dan head secara actual.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Definisi Pompa

Pompa adalah mesin yang digunakan untuk memindahkan *fluida* dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui media perpipaan.

3.2 Klasifikasi Pompa

Pompa diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut prinsip kerjanya, yaitu pompa dinamik dan pompa *displacement*. Masing-masing jenis di atas masih dibagi lagi menjadi beberapa jenis menurut jumlah tingkat, bentuk elemen pompa, jumlah kerja dan arah aliran *fluida*.

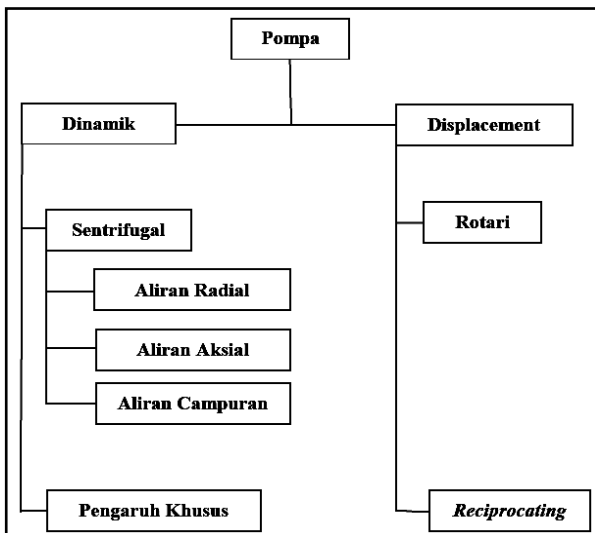
3.2.1 Pompa Dinamik

Adalah pompa yang bekerja dengan volume ruang yang tetap. *Head* yang dibangkitkan merupakan perubahan energi kinetik *fluida* yang bergerak karena dorongan oleh sudu-sudu *impeler* yang berputar dalam rumah pompa, *impeler* ini menerima energi mekanis dari penggerak pompa melalui poros *impeler*. *Fluida* yang berputar dalam rumah pompa oleh gaya sentrifugal akan terlempar ke dinding rumah pompa sehingga pada daerah pusat *impeler* akan terjadi kehampaan. Karena pusat *impeler* mempunyai tekanan lebih rendah dari saluran hisap, maka *fluida* dalam saluran hisap akan mengalir ke pusat *impeler*. Energi kinetik yang dimiliki *fluida* yang berputar

dalam rumah pompa, oleh rumah pompa akan dirubah menjadi energi tekanan sehingga *fluida* akan mengalir ke saluran tekan.

3.2.2 Pompa Displacement

Adalah pompa yang bekerja dengan perubahan volume ruang pompa. Perubahan volume ruang pompa dilakukan oleh elemen gerak pompa yang bergerak translasi atau bolak-balik dalam ruang pompa, maupun yang bergerak rotasi. Ketika terjadi pembesaran volume rumah pompa maka akan terjadi penurunan tekanan di dalam rumah pompa, sehingga *fluida* yang memiliki tekanan lebih tinggi akan mengalir atau terhisap ke dalam rumah pompa melalui saluran hisap. Pada saat terjadi pengecilan volume rumah pompa, maka *fluida* dalam rumah pompa akan mengalami penekanan sehingga *fluida* yang memiliki tekanan lebih tinggi dari tekanan di luar rumah pompa akan mengalir melalui saluran tekan. Untuk mencegah aliran balik ke saluran hisap, maka pompa dilengkapi dengan katup *relief valve* untuk mencegah aliran balik ke rumah pompa.



Gambar 1. Jenis-jenis pompa

3.2.3 Jenis-Jenis Pompa Sentrifugal

Jenis-jenis pompa sentrifugal dapat dibedakan berdasarkan arah aliran keluar *impeler*, jumlah sisi masuk *impeler*, jumlah *impeler*, serta posisi poros penggerak *impeler*.

a) Arah Aliran Keluar *impeler*

Menurut arah aliran *fluida* yang keluar dari *impeler*, pompa sentrifugal dibedakan menjadi tiga jenis. Yaitu pompa aliran aksial (*axial flow*), aliran radial (*radial flow*), dan aliran campuran (*mixed flow*).

b). Jumlah sisi masuk *impeler*

Pompa sentrifugal yang memiliki sisi masuk hanya satu (tunggal) disebut pompa isapan tung-

gal (*single suction*). Sedangkan pompa yang memiliki sisi masuk ganda atau mempunyai isapan ganda disebut pompa isapan ganda (*double suction*).

c. Jumlah *Impeler*

Pompa sentrifugal dengan satu *impeler* disebut pompa satu tingkat (*single stage*). Sedangkan pompa sentrifugal yang memiliki beberapa *impeler* yang dipasang secara berderet (seri) pada satu poros, sehingga zat cair yang keluar dari *impeler* pertama dimasukkan ke *impeler* berikutnya dan seterusnya hingga *impeler* yang terakhir disebut pompa bertingkat banyak (*multi stage*). *Head* total pompa *multi stage* merupakan jumlah dari *head* yang ditimbulkan oleh masing-masing *impeler* sehingga memiliki *head* total yang besar.

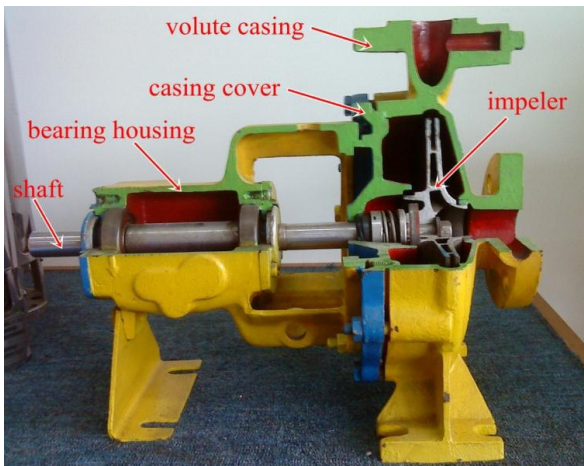
3.3. Posisi Poros Penggerak *Impeler*

Menurut posisi poros penggerak *impelernya*, pompa sentrifugal dibedakan menjadi dua jenis. Yaitu, pompa sentrifugal jenis poros mendatar yang memiliki poros penggerak *horizontal* dan pompa sentrifugal jenis poros tegak lurus yang memiliki poros penggerak *vertikal*.

3.4 Komponen Utama Pompa Sentrifugal

Komponen utama pompa sentrifugal dibagi menjadi lima komponen besar, antara lain:

- Impeler**, merupakan bagian dari pompa sentrifugal yang berfungsi mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada *fluida* yang dipompakan. *Impeler* biasanya terbuat dari besi cor, *stainless*;
- steel* atau perunggu, namun bahan-bahan lain juga digunakan sesuai kebutuhan;
- Shaft**, berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak pompa (motor). Selain itu, *shaft* juga berfungsi sebagai tempat kedudukan *impeler* dan bagian-bagian berputar lainnya;
- Volute Casing**, bagian paling luar dari pompa sentrifugal yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *inlet* dan *outlet flange* serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller*;
- Casing cover**, berfungsi sebagai tutup *impeler* dan penahan/pengarah aliran *fluida* pada saat pompa beroperasi;
- Bearing housing**, merupakan bagian dari pompa sentrifugal yang berfungsi sebagai tempat kedudukan *bearing* penyangga poros penggerak pompa.



Gambar 2: komponen utama pompa sentrifugal.

3.5 Hukum Kesebangunan Pompa

Jika dua buah pompa sentrifugal yang memiliki geometris sebangun satu dengan yang lain maka untuk kondisi aliran yang sebangun pula berlaku hubungan sebagai berikut:

$$Q_p = Q_M \left(\frac{n_p}{n_M} \right)$$

a) Head Pompa

Head pompa merupakan tekanan yang dihasilkan pompa untuk mengalirkan sejumlah fluida yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pemompaan. Head pompa umumnya dinyatakan dalam satuan ketinggian (m).

b) Head Total

Head total merupakan kerugian total sistem perpipaan.

$$H_t = (Q^2 \cdot k_f) + (H_d - H_s) + z$$

Dimana:

k_f = koefisien aliran. Untuk pompa tipe ETA-N 125 x 100-400, $k_f = 0,136$ (tabel *performance test* pompa ETA-N 100-400 *standard* PT. Torishima Guna Indonesia).

z = jarak antara *pressure gauge* ke *flange* pompa. Sesuai dengan standar yang dipakai PT. Torishima Guna Indonesia.

z = 2 x diameter *suction*

c) Efisiensi pompa

Efisiensi pompa merupakan presentase perbandingan dari daya air (*water power*) dan daya poros (*shaft power*). Daya air adalah daya yang diperlukan untuk menaikkan air pada tinggi total tertentu dan daya poros adalah daya yang diukur pada poros pompa, yang diperlukan untuk mengangkat dan atau memindahkan air pada tinggi total tertentu. Sehingga efisiensi pompa dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$H_p = H_M \left(\frac{n_p}{n_M} \right)^2$$

$$L_p = L_M \left(\frac{n_p}{n_M} \right)^3$$

Dimana:

Q_p = Debit prototype (m^3/s)

Q_M = Debit model (m^3/s)

H_p = Head total prototype (m)

H_M = Dhead total model (m)

L_p = Daya poros prototype (KW)

L_M = Daya poros model (KW)

N_p = Daya poros prototype (KW)

N_p = Kecepatan putar prototype (rpm)

N_M = Kecepatan putar model (rpm)

Hubungan di atas dinamakan hukum kesebangunan pompa. Hukum tersebut sangat penting untuk menaksir perubahan performansi pompa bila putaran diubah dan juga untuk memperkirakan performansi pompa yang direncanakan apabila pompa tersebut geometris sebangun dengan pompa yang sudah diketahui performansinya.

$$\eta_{pmp} = \frac{P_w}{L} 100\% = \frac{0,163QH\gamma}{\eta_{motor} P_{in}} 100\%$$

Dimana:

η_{pump} = efisiensi pompa (%)

η_{motor} = efisiensi motor (%)

P_w = Daya air (KW)

L = Daya poros (KW)

Q = Debit aliran (m^3/min)

H = Head total (m)

P_{in} = Daya input (KW)

γ = berat jenis air (ton/m^3)

4. METODOLOGI

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam journal ilmiah ini adalah sebagai berikut:

1. Metode Observasi

Metode pencarian data dengan mengadakan pengamatan langsung pada objek yang telah ditentukan.

2. Metode Interview

Metode wawancara dengan “*expert/experienced person*” untuk kondisi yang ada di lapangan.

3. Studi Literatur

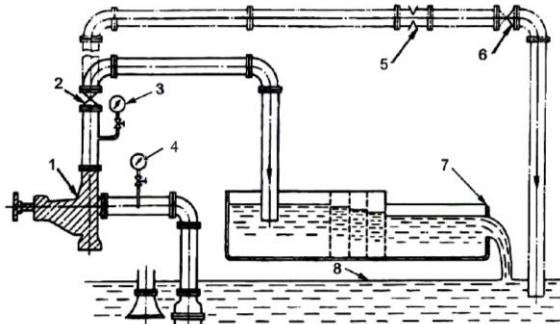
Pengambilan data di bagian *performance test* pompa dan mempelajari buku-buku di perusahaan maupun beberapa sumber ilmiah lainnya.

5. PERANCANGAN DAN DATA

5.1 Perancangan Performance Test Pompa

1) Instalasi Performance Test Pompa

Adapun instalasi performance test pompa PT Torishima Gna Indonesia seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3: instalasi performance test pompa

Keterangan gambar:

1. Pompa dalam pengujian
 2. Katup pengeluaran
 3. Pressure gauge
 4. Vacuum gauge
 5. Magnetic flow meter
 6. Katup pengatur aliran
 7. Sekat ukur
 8. Permukaan air
- 2) *Seting Pompa*
 - a. Cek spesifikasi pompa yang akan ditest
 - Kapasitas
 - Head
 - Shaft Power
 - b. Pilih motor yang sesuai dengan spesifikasi
 - 3) *Setting pompa pada base plate dan hubungkan dengan kopling pada motor*
 - 4) *Sebelum Operasi*
 - a. Periksa dan yakinkan bahwa baut pipa sudah kencang, juga kopling dalam keadaan kencang
 - b. Periksa kabel dan penyetelan:
 - Dibawah 5,5 kw, kabel motor distel dengan metode $<Y/\Delta$
 - Diatas 5,5 kw, kabel motor sedang distel dengan metode $N/N < Y/\Delta$
 - c. Periksa putaran motor
 - 5) *Selama Operasi*
 - a. Karena desain sistem perngujian ini air sisi hisap berada dibawah sisi hisap pompa (*negatif suction head*) maka sebelum dijalankan, diperlukan air pancingan. Cara memberikan pancingan tersebut adalah:
 - Buka katup vakum dan biarkan air mengalir ke pompa vakum sampai air

mengalir ke *silencer*, *switch* pompa vakum di"on"kan

- Cek indikator dari vakum gauge , tutup katup vakum dan matikan pompa vakum.
- b. Pastikan bahwa katup utama dalam keadaan tertutup sampai switch di"on"kan
 - c. Setelah di"on"kan, bukalah katup utama
 - d. Biarkan udara keluar dari pressure gauge. Pressure gauge harus disesuaikan dengan kebutuhan.
- 6) *Pengukuran*
- a. Pengukuran *head*, kapasitas dan *shaft power* sesuai aturan JIS (Japanese Industrial Standards), penentuan *performance* pompa harus mengikuti kaidah berikut:
 - Metode pengetesan: JIS B 8301
 - Standar keberterimaan: ISO 9906 dan *Spec Customer*
 - b. Fluida kerja
Fluida kerja adalah air bersih pada suhu kerja (0 – 40°C)
 - c. Titik kerja
Pengambilan data titik kerja minimum 5 titik termasuk *shut off*
 - d. Total head (H)
Total head diukur dengan *bourdon – tube gauge* dan *vacuum gauge*
 - e. Kapasitas (Q)
Pengukuran kapasitas dilakukan dengan tangki pengukur, *electromagnetic flow meter* dan *weir*
 - f. Shaft power (L)
Shaft power dihitung dalam *input power* yang terbaca pada panel dikalikan dengan efisiensi motor yang dipakai
 - g. Speed (n)
Speed atau putaran poros diukur dengan *tachometer* digital

Tabel 1: Standar keberterimaan pompa

Quantity	Symbol	Kelas 1	Kelas 2
Flow rate	Q	± 4,5%	± 5%
Pump total head	H	± 3%	± 5%
Pump efisiensi	η	- 3%	- 5%

Tabel 2: Toleransi keberterimaan untuk pompa dengan driver power input kurang dari 10 kw

Quantity	Symbol	Tolerance
Flow rate	Q	± 9%
Pump total head	H	± 7%
Pump efisiensi	η	- 7%

Catatan:

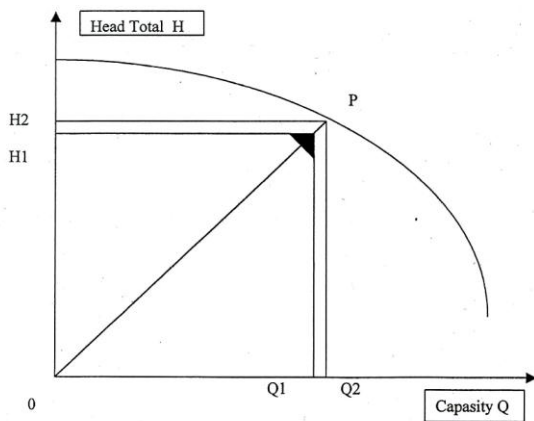
Kelas 1 adalah untuk pompa yang mempunyai ketelitian tinggi

Kelas 2 adalah untuk pompa yang mempunyai ketelitian rendah

h. *Temperatur bearing*

Temperatur *bearing* tidak melebihi temperatur maksimum yaitu temperatur ruangan $\pm 40^{\circ}\text{C}$, pengetesan ini apabila tidak dipersyaratkan oleh *customer* tidak dilakukan.

5.2 Verifikasi Pompa Lulus Uji



Gambar 3.4: verifikasi pompa lulus uji.

1. Tarik garis lurus dari titik nol ke ujung segitiga permintaan sampai menyentuh lengkung garis kurva (titik P)
2. Kemudian tarik garis dari titik tersebut ke garis sumbu Y (*head total*), selanjutnya disebut titik H2.
3. Tarik pula garis horizontal sejajar dengan garis H2 bersentuhan dengan segitiga permintaan.
4. Kemudian tarik garis titik P ke bawah sampai bersentuhan garis sumbu X (*kapasitas Q*), titik ini disebut titik Q2
5. Selanjutnya tarik garis sejajar dengan garis titik Q2 bersentuhan dengan segitiga permintaan, ini disebut garis Q1.
6. Hitung selisih H2-H1 dalam nilai persentase.
7. Bandingkan nilai persentase tersebut terhadap item 3.2.4.10. yang mengatur syarat keberterimaan.
8. Bila memenuhi ketentuan tersebut maka pompa tersebut lulus uji, bila tidak maka harus dilakukan tindakan perbaikan agar dapat sesuai ketentuan tersebut.



Gambar 3.5: Pompa ETA-N 125 x 100-400

Sesuai dengan *run card* pada pompa, pompa tipe ETA-N 125 x 100-400 yang dites merupakan pompa stok kanban, sehingga data *performance* pompa permintaan berupa kapasitas (Q), *Head* (H), putaran motor (n), daya motor yang digunakan untuk pengetesan, dan efisiensi motor yang digunakan mengikuti ketentuan standar pabrik yaitu dapat dilihat pada tabel *performance test* pompa tipe ETA-N 100-400 standard PT. Torishima Guna Indonesia. Berikut ini data pompa sentrifugal yang akan dites:

<i>Costumer</i>	: Kanban
Tipe pompa	: ETA-N 125 x 100-400
No. PT	: 46752
Material <i>volute casing</i>	: Cast Iron (FC)
Material impeler	: Cast Iron (FC)
Material <i>shaft</i>	: Stainless Steel (SUS)
Seal	: Mechanical Seal (MS)
Impeller size	: ϕ 404 mm
Kapasitas	: 160.8 m ³ /jam = 2,68 m ³ /min
Head	: 51 m
Putaran motor	: 1450 rpm
Daya motor	: 75 kW
Efisiensi motor	: 91%

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Perhitungan Data

Data hasil pengetesan pompa ditunjukkan dalam tabel 3.1

Tabel 3: data hasil pengetesan

No	Putaran (rpm)	Kapasitas (m ³ /min)	Head permintaan (m)	Head suction (m)	V	Daya input (kW)
1	1490	0	58	- 0,52	388	16,06
2	1485	0,96	58	- 0,65	388	23,18
3	1483	1,75	57	- 0,92	389	30,53
4	1481	2,68	52	- 1,38	388	38,39
5	1479	3,73	42	- 2,24	389	45,08

Titik pengetesan spesifikasi pompa permintaan adalah pada titik 4.

- n = 1450 rpm
- n_t = 1481 rpm
- Q_t = Q₁ = 2.68 m³/min
- H₁ = 51 m
- H_d = 52 m
- H_s = -1.38 m
- V = 388 volt
- P_{in} = 38.39 KW
- h_{motor} = 91 %

Asumsi:

1. Kondisi *steady state*
2. Energi Potensial dan Energi Kinetik diabaikan
3. *Adiabatik*

6.2 Perhitungan Data Hasil Pengetesan

- 1) Kapasitas aktual (putaran 1450 rpm)

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{n}{n_t} \right)$$

$$Q_2 = 2.68 \frac{m^3}{min} \left(\frac{1450rpm}{1481rpm} \right) = 2.62 \frac{m^3}{min}$$

- 2) Head Gauge (Head tekanan)

Head gauge: H_d – H_s

Dimana,

H_d: Head discharge pompa/head permintaan (m)

H_s : Head suction pompa (m)

$$Head\ gauge = 52\ m - (-1.38\ m) = 53,38\ m$$

- 3) Head total

$$H_t = (Q^2 \cdot kf) + (H_d - H_s) + z$$

Dimana,

kf = koefisien aliran. Untuk pompa tipe ETA-N 125 x 100-400, kf = 0,136

z = potensial head

z = 0 , karena suction level dan discharge level berada pada level ketinggian yang sama

Sehingga,

$$H_t = (2,68 \frac{m^3}{min})^2 \times 0,136 + 53,38\ m + 0 = 54.36\ m$$

- 4) Head total aktual (putaran 1450 rpm)

$$H_2 = H_t \left(\frac{n}{n_t} \right)^2$$

$$H_2 = 54,36m \left(\frac{1450rpm}{1481rpm} \right)^2 = 52,11\ m$$

- 5) Shaft Power

$$L_t = \eta_{motor} P_{in}$$

$$= 91\ \% \times 38,39\ KW = 34,93\ KW$$

- 6) Standar shaft power (putaran 1450 rpm)

$$L_2 = L_t \left(\frac{n}{n_t} \right)^3$$

$$L_2 = 34,93KW \left(\frac{1450rpm}{1481rpm} \right)^3 = 32,79\ KW$$

- 7) Efisiensi Pompa (putaran 1450 rpm)

$$\eta_2 = \frac{0,163Q_2H_2}{L} 100\%$$

$$\eta_2 = \frac{0,163 \times 2,62 \frac{m^3}{min} \times 52,11m}{32,79KW} 100\% = 67,97\ \%$$

6.3 Perhitungan Toleransi Syarat Keberterimaan Pompa

- 1) Kapasitas

$$\Delta Q = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} 100\%$$

$$\Delta Q = \frac{2,62 - 2,68}{2,68} 100\% = -2,09\ \%$$

- 2) Head

$$\Delta H = \frac{H_2 - H_1}{H_1} 100\%$$

$$\Delta H = \frac{52,11m - 51m}{51m} 100\% = 2,17\ \%$$

- 3) Efisiensi

$$\Delta \eta = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1} 100\%$$

$$\Delta \eta = \frac{68 - 65}{65} 100\% = 4,57\ \%$$

- 4) Shaft Power

Nilai *shaft power* standar pada putaran motor 1450 rpm dapat dicari menggunakan kurva *performance test* pompa sentrifugal tipe ETA-N 125 x 100-400 standar PT. Torishima Guna Indonesia. Dari pembacaan kurva dapat diketahui bahwa *shaf power* pada kapasitas 2.68 m³/min atau 160.8 m³/jam adalah 33 KW. Sehingga selisih *shaft power* hasil pengetesan dan *shaft power* standar pabrik dapat dihitung dengan:

$$\Delta L = \frac{L_2 - L_1}{L_1} 100\%$$

$$\Delta L = \frac{32,79KW - 33KW}{33KW} 100\% \Delta = -0,65\ \%$$

Hasil perhitungan data *performance test* pompa sentrifugal tipe ETA-N 125 x 100-400 standar PT. Torishima Guna Indonesia untuk stok kanban dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan data di bawah ini.

Tabel 4: Perhitungan data hasil pengetesan

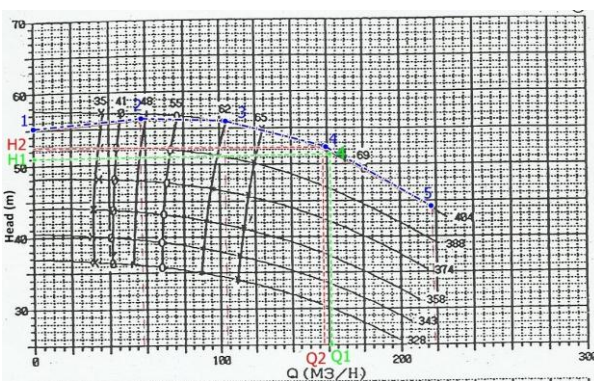
No	rpm	Q (m ³ /min)	H (m)			Daya Motor (KW)			Efisiensi Pompa (%) Rpm 1450	
			Delivery	Suction	Gauge	Total Head	Input	Shaft		Standard shaft Rpm1450
1	1490	0	58	-0,52	58,52	58,52	16,06	14,61	13,72	0
2	1485	0,96	58	-0,65	58,65	58,78	23,18	21,09	19,80	43,6
3	1483	1,75	57	-0,92	57,92	58,34	30,53	27,78	26,07	59,9
4	1481	2,68	52	-1,38	53,38	54,36	38,39	34,93	32,79	67,97
5	1479	3,73	42	-2,24	44,24	46,13	45,08	41,02	38,50	68,37

Tabel 4: Perbandingan data spesifikasi pompa standar manufacture dengan pompa aktual pengetesan

No	Putaran (rpm)		Q (m ³ /min)			H (m)			Shaft Power (KW)			Efisiensi Pompa (%)		
	Ideal	Aktual	Ideal	Aktual	%	Ideal	Aktual	%	Ideal	Aktual	%	Ideal	Aktual	%
1	1450	1490	0	0,00	0	57,5	56,1	-2,44	14	13,72	-2,03	0	0	0
2	1450	1485	0,96	0,94	-2,09	57	56,34	-1,16	19	19,80	4,19	44	43,6	-0,91
3	1450	1483	1,75	1,71	-2,09	55,8	55,92	0,21	26	26,07	0,28	62	59,9	-3,39
4	1450	1481	2,68	2,62	-2,09	51	52,11	2,17	33	32,79	-0,65	67,5	67,97	0,70
5	1450	1479	3,73	3,65	-2,09	43	44,22	2,84	39	38,50	-1,28	66	68,37	3,59

6.4 Pembahasan

Dari hasil perhitungan data dapat diketahui bahwa *best efisiensi point* pompa sentrifugal permintaan tipe ETA-N 125 x 100-400 adalah pada putaran 1450 rpm memiliki kapasitas = 2,62 m³/min; head total = 52,11 m; dan efisiensi pompa 67,97 %. sedangkan untuk pompa standar pabrik memiliki *best efisiensi point* pada putaran 1450 rpm memiliki kapasitas = 2.68 m³/min; head total = 51 m; dan efisiensi pompa 67,5%. Berikut ini kurva hubungan antara kapasitas dan head pompa standar pabrik dan hasil pengetesan.



Gambar 3.7: Kurva H-Q

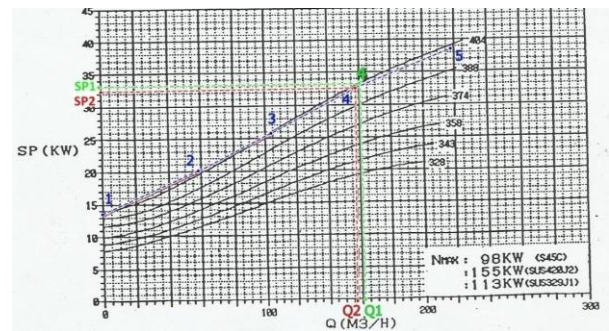
Keterangan gambar:

- : hubungan H-Q standar pabrik
- : Hubungan H-Q pengetesan

- Q1 : kapasitas standar pabrik
- Q2 : kapasitas pengetesan
- H1 : head standar pabrik
- H2 : head pengetesan

Dapat dilihat dari kurva di atas, data hasil pengetesan memiliki perbedaan dengan data pompa standar pabrik. Namun data tersebut masih

masuk dalam batas toleransi yang telah ditetapkan. Selisih kapasitas pompa yang dites dengan standar yang ada adalah -2,09% sedangkan batas toleransinya adalah ±5%. Head total pompa memiliki selisih 2,17% ,toleransi yang masih diperbolehkan ±5%. Begitu juga dengan efisiensi pompa yang cenderung lebih baik 0,70 % dari efisiensi permintaan, sedangkan toleransi untuk efisiensi pompa yang masih diperbolehkan adalah -5%.



Gambar 3.8: Kurva SP-Q.

Keterangan gambar:

- : hubungan SP-Q standar pabrik
- : Hubungan SP-Q pengetesan

- Q1 : kapasitas standar pabrik
- Q2 : kapasitas pengetesan
- SP1 : Shaft Power standar pabrik
- SP2 : Shaft Power pengetesan

Dari kurva hubungan antara kapasitas dan shaft power di atas juga terlihat perbedaan antara shaft power standar pabrik dan shaft power hasil pengetesan. Namun perbedaan tersebut masih masuk dalam toleransi keberterimaan pompa. Yaitu, pengetesan dengan motor lebih dari 15 KW shaft power tidak boleh melebihi 10% dari shaft power standar pabrik. Dari hasil pengetesan diperoleh data shaft power - 0.65% dari shaft power standar pabrik yang dapat dibaca pada kurva dengan garis warna hitam.

Dari hasil pengetesan pompa ETA.N 125 x 100-400 yang telah dilakukan terdapat perbedaan dengan standar yang sudah ditetapkan pabrik, kemungkinan beberapa penyebab terjadinya perbedaan data tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Saat pengetesan pengaturan kapasitas aliran pompa sangat sulit sehingga data yang diambil kurang sesuai dengan standar, walaupun tidak diperhatikan karena perbedaannya relatif kecil. Tapi data tersebut berpengaruh terhadap ketelitian data hasil pengetesan.
- b. Ketelitian saat pembacaan skala pada *pressure gauge* maupun *vacuum gauge* yang kurang karena jarum penunjuk bergetar saat tekanan tinggi, sedangkan dalam pengetesan dibutuhkan efisiensi waktu sehingga pengambilan data harus cepat.

- c. Kurang telitinya pembacaan *powermeter* karena nilai *power input* yang terbaca pada *powermeter* tidak stabil. Sehingga data yang diambil adalah nilai yang terlihat pertama kali oleh operator.
- d. Pengencangan sambungan pada pipa dan *flange* pompa juga berpengaruh terhadap data yang terbaca pada *pressure gauge*. Perbedaan data yang terjadi kemungkinan terjadi juga karena sambungan yang kurang rapat. Karena apabila terjadi kebocoran sekecil apapun juga akan berpengaruh terhadap kinerja pompa. Hal ini terlihat pada titik *shut off*. Seharusnya *head* pada titik *shut off* (titik 1) lebih tinggi daripada titik *minimum flow* (titik 2).

Walaupun pompa hasil pengetesan berbeda dengan pompa standar pabrik. Namun perbedaan data tersebut masih masuk dalam toleransi keberterimaan pompa. Dengan demikian pompa tipe ETA-N 125 x 100-400 yang telah dites dinyatakan lolos uji.

7. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan data hasil *performance test* pompa sentrifugal tipe ETA-N 125 x 100-400 untuk stok kanban dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Spesifikasi pompa
 - a. Kapasitas (Q) : 2.62 m³/min
 - b. Head Total (H) : 52.34 m
 - c. Shaft Power (L) : 32.79 KW
 - d. Efisiensi Pompa (h) : 68.28%
2. Selisih hasil pengetesan dengan pompa standar pabrik
 - a. Kapasitas (Q) : -2.09%
 - b. Head Total (H) : 2.64%
 - c. Shaft Power (L) : -0.65%
 - d. Efisiensi Pompa(h) : 5.05%
3. Pompa tipe ETA-N 125 x 100-400 untuk stok kanban yang telah dites dinyatakan lulus uji karena masih masuk dalam batas toleransi keberterimaan pompa.

Saran

Adapun beberapa saran yang penulis sampaikan antara lain:

1. Ketelitian pembacaan alat ukur hendaknya diperhatikan agar data pengetesan yang diperoleh lebih teliti.
2. Hendaknya lebih memperhatikan rumus-rumus yang digunakan. Terutama untuk rumus kesebangunan pompa agar data perhitungan bisa lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

Japan Industrial Standard JIS B 8301:2000 2001. *Rotodynamic pumps-Hydraulic performance acceptance test-grade 1 and 2*. Japanese Standards Association

Karassic, Messina, Heald. 2001. *Pump Handbook 3th edt*. McGraw-Hill.

PT. Torishima Guna Indonesia. 1994. *Torishima Pump Handbook*. Jakarta Indonesia.

Robert W Fox, Alan T.McDonald. 2003. *Introduction to Fluid Mechanics*. Prentise Hall inc.

Sularso, MSME., Tahara. 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI PERSEDIAAN BARANG PADA PT. MULTI BOX INDAH

Rohmat Taufiq¹⁾, Diajeng Fatimah Nandhar 'Umi²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Informatika

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang

E-mail: ¹⁾ rohmat.taufiq@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam era globalisasi seperti sekarang ini, penggunaan komputer merupakan alat informasi yang sangat penting dan dibutuhkan dalam setiap aspek kehidupan kita. Penggunaan komputer membuat pekerjaan kita menjadi lebih mudah. Dengan sistem manual kita akan membutuhkan beberapa orang untuk mengerjakan banyak data, tapi dengan sistem komputerisasi kita dapat mengerjakannya hanya dengan beberapa orang saja, jadi lebih efisien. Pembuatan laporan akan terbantu dengan menggunakan sistem komputerisasi.

PT. Multi Box Indah adalah sebuah perusahaan yang memproduksi karton atau kardus di daerah Cikande, Serang. Kendala yang dihadapi adalah sulitnya mengatur data persediaan barang di bagian gudang barang jadi. Hal ini disebabkan karena perusahaan masih menggunakan sistem manual, yaitu dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Oleh karena hal tersebut, perusahaan memerlukan waktu yang cukup lama dalam pembuatan laporan dan tingkat kesalahan pun tinggi.

Berdasarkan keadaan di atas, penulis mencoba untuk membantu perusahaan dengan membuat aplikasi persediaan barang dengan menggunakan PHP dan database MySQL. Penulis berharap dengan menggunakan aplikasi ini perusahaan akan terbantu dalam penginputan data persediaan barang jadi guna membuat laporan, dan juga tingkat kesalahan dapat diminimalisir. Penulis juga berharap dengan aplikasi ini pembuatan laporan menjadi lebih cepat dan dapat meningkatkan kinerja perusahaan.

Kata Kunci: *Persediaan Barang, Proses System.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komputer yang sangat pesat membawa imbas pada seluruh lapisan bidang usaha, sehingga komputerisasi dalam berbagai bidang sudah merupakan tuntutan yang mendasar dewasa ini. Kebutuhan akan informasi yang cepat, tepat dan akurat sangat diperlukan sebagai pertimbangan proses pengambilan keputusan selanjutnya.

Pada perusahaan banyak menggunakan sistem informasi karena memudahkan di dalam pencarian informasi. Selain itu, dengan sistem komputerisasi maka data-data dapat tersimpan dengan baik dan juga dapat terhindar dari kelalaian-kekelalaian apabila penyimpanan dilakukan secara manual.

Sistem informasi merupakan suatu sistem yang dibuat oleh manusia yang terdiri dari komponen-komponen dalam organisasi untuk mencapai suatu tujuan yaitu menyampaikan informasi. Sistem informasi persediaan yang baik dan akan sangat membantu pihak manajemen dalam menentukan keputusan-keputusan ataupun kebijakan-kebijakan yang nantinya akan mempengaruhi jalannya proses produksi, stok barang baik tidaknya suatu sistem informasi sangat tergantung

dari cepat lambatnya informasi didapat serta akurat tidaknya informasi yang mampu memberikan informasi secara cepat, tepat serta akurat kepada pihak-pihak yang memerlukan.

1.1. Rumusan Masalah

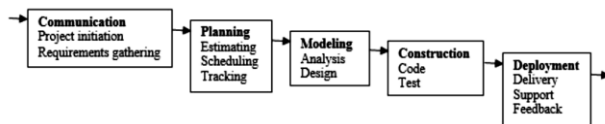
Berdasarkan judul di atas yang telah diuraikan oleh penulis, maka penulis mengidentifikasi rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana membuat suatu sistem informasi persediaan barang dengan menerapkan program PHP untuk mengelola transaksi barang masuk dari produksi ke gudang barang jadi dan barang keluar dari gudang barang jadi ke *customer*?
2. Apakah sering terjadinya kesalahan pencatatan data sehingga informasi yang didapat tidak akurat dan penyajian laporan yang masih manual relatif lama?
3. Apakah dengan adanya sistem informasi persediaan barang dapat membantu kinerja pegawai dalam menyelesaikan pekerjaan?

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini hanya membahas tentang stok barang jadi yang masuk dan keluar. Barang jadi dari produksi masuk ke gudang barang jadi dan barang jadi keluar untuk ke *customer*. Sistem informasi persediaan barang digunakan untuk pengontrolan persediaan barang terhadap transaksi masuk dan keluarnya barang jadi pada PT. Multi Box Indah.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1: Model Waterfall (Roger S Pressman, 2005).

Metode penelitian yang digunakan yaitu *Water-fall* atau Air Terjun, menunjukkan pendekatan, sistematis sekuensial untuk pengembangan perangkat lunak yang dimulai dengan spesifikasi pelanggan persyaratan dan berlangsung melalui perencanaan konstruksi, pemodelan dan penyebaran, yang berpuncak pada dukungan terus menerus dari perangkat lunak selesai. Model *Waterfall* bisa dilihat pada gambar diatas.

a) Communication/Komunikasi.

Pemodelan ini diawali dengan mencari kebutuhan dari keseluruhan sistem yang akan diaplikasikan ke dalam bentuk perangkat lunak. Hal ini sangat penting, mengingat perangkat lunak harus dapat berinteraksi dengan elemen-elemen yang lain seperti perangkat keras, *device memory* dan juga dalam tahapan ini terjadi proses pencarian kebutuhan diintensifkan dan difokuskan pada perangkat lunak. Untuk mengetahui sifat dari program yang akan dibuat, maka para perangkat lunak *engineer* harus mengerti tentang domain informasi dari perangkat lunak, misalnya fungsi yang dibutuhkan, *user interface*.

b) Planning/Rencana.

Proses ini digunakan untuk menentukan jadwal/waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap kegiatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek perangkat lunak ini.

c) Modeling/Pemodelan.

Proses ini digunakan untuk mengubah kebutuhan-kebutuhan di atas menjadi representasi ke dalam bentuk "*blueprint*" perangkat lunak sebelum coding dimulai. Desain harus dapat mengimplementasikan kebutuhan yang telah disebutkan pada tahap sebelumnya. Seperti aktivitas sebelumnya, maka proses ini juga harus didokumentasikan sebagai konfigurasi dari perangkat lunak.

d) Construction/Konstruksi.

Untuk dapat dimengerti oleh mesin, dalam hal ini adalah komputer, maka desain yang sebe-

lumnya harus diubah bentuknya menjadi bentuk yang dapat dimengerti oleh mesin, yaitu ke dalam bahasa pemrograman melalui proses coding. Tahap ini merupakan implementasi dari tahap desain yang secara teknis nantinya dikerjakan oleh programmer dan juga sesuatu yang dibuat haruslah diujicobakan. Demikian juga dengan perangkat lunak. Semua fungsi-fungsi perangkat lunak harus diujicobakan, agar perangkat lunak bebas dari *error* (kesalahan), dan hasilnya harus benar-benar sesuai dengan kebutuhan yang sudah didefinisikan sebelumnya.

e) Deployment/Penyebaran.

Aplikasi yang sudah jadi segera diantar ke pengguna atau pemilik sistem selain diantar maka secara otomatis pemeliharaan suatu perangkat lunak diperlukan, termasuk didalamnya adalah pengembangan, karena perangkat lunak yang dibuat tidak selamanya hanya seperti ini. Pengembangan diperlukan ketika adanya perubahan dari eksternal perusahaan seperti ketika ada pergantian sistem operasi, atau perangkat lainnya.

3. IMPLEMENTASI ANTAR MUKA

3.1 Perancangan Form Login

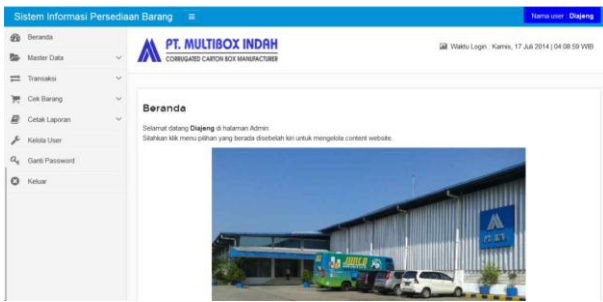
Form login merupakan form yang pertama kali ditampilkan saat program aplikasi ini dijalankan. Form ini digunakan untuk membatasi pemakaian sistem, dalam artian pengguna sistem yang dapat masuk ke sistem informasi persediaan barang adalah *user* yang sudah mempunyai *user id* dan *password*.

Jika login sebagai *user*, maka akan tampil menu *user*, sedangkan jika login sebagai admin maka akan tampil menu admin.

Gambar 2: Tampilan Form Login.

3.2 Perancangan Halaman Beranda Admin

Halaman beranda admin tampil ketika *user* berhasil login.



Gambar 3: Tampilan Halaman Beranda Admin.

3.3 Perancangan Halaman Beranda User

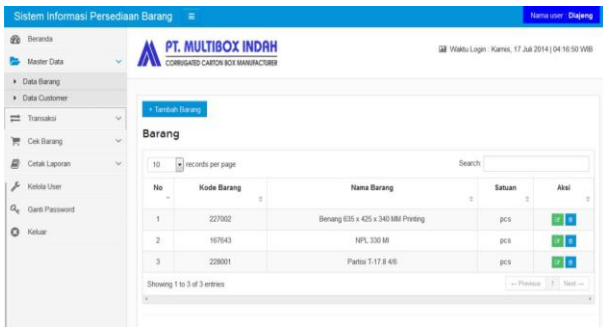
Halaman beranda user tampil ketika *user* berhasil *login*.



Gambar 4: Tampilan Halaman Beranda User.

3.4 Perancangan Master Data

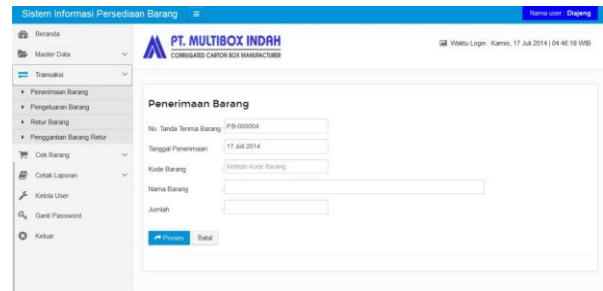
Master data merupakan *form* yang digunakan oleh *admin* untuk menampilkan data barang dan data *customer* dari *database*. Berfungsi untuk melihat data dan juga menambah data, mengedit data, ataupun menghapus data, dengan cara mengklik data yang ingin kita hapus atau mengubah, ataupun dengan mengklik tombol tambah data.



Gambar 5: Tampilan Master Data.

3.5 Perancangan Transaksi

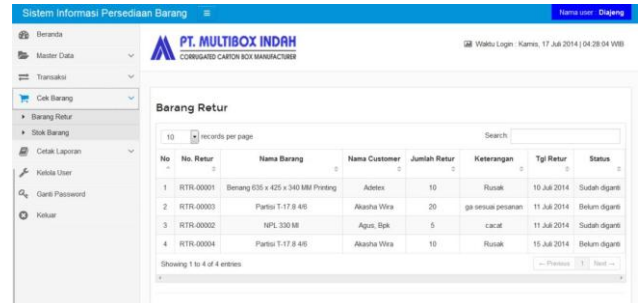
Transaksi merupakan form input yang digunakan oleh *admin/user* untuk membuat transaksi penerimaan barang/pengeluaran barang/retur barang/penggantian retur barang.



Gambar 6: Tampilan Form Transaksi.

3.6 Perancangan Cek Barang

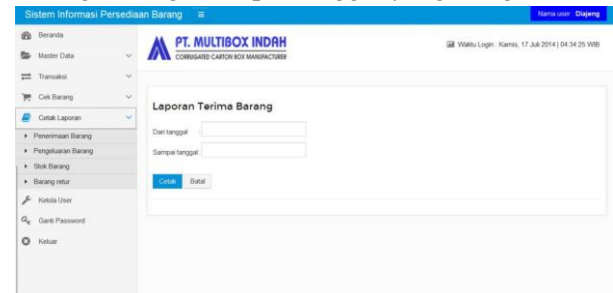
Cek barang merupakan form yang menampilkan tabel stok barang dan retur barang.



Gambar 7: Tampilan Cek Barang.

3.7 Perancangan Cetak Laporan

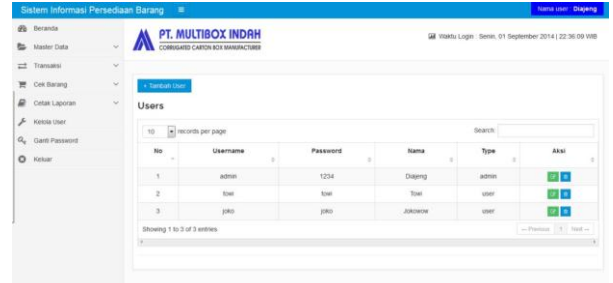
Cetak laporan yaitu untuk mencetak laporan penerimaan barang/pengeluaran barang/stok barang/barang retur per tanggal yang diinginkan.



Gambar 8: Tampilan Cetak Laporan.

3.8 Perancangan Kelola User

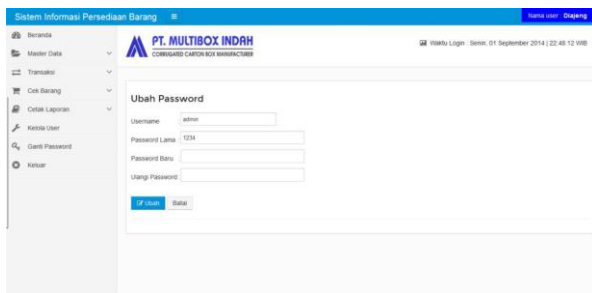
Kelola user yaitu untuk mengelola user yang bisa masuk ke sistem.



Gambar 9: Tampilan Kelola User.

3.9 Perancangan Ganti Password

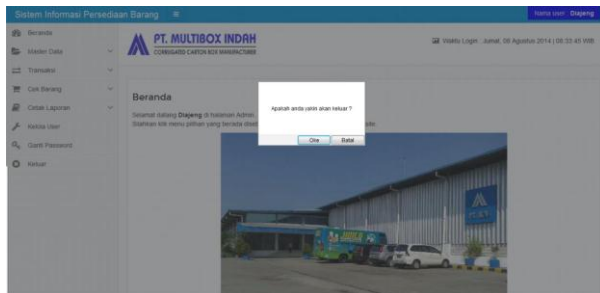
Ganti *password* yaitu untuk mengganti *password* *user*.



Gambar 10: Tampilan Form Ganti Password.

3.10 Perancangan Tampilan Keluar

Menu keluar berfungsi untuk keluar dari aplikasi program.



4. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan program aplikasi persediaan barang pada PT. Multi Box Indah, penulis menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan adanya aplikasi ini maka pengontrolan stok menjadi lebih cepat dan tepat, karena di dalam sistem ini dilengkapi dengan laporan stok pertanggal, yang artinya dapat dilakukan pengontrolan barangnya secara berkala.
2. Dengan adanya aplikasi ini penginputan transaksi menjadi lebih cepat, dan mengurangi terjadinya *human error* yang sering terjadi karena masih memakai sistem manual.
3. Memberikan kemudahan dalam proses pembuatan laporan sehingga efisiensi waktu dapat dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Kadir. 2003. *Pengenalan Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi.

Adi Nugroho. 2005. *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Dengan Metodologi Berorientasi Objek*. Bandung: Informatika.

Afif Amrullah. 2002. *Unified Modeling Language (UML)*. Bandung: Pustaka.

Al-Bahra Bin Ladjamudin. 2005. *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Assauri Sofyan. 1992. *Manajemen Produksi*

dan Operasi. Jakarta: Lembaga FE–UI.

Boy Subirosa Sabarguna. 2003. *Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit*. Yogyakarta: Konsorsium Rumah Sakit Islam Jateng-DIY.

George H. Bodnar. 2000. *Sistem Informasi Akuntansi*. Jakarta:

Salemba Empat. Hamid Al-Jufri. 2011. *Sistem Informasi Manajemen Pendidikan*. Jakarta: Smart Grafika.

Indrajani. 2007. *Pemrograman Berbasis Objek dengan Bahasa Java*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.

Jogiyanto. 1991. *Analisis Dan Disain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori Dan Praktek Aplikasi Bisnis*. Yogyakarta: Andi Offset.

Jogiyanto. 2001. *Analisis dan Disain Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi.

Jogiyanto. 2005. *Analisis dan Desain Sistem*. Yogyakarta: Andi.

John Burch and Gary Grudnitski. 1986. *Information Systems Theory and Practice*. New York: John Wiley and Sons.

Kenneth E. Kendall dan Julie E. Kendall. 2008. *Analysis and Design*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Munawar. 2005. *Pemodelan Visual dengan UML*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Raymond McLeod. 2001. *Sistem Informasi Manajemen Jilid 2*. Jakarta: Prenhallindo.

Robert K. Leitch and K. Roscoe Davis. 1983. *Accounting Information Systems*. New Jersey: Prentice-Hall.

Rohmat Taufiq. 2013. *Sistem Informasi Manajemen*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Soemarsono SR. 1992. *Akunting Suatu Pengantar*. Jakarta: Rineka Cipta, Lembaga FE – UI.

Tata Sutabri. 2003. *Analisa Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi.

Whitten L. Jeffery. 2004. *System Analysis and Design Methods*. 6th Edition. McGraw Hill.

Whitten, L. Jeffrey, Lonnie D. Bentley, Kevin C. Dittaman. 2004. *System Analysis and Design Methods*. New York: McGraw-Hill.

Winardi. 1986. *Kamus Ekonomi (Inggris-Indonesia)*. Bandung: Alumni.

Pengertian Persediaan, *nin9r0emz.files*.

wordpress.com/2008/02/proposal-rpl.doc Tanggal 20 Juni 2008, Jam 09.30 WIB.

Pengertian Dasar dan Simbol Flow-chart,
http://andreyanto-gunadarma.blogspot.com/2012/10/pengenalan-flowchart-flowchart.html
Tanggal 19 Oktober 2012

http://blogseobrilliant.blogspot.com/2014/03/sekilas-tentang-bahasa pemrograman.html

Pengertian Notepad ++, *http://ez-widya.blogspot.com/2012/12/makalah.html*

Tanggal 26 Desember 2012
http://id.wikipedia.org/

DAKTILITAS PADA STRUKTUR BALOK DI BANGUNAN TINGGI PADA DAERAH RAWAN GEMPA SESUAI DENGAN PERATURAN SNI 1726;2012

Almufid, Lukiyono

Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang
almufid_st@yahoo.com

ABSTRAK

Wilayah Indonesia mencakup daerah-daerah yang mempunyai tingkat resiko gempa yang cukup tinggi diantara beberapa daerah gempa diseluruh dunia. Itu dikarenakan letak geografis Indonesia yang berada pada perbenturan tiga lempeng kerak bumi yaitu lempeng *Eurasia*, lempeng *Pasifik*, dan lempeng *India Australia*. Ditinjau secara geologis, kepulauan Indonesia berada pada pertemuan 2 jalur gempa utama, yaitu jalur gempa *Sirkum Pasifik* dan jalur gempa *Alpine Transasiatic*. Kota Cilacap adalah sebuah kota yang terletak di pesisir pantai selatan pulau Jawa. Menurut SNI 1726-2012, kota Cilacap terletak pada zona D gempa. Untuk mengurangi angka kematian penduduk dan kerusakan berat akibat guncangan gempa, diperlukan perencanaan struktur bangunan gedung yang baik dan benar.

Faktor daktilitas suatu bangunan menjadi salah satu faktor penting dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Daktilitas adalah kemampuan sebuah struktur atau komponen untuk menahan respon inelastik, termasuk defleksi terbesar dan menyerap energi. Semakin besar nilai daktilitas, semakin aman dan kuat suatu struktur bangunan dalam menahan beban gempa.

Kata Kunci: *Gempa Bumi, Daerah Rawan Gempa, Daktilitas dan Struktur Bangunan Tahan Gempa*

1. PENDAHULUAN

1.1 Dasar Perencanaan Struktur

Perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi atau ≥ 6 (Enam) Lantai dan harus memperhitungkan kemampuannya dalam memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, di antaranya adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup searah gravitasi, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa.

Berdasarkan *SKSNI 03 2847 2002*, tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur atau kerusakan struktur yang mengakibatkan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut:

- Ketika terjadi gempa kecil, tidak terjadi kerusakan sama sekali.
- Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan arsitektural tetapi bukan merupakan kerusakan struktural.
- Ketika terjadi gempa kuat, diperbolehkan terjadinya kerusakan struktural dan nonstruktural, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Oleh sebab itu, perencanaan bangunan struktur tahan gempa harus dapat memperhitungkan

dampak dari gaya lateral yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi. Untuk memikul gaya lateral yang dialami oleh bangunan, struktur harus dapat memiliki daktilitas yang memadai di daerah *joint* atau elemen struktur tahan gempa seperti bresing (Pengaku) atau dinding geser (Shear Wall).

1.2 Daktilitas

Faktor daktilitas suatu bangunan menjadi salah satu faktor penting dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Daktilitas adalah kemampuan sebuah struktur atau komponen untuk menahan respon inelastik, termasuk defleksi terbesar dan menyerap energi. Semakin besar nilai daktilitas, semakin aman dan kuat suatu struktur bangunan dalam menahan beban gempa. daktilitas balok diperoleh dari rumus:

$$\mu = \frac{\Delta m}{\Delta y}$$

Dimana:

μ = Daktilitas Balok

Δm = Defleksi maksimum balok
(defleksi sebelum beban gempa)

Δy = Defleksi pada saat leleh pertama
(defleksi sesudah beban gempa)

2. KONSEP PERENCANAAN STRUKTUR

2.1 Metode Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa

Metode analisis yang dapat digunakan untuk memperhitungkan pengaruh beban gempa terhadap struktur adalah sebagai berikut:

2.1.1 Metode Analisis Statik

Analisis perancangan struktur bangunan terhadap pengaruh beban gempa secara statis, pada prinsipnya adalah menggantikan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada struktur akibat pergerakan tanah dengan gaya-gaya statis yang ekuivalen, dengan tujuan penyederhanaan dan kemudahan di dalam perhitungan. Metode ini disebut Metode Gaya Lateral Ekuivalen (*Equivalent Lateral Force Method*). Pada metode ini diasumsikan bahwa gaya horizontal akibat gempa yang bekerja pada suatu elemen struktur, besarnya ditentukan berdasarkan hasil perkalian antara suatu konstanta berat atau massa dari elemen struktur tersebut.

2.1.2 Metode Analisis Dinamis

Analisis dinamis untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamis dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis. Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*), dimana pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respons (*Response Spectrum Modal Analysis*), dimana pada cara ini respons maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respons Rencana (*Design Spectra*). Sedangkan pada analisis dinamis inelastis digunakan untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*).

2.3. Gempa Bumi

2.3.1. Pengertian Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang di alami selama periode waktu. Gempa Bumi diukur dengan menggunakan alat Seismometer. *Moment* magnitudo adalah skala yang paling umum di

mana gempa bumi terjadi untuk seluruh dunia. Skala Rickter adalah skala yang di laporkan oleh observatorium seismologi nasional yang di ukur pada skala besarnya lokal 5 magnitudo. Intensitas getaran diukur pada modifikasi Skala Mercalli.

Hiposentrum atau jarak fokus gempa, yaitu titik atau garis tempat peristiwa yang menimbulkan terjadinya gempa, letaknya di dalam litosfer pada kedalaman yang bervariasi, di laut Jawa tercatat hiposentrum dalamnya 700 kepala mardrasah, sedangkan gempa di lepas pantai barat Sumatera, Selatan Jawa, dan Nusa Tenggara kedalamannya sekitar 50 km.

Episentrum gempa, yaitu titik atau garis di permukaan bumi atau permukaan laut tempat gelombang permukaan mulai dirambatkan, atau tempat gelombang primer dan sekunder pertama kali mencapai permukaan bumi atau laut.

Gelombang gempa bumi, dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

1. Gelombang longitudinal atau gelombang primer adalah gelombang gempa yang dirambatkan dari hiposentrum melalui lapisan litosfer secara menyebar dengan kecepatan antara 7-14 km per detik, mempunyai periode antara 5-7 detik. Gelombang ini adalah gelombang yang pertama kali dicatat oleh seismograf.
2. Gelombang transversal atau gelombang sekunder adalah gelombang gempa yang bersama-sama dengan gelombang primer dirambatkan dari hiposentrum ke segala arah dalam lapisan litosfer dengan kecepatan antara 4-7 km per detik dan mempunyai periode 11-13 detik. Karena kecepatan gelombang transversal lebih kecil daripada gelombang longitudinal, maka gelombang transversal dicatat di seismograf setelah gelombang primer.
3. Gelombang panjang atau gelombang permukaan adalah gelombang gempa yang dirambatkan mulai dari episentrum menyebar ke segala arah di permukaan dengan kecepatan rambat antara 3,5 – 3,9 km per detik dan mempunyai periode yang besar. Gelombang gempa panjang inilah yang mengiringi gelombang primer dan gelombang sekunder dan merupakan gelombang perusak bumi.

Seismograf adalah alat pencatat gempa bumi. Seismograf dibedakan menjadi 2 macam yaitu: 1) seismograf horizontal; dan 2) seismograf vertikal.

Seismogram adalah gambaran getaran gempa bumi yang dicatat pada seismograf. Gambaran getaran ini berbentuk garis patah-patah. Apabila getaran semakin kuat, maka garis patah-patah akan semakin lebar dan apabila semakin lama

getaran gempa itu di satu tempat, maka semakin panjang pita seismograf yang menggambarkan seismogram.

Pleistosista adalah garis khayal yang membatasi sekitar episentrum yang mengalami kerusakan terhebat akibat dari gempa bumi.

Isoseista adalah garis khayal pada permukaan bumi yang mencatat tentang kerusakan fisik yang sama akibat dari suatu gempa, dan biasanya ditandai dengan angka romawi yang menunjukkan skala kekuatan gempa. Isoseista yang berdekatan dengan episentrum diberi angka romawi yang lebih besar dari sekitarnya.

Homoseista adalah garis khayal pada permukaan bumi yang mencatat besarnya gelombang gempa primer pada waktu yang sama.

2.3.2 Faktor Terjadinya Gempa Bumi

Berdasarkan peristiwa yang menyebabkan terjadinya gempa dibedakan menjadi 3 yaitu:

Gempa vulkanik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas gunung api. Gempa ini tidak begitu hebat. Sumber kekuatan gempa bumi vulkanik hanya berasal dari aktivitas magma gunung api. Gempa vulkanik biasanya hanya dapat dirasakan oleh penduduk yang tinggal di sekitar gunung yang meletus.

Gempa tektonik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh dislokasi atau perpindahan pergeseran lapisan bumi yang tiba-tiba terjadi dalam struktur bumi sebagai akibat adanya tarikan atau tekanan.

Pergeseran lapisan bumi dapat secara vertikal ataupun secara horizontal. Gempa tektonik dapat menimbulkan kerusakan yang parah apabila episentrumnya dangkal.

Gempa runtuh atau terban adalah gempa bumi yang disebabkan oleh tanah longsor, runtuhnya atap gua atau terowongan di bawah tanah. Intensitas gempa runtuh sangat kecil sehingga gempa ini tidak akan terasa pada jarak yang jauh.

Berdasarkan kedalaman hiposentrumnya gempa bumi dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Gempa dangkal adalah gempa yang kedalaman hiposentrumnya kurang dari 50 km dari permukaan bumi. Gempa dangkal pada umumnya menimbulkan gempa yang sangat besar.
2. Gempa intermedier atau gempa sedang adalah gempa bumi yang hiposentrumnya pada kedalaman antara 50–300 km dari permukaan bumi.
3. Gempa dalam adalah gempa bumi yang kedalaman hiposentrumnya antara 300 – 700 km dari permukaan bumi. Gempa bumi dalam pada umumnya tidak membahayakan. Getaran gempa bumi merambat dari hiposen-

trum dan menyebar ke segala arah dalam wujud getaran gelombang primer dan sekunder. Sedangkan dari episentrum terjadi rambatan getaran gempa di permukaan bumi dalam bentuk gelombang panjang.

Berdasarkan bentuk episentrumnya gempa dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Gempa linier adalah gempa yang terjadi apabila episentrumnya berbentuk garis. Gempa linier terjadi di daerah-daerah patahan (gempa tektonik).
2. Gempa sentral adalah gempa yang terjadi apabila episentrumnya berbentuk titik. Gempa ini terjadi karena adanya gunung api yang meletus atau runtuh bagian atas litosfer.

Berdasarkan letak episentrumnya gempa dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Gempa laut adalah gempa yang terjadi apabila episentrumnya di dalam laut.
2. Gempa daratan adalah gempa yang terjadi apabila episentrumnya di darat.

Berdasarkan jarak episentralnya gempa dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Gempa setempat adalah gempa yang terjadi jika jarak episentralnya dan tempat terasa gempa sejauh kurang dari 10.000 km.
2. Gempa jauh adalah gempa yang terjadi apabila jarak episentralnya dan tempat terasa gempa kurang lebih 10.000 km.
3. Gempa sangat jauh adalah gempa yang terjadi apabila jarak episentralnya dan tempat terasa gempa sejauh lebih dari 10.000 km.

2.3.3 Skala Kekuatan Gempa Bumi

Skala kekuatan gempa bumi diukur berdasarkan kuat atau lemahnya getaran. Kekuatan gempa bumi umumnya dinyatakan dengan skala Richter. Skala Richter didasarkan pada alat pengukur gempa bumi, yaitu seismograf *Wood Anderson*. Hasil pengukuran alat pengukur gempa bumi ini dengan cepat dapat diketahui berapa kekuatan gempa dan jarak antara lokasi pengamat dengan sumber gempa.

Skala kekuatan gempa bumi tidak hanya skala Richter saja, tetapi ada juga skala Mercalli dan skala Omori. Pada skala Richter, kekuatan gempa diukur berdasarkan getaran magnitudo. Akan tetapi, pada skala Mercalli dan skala Omori berdasarkan tahapan yang berkaitan dengan intensitas gempa.

Untuk mengukur intensitas kekuatan gempa, ada beberapa macam skala, antara lain:

1. Skala kekuatan gempa bumi menurut C.F. Richter
2. Skala Richter adalah skala logaritmis, dan

setiap selisih satu skala perbedaan energi adalah 31,5 kali lebih besar. C.F. Richter menyusun skala gempa bumi berdasarkan skala magnitudo (ukuran besarnya gempa) dengan menggunakan klasifikasi angka 0 sampai 8.

Semakin besar angkanya, maka semakin besar magnitudonya.

Berdasarkan kekuatannya atau magnitudo (M), gempabumi dapat dibedakan atas:

1. Gempabumi sangat besar dengan magnitudo lebih besar dari 8 SR.
2. Gempabumi besar magnitudo antara 7 hingga 8 SR.
3. Gempabumi merusak magnitudo antara 5 hingga 6 SR.
4. Gempabumi sedang magnitudo antara 4 hingga 5 SR.
5. Gempabumi kecil dengan magnitudo antara 3 hingga 4 SR
6. Gempabumi mikro magnitudo antara 1 hingga 3 SR .
7. Gempabumi ultra mikro dengan magnitudo lebih kecil dari 1 SR.
8. Cara menentukan intensitas gempa menurut Richter adalah menggunakan jarak dan besaran amplitudo. Berikut ini adalah tabel skala kekuatan gempa bumi menurut C.F. Richter.

2.3.4. Wilayah Gempa Indonesia

Sesuai dengan SNI 1726-2012, Indonesia terbagi dalam 6 wilayah gempa. Wilayah gempa 1 dan 2 adalah termasuk wilayah dengan tingkat kegempaan yang rendah, wilayah gempa 3 dan 4 adalah wilayah dengan tingkat kegempaan menengah dan wilayah 5 dan 6 dengan tingkat kegempaan tinggi. Bangunan yang ditinjau masuk pada wilayah gempa 4 dengan tingkat kegempaan menengah.

2.3.5. Kategori Resiko Bangunan Gedung

Untuk berbagai kategori resiko bangunan gedung yang sesuai dengan SNI 1726-2012 Tabel 1 dibagi menjadi 5 (lima) kategori gedung, bergantung pada tingkat kepentingan gedung pasca gempa, pengaruh gempa terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa (I_e). Gedung yang ditinjau termasuk dalam kategori resiko II (Rumah susun).

2.4 Pembebanan Struktur dan Kombinasi Pembebanan

Pada perencanaan bangunan bertingkat tinggi, komponen struktur direncanakan cukup kuat untuk memikul semua beban kerjanya. Pengertian beban itu sendiri adalah beban-beban baik secara langsung maupun tidak langsung yang

mempengaruhi struktur bangunan tersebut. Menurut PPIUG 1983, pengertian dari beban-beban tersebut adalah:

- a. Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian (*finishing*), mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.
- b. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan atap dan lantai tersebut.
- c. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja dalam gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.
- d. Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara.

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas sesuai dengan Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa SNI 1726-2012, maka perencanaan struktur harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan terfaktor di bawah ini:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D \pm 1,0 E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

Keterangan:

D: adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap;

L: adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain;

La: adalah beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak;

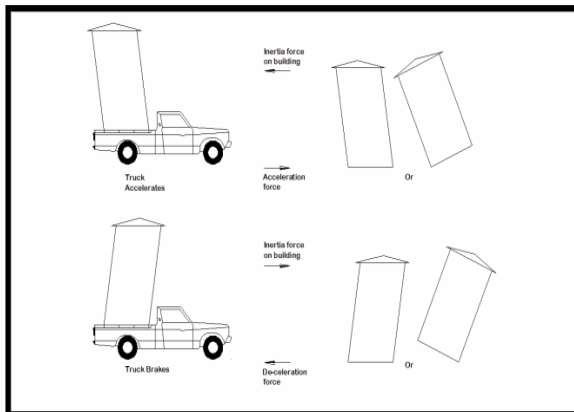
H: adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air;

W: adalah beban angin;
E: adalah beban gempa.

Secara umum D, L, La, W, E, dan H masing-masing dapat berupa lentur, geser, aksial, dan torsi. Tahanan setiap komponen struktur harus diperiksa terhadap semua kombinasi pembebanan tersebut diatas.

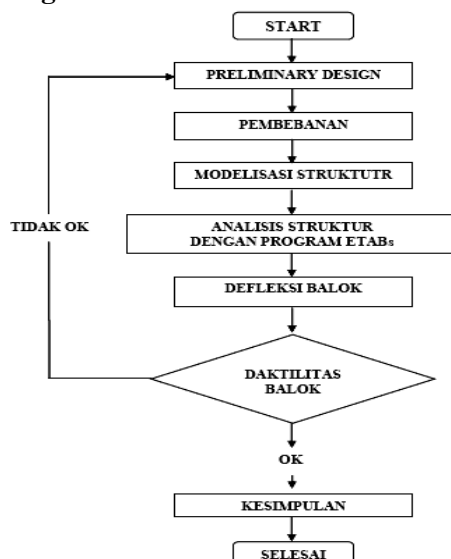
Beban Gempa (Earthquake Load)

Gempa menyebabkan guncangan pada tanah. Tingkat keparahan beban gempa tergantung pada lokasi—sesuai peraturan mengenai standar bangunan. Guncangan tanah dapat menambah beban pada unsur-unsur bangunan, guncangan tanah yang lebih kuat atau unsur-unsur bangunan yang lebih besar dapat menambah beban pada gedung itu sendiri. Beban gempa cenderung horizontal (walaupun tetap ada komponen vertical) dan dapat menyerang dari arah manapun. Beban gempa akan datang bersiklus. Beban gempa dapat disimulasikan seperti jika anda berdiri di bak sebuah truk yang tiba-tiba bergerak cepat, mengerem mendadak, dan bergerak lagi, berulang-ulang kali. Akan sangat sulit untuk tetap bisa berdiri.



3. DAKTILITAS PADA BALOK

3.1 Diagram Alir Daktilitas



Gambar. 3.1: Diagram alir metodologi penelitian.

3.2 Denah Struktur Gedung

Adapun data mengenai gedung adalah sebagai berikut:

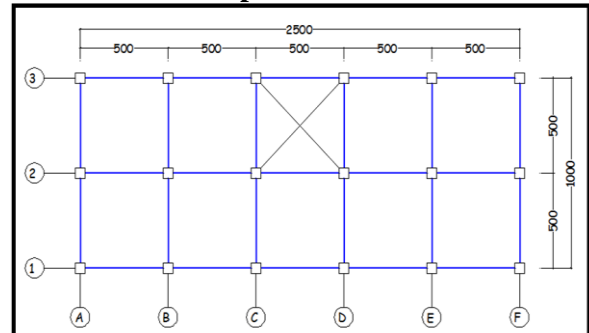
- a. Panjang gedung (A) = 25,00 m
- b. Lebar gedung (B) = 10,00 m
- c. Tinggi Gedung = 25,50 m

3.3 Spesifikasi Bahan

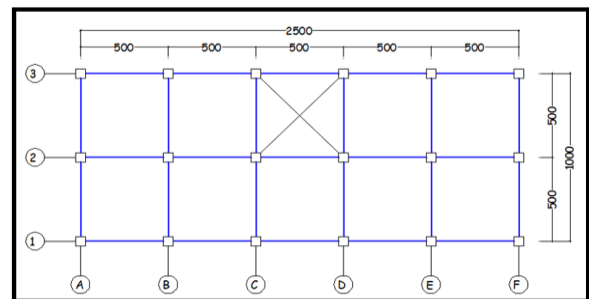
Spesifikasi bahan untuk beton dan baja yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Mutu beton (f_c') = 26 Mpa = 260 Kg/cm²
- b. Mutu baja (F_y) = 340 Mpa = 3400 Kg/cm²

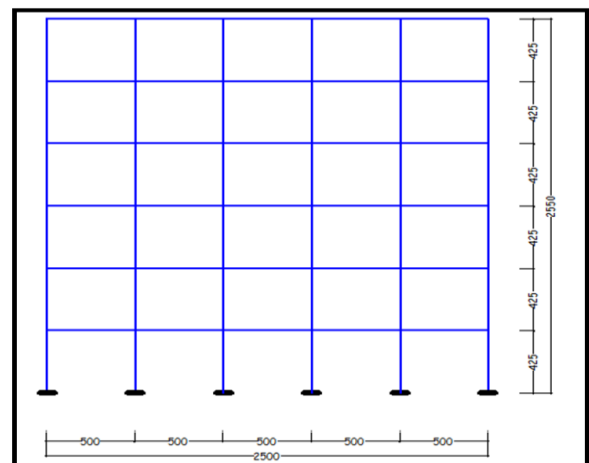
3.4 Denah Penempatan Balok Dan Kolom.



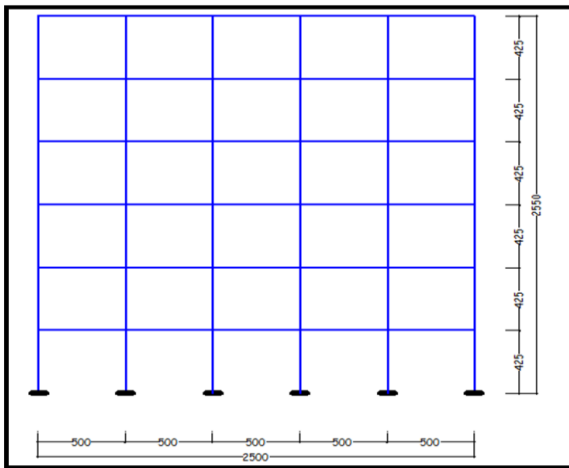
Gambar. 3.2: Denah lantai 1 – 5.



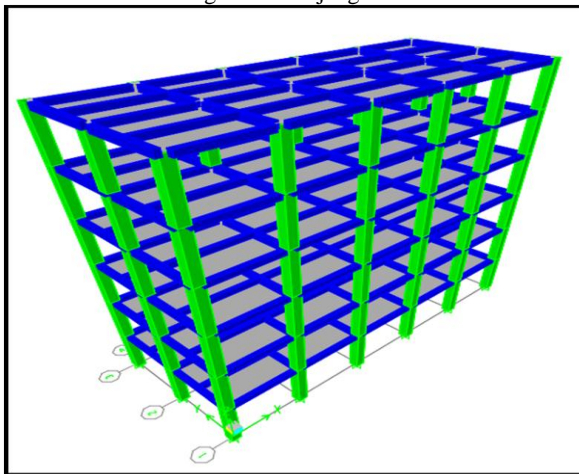
Gambar. 3.3: Denah lantai 6 (atap).



Gambar. 3.4: Potongan Melintang.



Gambar. 3.4: Potongan Memanjang.



Gambar. 3.5: Model 3 Dimensi.

3.5 Perhitungan Beban Gravitasi Rencana

3.5.1. Beban Pada Pelat Atap

a. *Beban Mati*

$$DL = 411 \text{ KgF/m}^2$$

b. *Beban Hidup*

Untuk perkantoran

$$LL = 100 \text{ KgF/m}^2$$

3.5.2. Beban Pada Pelat Lantai

a. *Beban Mati*

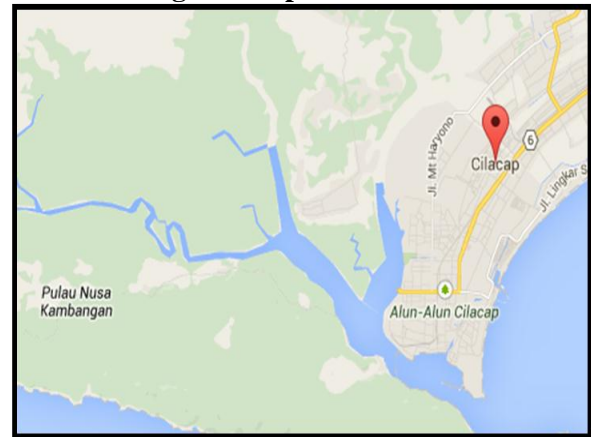
$$DL = 533 \text{ KgF/m}^2$$

b. *Beban Hidup*

Untuk perkantoran

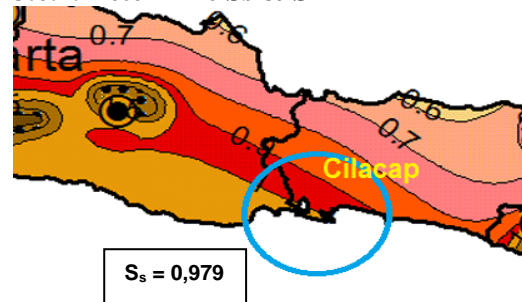
$$LL = 250 \text{ KgF/m}^2$$

3.6 Perhitungan Gempa

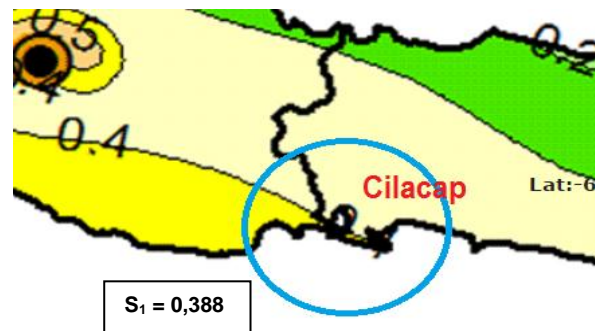


Gambar. 3.6: Lokasi yang direncanakan

3.6.1. Determine S_s & S_1



Gambar. 3.6: S_s , Gempa Maksimum yang di pertimbangan Risiko-Tersesuaian (MCE_R), Parameter Gerak Tanah, untuk Percepatan Respons Spektral 0,2 detik, dalam g, (5 % redaman Kritis), Kelas Situs SB.



3.6.2 Determine Building Risk Category & Importance factor (I_e)

Tabel 1- Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

Tabel 3.7: Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (SK-SNI 1726:2012).

Tabel 2- Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Tabel 3.8: Faktor Keutamaan gempa (SK-SNI 1726:2012).

3.6.3 Determine Site Design Category-SDC. Determine Site coefficient (F_a & F_y)

SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah teresmentasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Tabel 3.9: Klasifikasi Situs (SK-SNI 1726:2012).

Tabel 4 Koefisien situs, F_s

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_g) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^a				

CATATAN:
(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier $\Rightarrow F_a = 0,925$
(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 5 Koefisien situs, F_y

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_g terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^a				

CATATAN :
(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier $\Rightarrow F_v = 2,448$
(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 3.10: Koefisien Situs (SK-SNI 1726:2012) Site Coefficient and adjusted maximum considered earthquake spectral response acceleration parameter.

- ❖ $S_{MS} = (F_a.S_s)$
 $= 0,925 \times 0,979$
 $= 0,905 \text{ g}$
- ❖ $S_{M1} = (F_v.S_1)$
 $= 2,448 \times 0,388$
 $= 0,949 \text{ g}$

Determine Spectral Response Acceleration S_{ps} & S_{p1}

- ❖ $S_{DS} = 2/3 (F_a.S_s)$
 $= 2/3 (0,905)$
 $= 0,603 \text{ g}$
- ❖ $S_{D1} = 2/3 (F_v.S_1)$
 $= 2/3 (0,949)$
 $= 0,632 \text{ g}$

Tabel 6-Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3.11: Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SK-SNI 1726:2012).

Tabel 7-Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Tabel 3.12: Kategori desain seismik berdasarkan parameter resopons percepatan pada periode 1 detik (SK-SNI 1726:2012)

➤ *Seismic Design Category (SDC) Design Response Spectrum*

$$T_o = 0,2 \frac{SD1}{SDS} = 0,2 \frac{0,632}{0,603} = 0,21 \text{ second}$$

$$T_S = \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,632}{0,603} = 1,05 \text{ second}$$

1. Determine Aproximate Fundamental Period

Tabel 9-Faktor R, Cd, dan Ωo untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R ^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω ₀ ^b	Faktor pembesaran defleksi, C _d ^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h _s (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24.Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB
25.Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	48	48	30
26.Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10 ^h	TI ^h	TI ^f
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^f
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI

Tabel 3.13: Faktor R, Cd, dan Ωo untuk sistem penahan gaya gempa (SK-SNI 1726:2012).

Tabel 14 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S _{D1}	Koefisien C _v
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

Tabel 15 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C _t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Tabel 3.14. Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung dan nilai parameter perioda pendekatan, Ct dan x (SK-SNI 1726:2012).

Periode Fundamental Pendekatan

Persamaan

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$= 0,0466 \times 25,5^{0,9}$$

$$= 0,859 \text{ detik}$$

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 0,859$$

$$= 1,20 \text{ detik}$$

Menentukan Koefisien dasar Seismic

$$C_s = \frac{SDS}{R/I_e} = \frac{0,723}{1} = 0,09 \dots\dots\dots(22)$$

$$C_s \times y = \frac{SD1}{T/I_e} = \frac{0,419}{1,20 \frac{1}{1}} = 0,043 \dots\dots\dots(23)$$

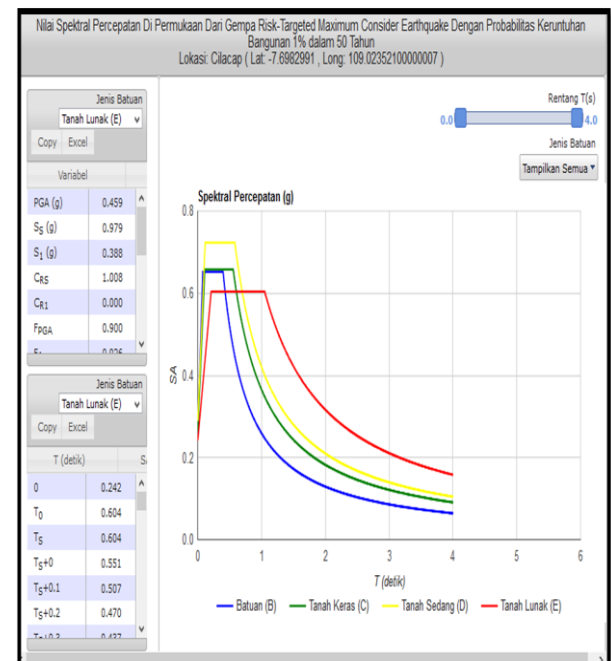
Tidak perlu melebihi (22)

$$C_s \text{ min} = 0,044.SDS.I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,723 \times 1 = 0,032 \geq 0,01$$

Sebagai Tambahan, untuk struktur yang berlokasi dimana S1 ≥ 0,6 g,

Maka CS ≤ $\frac{0,5 S1}{R/I_e} \rightarrow S1 = 0,388 \leq 0,6 \text{ g}$ (tidak perlu dicek).



Gambar. 3.15. Nilai spektra percepatan di permukaan gempa lokasi Kota Cilacap. (sumber: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia)

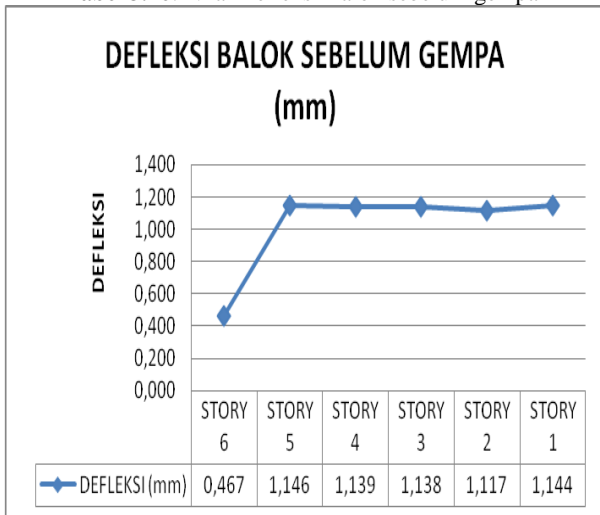
CS yang menentukan = 0,043

3.7 Analisis Struktur Dengan Program ETABS 9.7.0 (Dengan Beban Gravitasi)

Untuk hasil analisis pada pembebanan pertama (tanpa beban gempa) didapat hasil sebagai berikut:

STORY	DEFLECTION (MM)							
	BEAM B21	BEAM B11	BEAM B7	BEAM B12	BEAM B25	BEAM B2	BEAM B1	BEAM B13
STORY6	0.370	0.563	0.370	0.563	0.370	0.563	0.563	0.370
STORY5	1.020	1.272	1.020	1.272	1.020	1.272	1.272	1.020
STORY4	1.010	1.267	1.010	1.267	1.010	1.267	1.267	1.010
STORY3	1.010	1.265	1.010	1.265	1.010	1.265	1.265	1.010
STORY2	1.001	1.225	1.001	1.255	1.001	1.225	1.225	1.001
STORY1	1.020	1.267	1.020	1.267	1.020	1.267	1.267	1.020

Tabel 3.16: Nilai Defleksi Balok sebelum gempa



Gambar 3.17: Grafik Defleksi Balok sebelum Gempa.

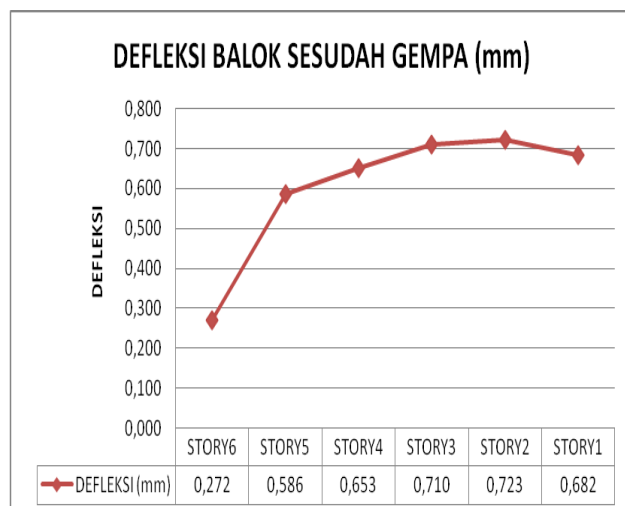
3.8 Analisis Struktur Dengan Program ETABS 9.7.0 (Dengan Beban Gravitasi + Gempa)

Pada analisis yang kedua dilakukan analisis dengan menggunakan program ETABS 9.7.0 (dengan beban gempa). Struktur yang ditinjau adalah balok lentur pada sudut bangunan dari lantai 1 sampai dengan lantai 6 yaitu BEAM B21, B11, B37, B12, B25, B2, B1, dan B13.

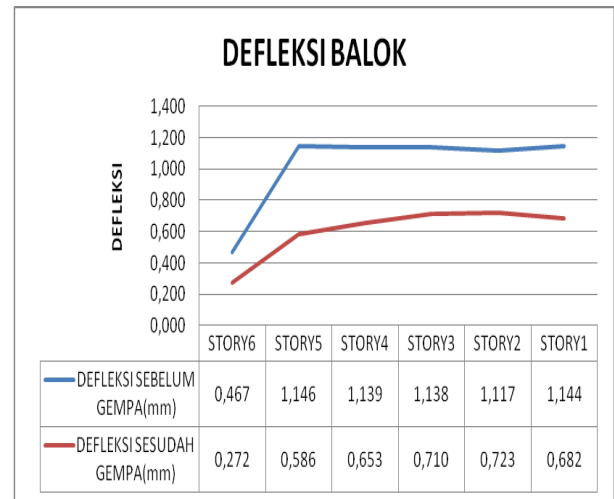
Untuk hasil analisis pada pembebanan pertama (dengan beban gempa) didapat hasil sebagai berikut:

STORY	DEFLECTION (MM)							
	BEAM B21	BEAM B11	BEAM B37	BEAM B12	BEAM B25	BEAM B2	BEAM B1	BEAM B13
STORY6	0.199	0.398	0.192	0.322	0.201	0.294	0.358	0.211
STORY5	0.510	0.722	0.505	0.655	0.501	0.610	0.661	0.522
STORY4	0.514	0.910	0.504	0.779	0.521	0.680	0.771	0.541
STORY3	0.536	1.047	0.508	0.870	0.537	0.744	0.869	0.565
STORY2	0.541	1.081	0.506	0.893	0.537	0.754	0.892	0.580
STORY1	0.523	0.994	0.509	0.795	0.545	0.685	0.832	0.575

Tabel 3.18. Nilai Defleksi Balok sesudah gempa.



Gambar 3.19 Grafik Defleksi Balok sesudah Gempa.



Gambar 3.20. Grafik Defleksi Balok sebelum dan sesudah Gempa.

3.9 Nilai Daktilitas Balok

Nilai daktilitas balok diperoleh dari rumus:

$$\mu = \frac{\Delta m}{\Delta y}$$

Dimana:

μ = Daktilitas Balok

Δm = Defleksi maksimum balok (defleksi sebelum beban gempa)

Δy = Defleksi pada saat leleh pertama (defleksi sesudah beban gempa)

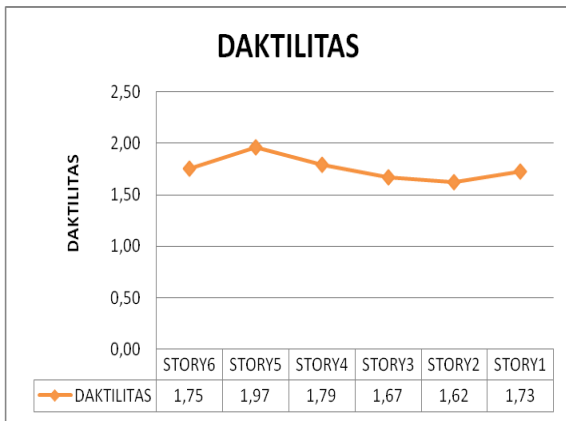
Dengan memasukan rumus diatas didapatkan nilai daktilitas pada tiap balok yang ditinjau yaitu:

STORY	DAKTLITAS							
	BEAM B21	BEAM B11	BEAM B37	BEAM B12	BEAM B25	BEAM B2	BEAM B1	BEAM B13
STORY6	1.859	1.415	1.927	1.748	1.841	1.915	1.573	1.754
STORY5	2.000	1.762	2.020	1.942	2.036	2.085	1.924	1.954
STORY4	1.965	1.392	2.004	1.626	1.939	1.863	1.643	1.867
STORY3	1.884	1.208	1.988	1.454	1.881	1.700	1.456	1.788
STORY2	1.850	1.133	1.978	1.405	1.864	1.625	1.373	1.726
STORY1	1.950	1.275	2.004	1.594	1.872	1.850	1.523	1.774

Tabel 3.21. Nilai Daktilitas Balok.

3.20 Kesimpulan

Nilai daktilitas balok perencanaan bangunan ini sudah memenuhi syarat untuk perencanaan gedung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) SK-SNI 2002, yaitu sebesar > 5,2.



Gambar 4.22. Grafik Daktilitas Balok.

Dari analisis ini dihasilkan daktilitas parsial yaitu daktilitas sedang dengan rentang nilai 1,0 s/d 5,2. Sehingga perencanaan bangunan ini dapat diaplikasikan pada daerah wilayah gempa Kota Cilacap.

DAFTAR PUSTAKA

Affandi Andri. 2012. *Studi Daktilitas Struktur Composite Flate Plate Steel-Concrete-Steel Pada Bangunan Bertingkat Rendah.*

Depatemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan gedung Depatemen Pekerjaan Umum.*

Ir. Agoes Widjanarko, MIP. 2006. *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Tahan Gempa.*

International Conference Of Building Officials 5360 Workman Mill Road, Whittier, California 90601-2298. 1997. Uniform Building Code.

Listiyani Tungki. 2002. *Tugas Perencanaan Struktur Gedung ISTN.*

Ria Catur Yulianti ST. MT. *Pusat Pengembangan Bahan Ajar –UMB– Rekayasa Gempa).*

SK SNI T-15-1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung Departemen Pekerjaan Umum.*

SNI 03-1726-2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.*

SKSNI 1726-2012. *Tata Cara Perhitungan Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.*

Stensil. 1981. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung.*

<http://kampustekniksipil.blogspot.com/2012/07/berkenalan-dengan-tegangan-regangan.html>;

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/;

https://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi

MONITORING DETAK JANTUNG DENGAN MENGGUNAKAN SMARTPHONE ANDROID MELALUI MEDIA BLUETOOTH BERBASIS ATMEGA8

Asep Saefullah¹, Fredy Susanto², Riandy Erlangga³

STMIK Raharja Informatika

Jl. Jendral Sudirman No. 40 Modern Cikokol Tangerang 15117

E-mail: ¹asep.saefullah@raharja.info; ³riandy@raharja.info

ABSTRAK

Teknologi di era globalisasi dan modernisasi seperti sekarang ini sudah sangat berkembang, dunia kedokteranpun sudah semakin modern dengan adanya alat-alat yang sudah terkomputerisasi. Hal ini dapat membantu dan mempermudah pekerjaan dokter dalam menganalisa penyakit. Banyak alat-alat kesehatan yang canggih digunakan untuk membantu memeriksa kesehatan pasien di rumah sakit modern. Dalam kehidupan sehari-hari banyak dari kita yang ingin memeriksa kesehatan jantung tapi malas untuk berkunjung ke rumah sakit atau klinik. Karena terbentur biaya yang lumayan mahal apalagi untuk kalangan masyarakat menengah kebawah. Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8 adalah sebuah Android Application yang menggunakan media sensor jantung dan *smartphone android* sebagai interfacenya, system ini memiliki kemampuan untuk memonitoring jantung manusia, data sensor yang dikirimkan ke mikrokontroler akan di proses untuk selanjutnya di tampilkan kedalam layar *smartphone*. Sehingga Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 8 adalah solusi untuk mempermudah kita dalam memeriksa kesehatan jantung tanpa harus ke dokter atau klinik, cukup tempelkan bagian dari tubuh kita ke sensor kemudian kita akan melihat kondisi kesehatan jantung kita dengan akurat

Kata Kunci: *Android, Monitoring, Mikrokontroler, Bluetooth.*

ABSTRACT

Technology in the era of globalization and modernization as it is already highly developed, the world is getting modern medical with the tools that are already computerized. This can assist and facilitate the work of physicians in analyzing disease. Many of the tools used for advanced medical help check the health of patients in modern hospitals. In everyday life many of us who want to check the health of the heart but lazy to visit the hospital or clinic. Due to hit the cost is quite expensive especially for high society down. Heart Rate Monitoring System Using Microcontroller ATMEGA 8 is an Android Application that used media heartbeat sensor and android smartphone as interface, this system has the ability to monitor the human heart, the sensor data that is sent to the microcontroller will be in the process to the next in the show into a smartphone screen. So Heartbeats Monitoring System Using Microcontroller ATMEGA 8 is the solution to facilitate us in check heart health without having to see a doctor or clinic, simply paste a part of our body to the sensor and then we will look at the condition of our heart health accurately.

Keywords: *Android, Monitoring, Microcontroller, Bluetooth.*

1. PENDAHULUAN

Kerusakan jantung kini tidak hanya dialami oleh orang berusia lanjut. Penyakit ini sekarang banyak menyambangi kaum muda mulai dari usia 20 tahun sampai yang berusia manula. Fenomena kerusakan jantung ini lebih banyak disebabkan oleh perubahan gaya hidup tidak sehat dengan makanan yang tinggi lemak dan kebiasaan sepele yang seharusnya bisa di hindari seperti begadang, terlalu sibuk kerja, kebanyakan minum kopi, dan kelelahan di depan komputer. Untuk mengetahui

keadaan jantung diperlukan alat yang menghitung detak jantung kita. Mahalnya alat kedokteran dan kurangnya waktu seseorang untuk melakukan pemeriksaan di rumah sakit menyulitkan seseorang untuk mengawasi kesehatan, terutama kesehatan jantung. Untuk itu dibutuhkan alat sederhana yang memiliki kemudahan dalam pengoperasiannya dan dapat digunakan di rumah walaupun saat sedang beraktifitas. Dengan menggunakan *heartbeat* sensor, *smartphone android* dan Mikrokontroler ATMEGA 8, pengguna cukup menjalankan aplikasi

android untuk menghitung detak jantung.

2. LITERATUR REVIEW

Penelitian Wahyu Kusuma dan Sendy Frandika (2014) Universitas Gunadarma tentang alat pengukur jumlah detak jantung berdasar aliran darah ujung jari:

Pada penelitian ini membahas mengenai pemanfaatan *Fingertip Pulse Sensor* sebagai input untuk mengukur detak jantung. Sistem ini menggunakan ATmega8535 dan LCD sebagai *output*. Cara kerja sistem ini adalah ketika jari menempel pada sensor maka akan menghitung selama 15 detik, jika waktu telah menunjukkan = 15 detik, maka jumlah perhitungan dari deteksi sensor akan dikalikan dengan 4, yang nantinya nilai pendektasian sensor tersebut sama bernilainya dengan lamanya waktu 1 menit (60 detik).

Penelitian Agung Budi Wijaya, Achmad Subhan Halilullah (2010) Politeknik Elektronika Negeri Surabaya mengenai rancang bangun alat pengukur detak jantung dan suhu tubuh manusia berbasis komunikasi *bluetooth*:

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur suhu tubuh serta detak jantung di saat bersamaan. Sistem ini menggunakan sensor LM35 untuk mengukur suhu tubuh serta sensor RCM3100 untuk mengukur detak jantung. Cara kerja sistem ini menggunakan PC sebagai output, untuk menampilkan pada PC dengan menggunakan komunikasi dua arah melalui *bluetooth device* dan dapat ditampilkan pada hyperterminal.

Penelitian Ahmad Nawawi Harahap dan Dr. Bisman Perangin-angin, M.Eng. SC. (2013) FMIPA USU Medan tentang system pengukuran detak jantung manusia menggunakan media *online* dengan jaringan *wi-fi* berbasis PC:

Penelitian ini menggunakan rangkaian sensor infra merah menggunakan phototransistor dan led infra merah dengan Ms. Visual Basic 6.0 sebagai *output*. Cara kerja system ini adalah pada saat phototransistor menerima cahaya maka *photo transistor ON* sehingga *Vout* dihubungkan ke *ground* melalui *photo transistor* sehingga *Vout* berlogika *LOW* dan sebaliknya pada saat tidak menerima cahaya maka *phototransistor OFF* dan *Vout* dihubungkan ke *Vcc* melalui RL sehingga berlogika *HIGH*. Kemudian pada saat *photo transistor* menerima cahaya maka phototransistor mendapat bias basis sehingga phototransistor ON dan *Vout* dihubungkan ke *ground* sehingga *Vout* berlogika *LOW*. Kemudian pada saat *photo transistor* tidak menerima cahaya maka *photo-transistor OFF* dan basis tidak mendapat bias maju sehingga *phototransistor OFF* dan *Vout* dihubungkan ke *Vcc* melalui RL sehingga *Vout* berlogika *HIGH*.

Dari ketiga peneliti pendahulu terkait dengan pemanfaatan sensor detak jantung belum ada yang mengaplikasikan untuk memonitoring detak jantung dan menampilkan pada *smartphone android*.

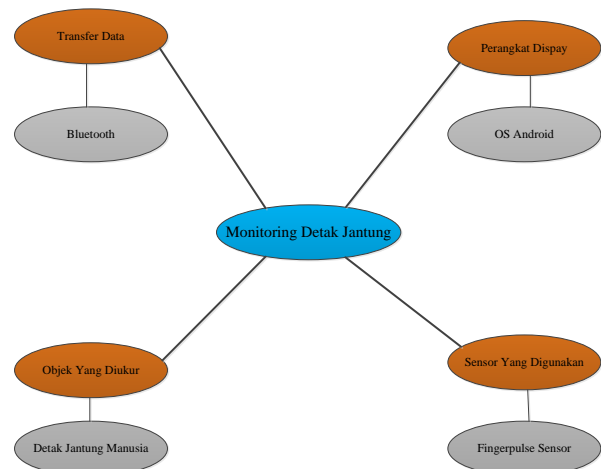
3. PEMBAHASAN

Dalam pembahasan rancangan penelitian ini terdiri dari dua perangkat, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras adalah mikrokontroller yang tersambung dengan sensor jantung dan *Bluetooth device*. Perangkat lunak yang digunakan adalah aplikasi yang ter-*install* kedalam *smartphone Android* berfungsi sebagai kendali dan pengirim bit instruksi. Dalam pembahasan ini kedua perangkat tersebut akan dibahas secara terpisah.

3.1 Perancangan Sistem

a). Road Map Penelitian

Road map penelitian merupakan gambaran dari sistem secara keseluruhan. Dalam penelitian ini hanya terbatas pada monitoring suhu tubuh manusia dengan koneksi yang digunakan adalah *bluetooth*, sensor yang digunakan adalah *Fingerpulse Sensor* dan perangkat display hasil pengukuran yang digunakan adalah *smartphone* dengan O.S *Android* (Gambar.1)



Gambar 1. Road Map Penelitian

b). Metode Perancangan Sistem

Landasan utama penelitian ini adalah road map penelitian. Selanjutnya adalah mencari berbagai sumber literatur dan tinjauan pustaka untuk melengkapi landasan teori untuk mempermudah dan mempercepat langkah-langkah berikutnya. Setelah cukup didapatkan studi literatur, langkah selanjutnya adalah mencari rumusan permasalahan dari penelitian yang sekiranya akan muncul selama penelitian berlangsung. Agar penelitian ini memiliki tolok ukur dalam nilai keberhasilan dari suatu penelitian, maka diperlukan tujuan dari penelitian. Apabila dalam proses melakukan penelitian terdapat hal belum sesuai dengan tujuan awal, maka perlu dilakukan pengkajian ulang dari

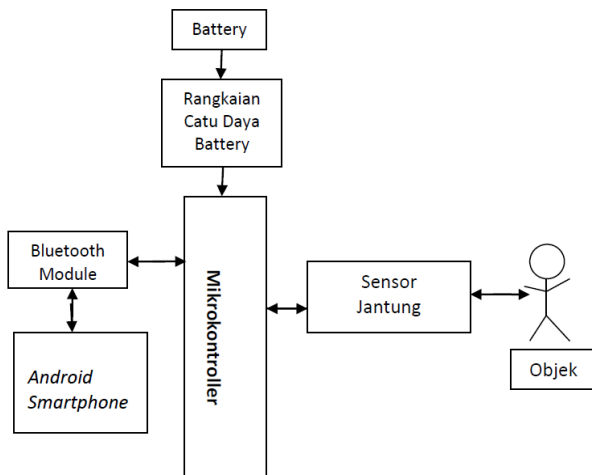
bagian yang dianggap kurang sesuai.

Langkah selanjutnya adalah mulai merancang perangkat elektronik (*hardware*) terlebih dahulu agar terciptanya perangkat elektronik yang sesuai spesifikasi, yakni mampu mengukur detak jantung manusia, dan sensor yang digunakan adalah *Fingerpulse* Sensor, mikrokontoler yang digunakan adalah ATMEGA8, dan untuk perangkat display menggunakan O.S Android dengan tipe 4.0 (*Ice Cream Sandwich*) atau yang lebih tinggi.

c). *Diagram Blok Sistem Pengukuran*

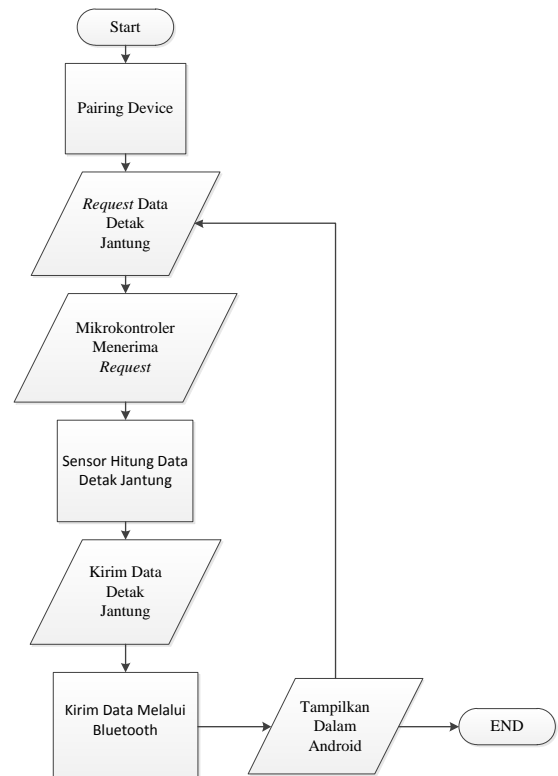
Sistem kerja alat ini, yaitu *Smartphone* OS Android sebagai *interface* pengontrolan berfungsi untuk memberikan instruksi untuk memonitoring detak jantung menggunakan *bluetooth*. Di mana android melakukan pairing kepada mikrokontroller melalui media *bluetooth*. Setelah proses *pairing* sukses maka *smartphone* dapat berfungsi untuk melakukan perintah membaca detak jantung yang kemudian diproses oleh mikrokontroller ATMEGA8. *Fingerpulse* Sensor memberikan input kepada mikrokontroller, dimana jika *smartphone* mengirim request kepada mikrokontroller maka sensor akan langsung menghitung kemudian data tersebut akan di kirimkan kembali ke *mikrokontroller* lalu akan mengirim hasil request dan menampilkan ke *device android*.

Untuk mempermudah dalam melakukan pembahasan dan pemahaman kinerja dari rancangan, maka dapat dilihat pada blok diagram berikut:



Gambar 2: Blok Diagram.

Adapun *flowchart* sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



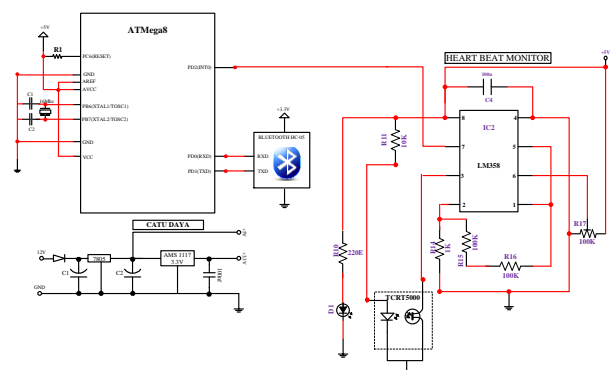
Gambar 3: *Flowchart* Sistem.

Cara kerja *Flowchart* Sistem diatas adalah sebagai berikut:

- a) Pertama-tama user atau pengguna melakukan *pairing device*. Setelah pairing sukses maka *smartphone* dapat mengirim request detak jantung.
- b) Selanjutnya mikrokontroller akan menerima request dan mengirim perintah kepada sensor jantung untuk menghitung detak jantung.
- c) Setelah proses penghitungan, kemudina data akan dikirimkan kembali ke mikrokontroller yang selanjutnya akan dikirim ke *device android* melalui media *bluetooth*.

3.2 *Perancangan Perangkat Keras (Hardware)*

Hardware disini merupakan piranti tambahan yang berupa rangkaian elektronika dan merupakan peralatan penunjang yang terletak diluar komputer. Rangkaian ini merupakan peralatan yang di kontrol oleh program.



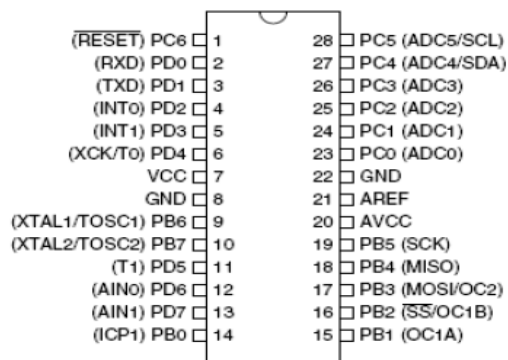
Gambar 4: Rangkaian Sistem.

a) Rangkaian Mikrokontroler ATmega8

ATmega8 merupakan mikrokontroler keluaran AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATmega8 ini antara lain ATmega328, ATmega16, ATmega32, ATmega8535, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin input/output), peripheral (USART, timer, counter, dll)^[1].

Rangkaian mikrokontroler ini merupakan tempat pengolahan data dan pengoperasian alat. Dan dalam rancangan ini, mikrokontroler berfungsi sebagai otak dari seluruh sistem rancangan. Mikrokontroler ATmega8 memiliki 3 buah port dan berbagai pin yang digunakan untuk menampung input dan output data dan terhubung langsung dengan rangkaian-rangkaian pendukung lainnya. Port yang digunakan dalam pembuatan sistem monitoring detak jantung ini adalah port D. pembagian fungsi dari tiap-tiap portnya adalah sebagai berikut:

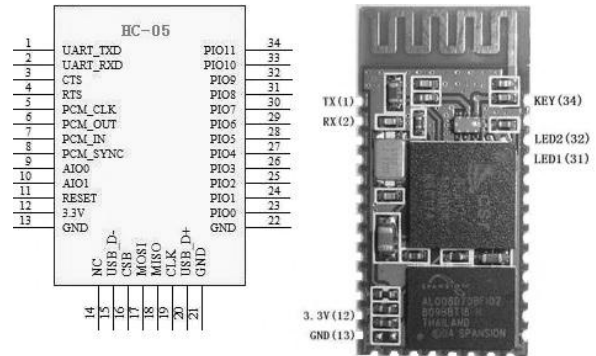
1. Port D0-D7 digunakan sebagai output dan input.
2. Pin XTAL1 merupakan pin masukan untuk sumber clock eksternal pada rangkaian mikrokontroler sehingga mikrokontroler akan bekerja dengan kecepatan sesuai dengan nilai dari crystal dan konfigurasi nilai clock pada program.
3. Pin XTAL2 merupakan saluran keluaran penguat oscillator yang dihubungkan dengan cristal menuju ground melalui sebuah kapasitor. Pin ini juga sebagai pelengkap rangkaian oscillator pembentuk clock.
4. Pin reset pada mikrokontroler ATmega8 terletak pada pin 1(satu). Rangkaian Power On Reset ini menggunakan kapasitor 10 µF dan resistor 10KΩ. Yang membentuk rangkaian power on reset dimana rangkaian ini akan mereset rangkaian mikrokontroler, sehingga mikrokontroler tersebut kembali menjalankan program yang ada di dalamnya dari awal. Dan kondisi pada internal RAM tidak terjadi perubahan selama proses reset berlangsung.



Gambar 5: Konfigurasi PIN ATmega8.

b) Modul Bluetooth HC-05

Untuk media komunikasi antara alat dan smartphone maka perlu digunakan Bluetooth yang terpasang pada alat sehingga instruksi yang dikirimkan smartphone dapat sampai kepada alat. Dalam rancangan penelitian ini modul yang digunakan sebagai penerima instruksi adalah modul Bluetooth HC-05. Untuk mempermudah dalam konfigurasi maka pada modul tersebut terdapat beberapa pin sebagai berikut:



Gambar 6: Bluetooth HC-05.

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa modul Bluetooth HC-05 mempunyai 34 pin. Secara umum fungsi dari pin pada modul Bluetooth HC-05 dijelaskan pada tabel berikut ini:

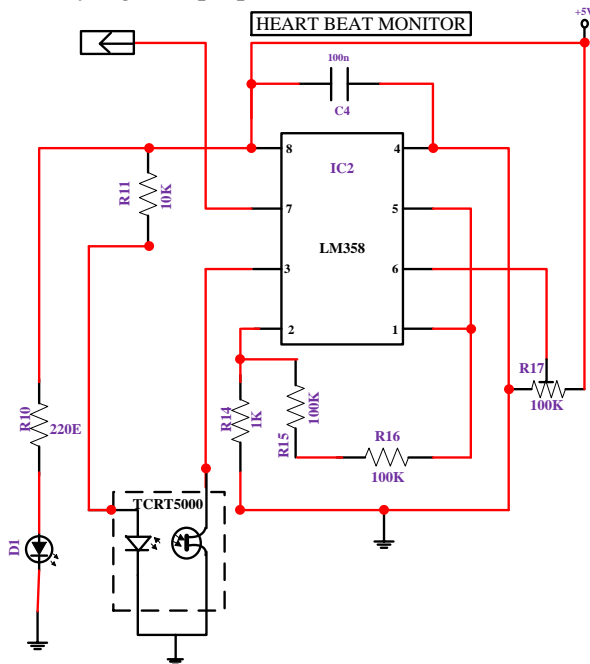
Tabel 1: Tabel Fungsi Pin Modul Bluetooth HC-05

PIN1	UART_TXD, PIN Bluetooth serial untuk mengirim sinyal atau instruksi
PIN2	UART_RXD, Bluetooth seri sinyal menerima PIN, tidak ada resistor pull-up di PIN ini. Namun perlu di tambahkan sebuah eternal pull-up resistor.
PIN11	PIN Reset
PIN12	VCC, pin untuk memberi tegangan pada modul, jangka tegangan yang dapat digunakan adalah 3.0V-4.2V.
PIN13	Ground
PIN31	LED1, indikator modus kerja. Pin ini memiliki 3 mode: Ketika modul diberikan daya dan PIN34 input High, PIN31 akan mengeluarkan 1Hz Gelombang untuk membuat LED berkedip perlahan. Hal ini menunjukkan bahwa modul ada pada mode AT, dan baud rate adalah 38400; Ketika modul diberikan daya dan PIN34 input Low, PIN31 akan mengeluarkan 2Hz Gelombang untuk membuat LED berkedip dengan cepat. Hal ini menunjukkan modul berada pada modus pairable. Jika PIN34 diberi input High, maka modul akan masuk ke mode AT, tapi output dari PIN31 masih 2Hz. Setelah komunikasi, PIN31 akan mengeluarkan frekwensi sebesar 2Hz.

PIN32	Terminal Output. Sebelum terkoneksi, pin ini mengeluarkan <i>low-level bit</i> . Setelah koneksi terbangun, pin ini mengeluarkan <i>high-level bit</i> .
PIN34	<i>Input Switch Mode</i> , jika diinput <i>Low</i> , maka modul sedang dalam mode komunikasi. Jika di input <i>High</i> , modul akan masuk ke mode AT. Meskipun modul sedang berkomunikasi, modul dapat masuk ke mode AT jika PIN34 diinput <i>High</i> . Lalu akan kembali berkomunikasi jika inputnya kembali <i>Low</i> .

c) Sensor Jantung

Alat ini menggunakan sensor pulsa (*pulse sensor*) bekerja dengan cara memanfaatkan cahaya. Saat sensor ini diletakkan dipermukaan kulit, sebagian besar cahaya diserap atau dipantulkan oleh organ dan jaringan (kulit, tulang, otot, darah), namun sebagian cahaya akan melewati jaringan tubuh yang cukup tipis^[2].



Gambar 7: Fingerpulse Sensor.

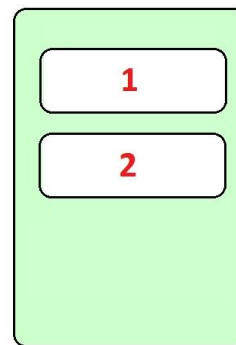
Ketika jantung memompa darah melalui tubuh, dari setiap denyut yang terjadi, timbul gelombang pulsa (jenis seperti gelombang kejut) yang bergerak di sepanjang arteri dan menjalar ke jaringan kapiler di mana sensor pulsa terpasang. Sensor pulsa dirancang untuk mengukur IBI (*Inter Beat Interval*). IBI adalah selang waktu pada denyut jantung dalam mili detik dengan waktu sesaat dari jantung berdetak. BPM (*Beatper Minute*) berasal setiap denyut dari rata-rata setiap 10 kali IBI. Jadi, ketika mikrokontroler dinyalakan dan berjalan dengan sensor pulsa yang dicolokkan ke pin analog 0, terus-menerus (setiap 2mS) membaca nilai sensor berdasarkan denyut jantung yang terukur. Sehingga nilai BPM yaitu^[2]:

$$BPM: \frac{60000}{\text{Rata-rata nilai IBI}}$$

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan *interface* aplikasi android.

Pada penelitian ini, *hardware* dikendalikan secara langsung melalui media *Bluetooth* dengan *interface* aplikasi berbasis Android. tampilan *interface* aplikasi Android sebagai pemberi informasi dan juga kendalinya, dirancang sederhana mungkin dengan tidak menghilangkan kesan *modern* dan *user friendly*. Perancangan aplikasi ini menampilkan tampilan utama, yang berupa tampilan *pairing Bluetooth* serta membaca sensor.



Gambar 8. Rancangan Interface Tampilan Aplikasi

Tabel 2: Tabel Keterangan Interface Tampilan Aplikasi

No.	Nama Kolom	Nama Variable	Keterangan
1.	Label	lblDetak	Berfungsi menampilkan data sensor jantung.
2.	Button	btnRead	Berfungsi mengirimkan data yang tampil di lblDetak ke mikrokontroler melalui <i>Bluetooth</i> .

Perancangan *interface* aplikasi android menggunakan metode *black box testing* yang berguna untuk menguji fungsionalitas suatu program. Parameter pengujian *black box testing* ini dapat dilihat pada table 3:

Tabel 3: Parameter Pengujian.

Parameter	Keterangan
lblDetak	Berfungsi dengan benar?
btnRead	Berfungsi dengan baik?

Tabel 4: Hasil Pengujian.

Parameter	Keterangan
lblDetak	Berfungsi
btnRead	Berfungsi

4. KESIMPULAN

Dari evaluasi hasil kerja alat dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Data pengukuran detak jantung pada sistem jika dibandingkan dengan data pengukuran menggunakan stetoskop memiliki nilai error

sebesar 1,39 %. Jumlah detak jantung manusia normal pada usia 18 – 22 tahun adalah antara 60 – 100 detak per menit.

2. Monitoring antara perangkat Android dengan sensor penghitung detak jantung ini hanya dapat dilakukan dengan jarak maksimal sekitar 6 meter.
3. Perangkat Android yang dapat digunakan untuk melakukan monitoring pada alat ini ialah perangkat Android dengan sistem operasi diatas versi 4.0 (Ice Cream Sandwich).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Syahid. 2012. *Rancang Bangun Robot Beroda Berbasis Android Menggunakan Komunikasi USB*. ISSN: 2252-4908 Vol. 1 No. 2 Agustus 2012: 33-42.

[2] Zennifa, Fadilla. 2012. *Prototipe Alat Deteksi Dini dan Mandiri Penyakit Jantung Menggunakan Sistem Pakar Vcirs, Arduino dan Handphone Android*. Padang: Teknik Elektro Universitas Andalas.

[3] Sharief F. B., Liena E., Abdel K., Samah M. E., 2011, *Microcontroller Based Heart Rate Monitor using Fingertip Sensors*, UofKEJ Vol. 1 Issue 2 pp. 47-51, October 2011.

[4] Sidik, N., 2012, *Aplikasi dan Teknik Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmel*, Yogyakarta: Penerbit ANDI.

[5] Machriz, E., Sony S., Achmad R. 2008. *Perancangan Perangkat Monitoring Denyut Jantung (Heart-Beat Monitoring) dengan Visualisasi LCD Grafik Berbasis ATMEL AT89C51*, *Prosiding. Konferensi Nasional Sistem dan Informatika 2008*, Bali.

[6] Moh Fajar Rajasa F, Ya'umar, dan Suyanto. 2013. *Rancang Bangun Prototipe Monitoring Suhu Tubuh Manusia Berbasis O.S Android Menggunakan Koneksi Bluetooth*. Surabaya: Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

PERCEPATAN PELAKSANAAN KAWASAN INDUSTRI SURYA CIPTA KARAWANG PROPINSI JAWA BARAT

Sugeng Purwanto

Dosen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang

E-mail: *sugeng.P6135@gmail.com*

ABSTRAK

Kawasan Industri yang bernama Surya Cipta di daerah Karawang Jawa Barat merupakan bagian dari pengembangan industri (*development industrial*) sebagai tempat usaha bagi para pengusaha baik lokal maupun pengusaha asing yang bergerak dibidang industri diantaranya assembling kendaraan; pabrik ban mobil; industri konstruksi; konveksi dan lain-lain.

Lokasi berada pada suatu tempat dimana keadaan (*existing*) berupa lahan yang berbukit dan berlembah yang dibuat rata dengan cara bukit dipotong/digali (*cut*) dan lembah diurug (*fill*) dipadatkan dan dibuta petak-petak (*kavling*) untuk didirikan suatu pabrik sebagai operasional produksi yang akan dipasarkan baik diimport maupun diekspor.

Karena pekerjaan bersifat pekerjaan tanah sebagai bagian pekerjaan pemula atau awal pembuka jenis-jenis pekerjaan konstruksi lainnya maka harus diprioritaskan. Dalam pelaksanaan harus diperhatikan bahwa cuaca di Indonesia ada dua musim penghujan biasanya bulan Oktober-Maret dan musim kemarau biasanya bulan April hingga September sehingga waktu efektif kerja untuk pekerjaan *cut/fill* akan efektif praktis enam bulan dalam setahun.

Mencermati waktu efektif maka harus memperbanyak group pelaksana (Sub Kontraktor) karena lahan luas dan kerja monoton maka produktivitas galian tanah bisa lebih banyak, bila musim hujan harus selalu menanggulangi system drainase maka pekerjaan akan lebih cepat selesai.

Terbukti pada saat pekerjaan tahap I luas 500 Ha dengan volume galian 1.500.000 M³ pertahun dan tahap II luas 400Ha volume galian tanah 7.750.000 M³ jadwal 21 bulan dapat diselesaikan waktu enam bulan.

Kata Kunci: Percepatan Pelaksanaan Land Grading (Cut & Fill).

1. PENDAHULUAN

Lokasi pekerjaan original situasi (*existing*) merupakan lahan yang berbukit terletak disepanjang/bersebelahan dengan jalan Tol Jakarta-Cikampek yang oleh sementara orang disebut sebagai lahan mati tidak produktif dan terjepit oleh jalan tol karena tidak ada akses keluar, maka sangatlah cocok untuk kawasan industri tentunya dibuat suatu planning infrastruktur jalan dan jembatan untuk akses baik masuk maupun keluar tol sehingga lahan bisa aktif dan produktif

Kawasan industri adalah merupakan kawasan pabrik dari berbagai produk diantaranya pabrik ban *Godyear* untuk kendaraan, *assembling* Honda, Konveksi dan sebagainya.

Tahap pelaksanaan tahap I luas 500 Ha dihasilkan volume galian 1500000 m³ pertahun dan tahap II seluas 400Ha dihasilkan volume galian tanah 7750000 m³ jadwal dua tahun, selesai hanya tujuh pertahun .

Jenis pekerjaan mencakup pekerjaan: *Land Grading (Cut & Fill)*; Konstruksi Jalan lingkungan (*Road Construction*), *Box Culvert* dan *Box Joint*, Pipa saluran air kotor *Sewerage* dan

Manhole, Pipa saluran air bersih (*Water Supply*), Pengolahan air limbah, Elektrikal dan *Power Distribution, Telecommunication*. Sehingga cukup banyak mencakup disiplin ilmu teknik sipil.

2. BATASAN MASALAH

1. Pembahasan masalah dibatasi khususnya pekerjaan *land grading (cut/fill)* sebab bila lahan belum siap maka pekerjaan konstruksi lainnya tidak bisa dimulai.
2. Menambah sub kontraktor sebagai mitra kerja, juga disesuaikan dengan lahan yang akan dikejar selesainya agar pemakaian yang melibatkan alat berat bisa efektif .
3. Percepatan pekerjaan akan bisa dimonitor dengan jadwal kerja (*Schedule*) dengan "Kurve S" dan *Gantt Chart* atau *Bar Chart* serta monitoring hasil produksi galian/urugan tanah.
4. Membandingkan hasil kerja tahap I 500 Ha dan 400Ha mana lebih cepat efektif dan tentunya hemat biaya.

3. JADWAL KERJA (SCHEDULING)

Untuk membuat perencanaan waktu dan

biaya pelaksanaan proyek perlu dilakukan hal-hal mempelajari gambar, spesifikasi-teknik, kontrak kerja, keadaan cuaca efektif kerja, metode-kerja, menambah Sub kontraktor, monitoring produksi galian tanah, *over time*.

Pada *Schedule* kerja dibuat garis yang menunjukkan awal sampai selesainya akhir waktu pelaksanaan suatu proyek Gantt Chart atau Bar Chart penampilan informasi yang sederhana dan hanya menampilkan dimensi waktu dari masing-masing kegiatan pekerjaan, maka Gantt Chart atau Bar Chart lebih tepat sebagai alat komunikasi untuk melikiskan kemajuan pelaksanaan proyek rapat atau kepentingan manajemen.

Kurva "S" (*HanuM Curve*)

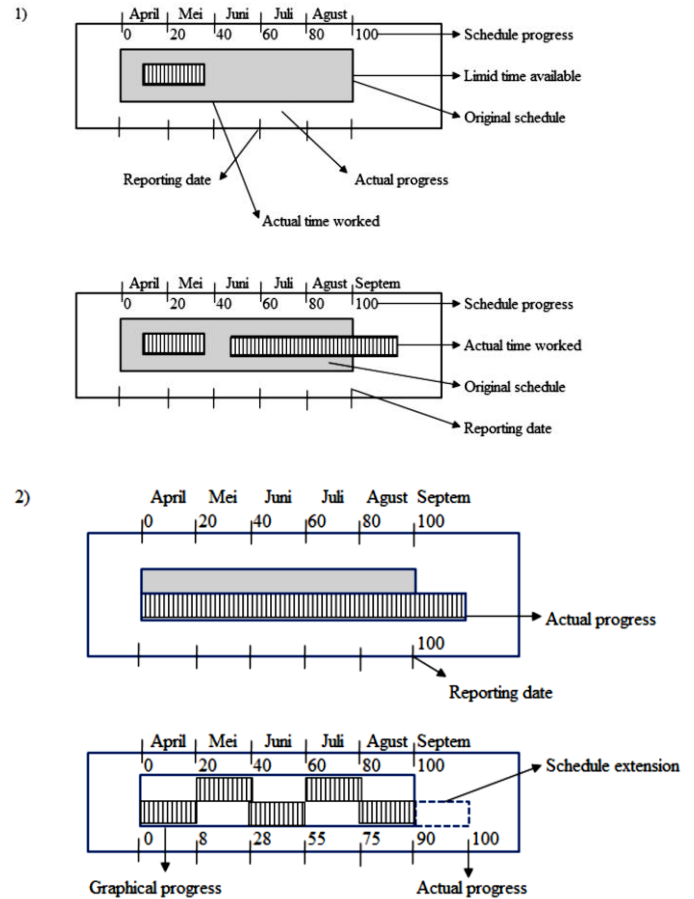
Kurva "S" untuk pengendalian kemajuan pekerjaan suatu proyek berupa gambar hubungan atau penjumlahan antara kemajuan pelaksanaan pekerjaan secara kumulatif (dalam persen 0 % ke 100 %) pada sumbu "Y" dan waktu pelaksanaan pekerjaan, pada sumbu "X" atau suatu kemajuan kumulatif pekerjaan terhadap waktu pelaksanaan.

Kurva "S" terjadi karena kegiatan proyek yang berlangsung sebagai berikut:

- a. Adanya bergerakan kegiatan suatu pekerjaan proyek.
- b. Evaluasi dan *ploting* ke grafik saat hitungan bobot progress didapat.
- c. Bila garis *curve* diatas Kurva "S" berarti terjadi kemajuan suatu progress pekerjaan.
- d. Bila garis *curve* dibawah Kurva "S" berarti terjadi kemunduran atau keterlambatan suatu progress pekerjaan.
- e. Bila garis *curve* diatas Kurva "S" memotong *curve* kebawah Kurva "S" berarti terjadi kemajuan pekerjaan dan berganti menurun menjadi keterlambatan progress pekerjaan.
- f. Bila garis *curve* dibawah Kurva "S" memotong *curve* keatas Kurva "S" berarti terjadi keterlambatan pekerjaan dan berganti keatas menjadi kemajuan pekerjaan.
- g. Bila pekerjaan sudah sampai akhir Kurva "S" (100%) pekerjaan belum selesai berarti pekerjaan terjadi keterlambatan dari waktu yang direncanakan.
- h. Progress yang sebelum pada akhir jadwal pekerjaan sudah 100 % berarti pekerjaan dapat selesai lebih cepat dari waktu yang direncanakan.
- i. Bila garis *curve* dibawah Kurva "S" memotong *curve* keatas Kurva "S" berarti terjadi keterlambatan pekerjaan dan berganti keatas menjadi kemajuan pekerjaan.
- j. Bila pekerjaan sudah sampai akhir Kurva "S" (100%) pekerjaan belum selesai berarti

pekerjaan terjadi keterlambatan dari waktu yang direncanakan.

Progress yang sebelum pada akhir jadwal pekerjaan sudah 100 % berarti pekerjaan dapat selesai lebih cepat dari waktu yang direncanakan variasio *Bar Chart* dalam monitoring dan pembuatan laporan:



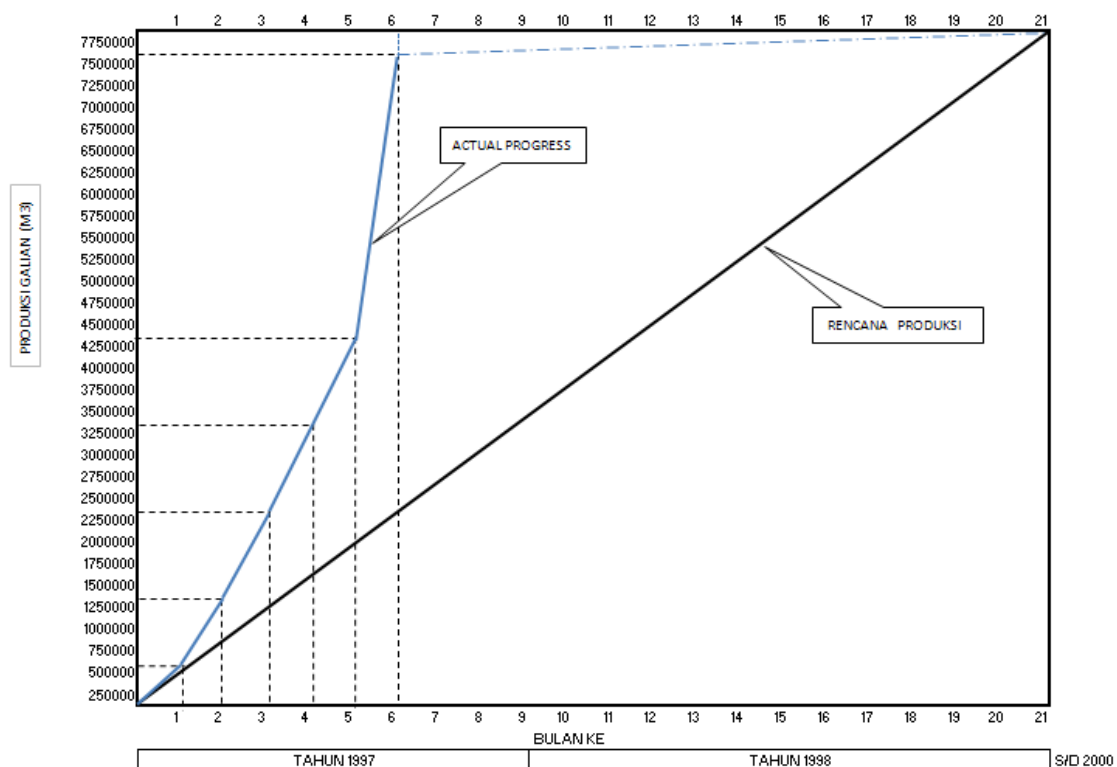
Berikut adalah grafik hubungan antara waktu penyelesaian dan rencana produksi galian (*cut/fill*), grafik hubungan antara waktu penyelesaian pekerjaan dan produksi galian, dan grafik hubungan antara waktu galian penyelesaian dan rencana produksi penyelesaian dan rencana produksi (*cut*) grafik hubungan antara waktu penyelesaian dan rencana produksi galian (*cut*).

SURYACIPTA CITY OF INDUSTRY PHASE II
ACCUMULATIV PRODUCTIVITY PER MONTH (M³)

NO.	SUB CONTRACTOR	1997						JUMLAH M ³
		1 M ³	2 M ³	3 M ³	4 M ³	5 M ³	6 M ³	
1	PT. ALAM LOKA BERSAMA	168635	162985	125822	135600	170350	218440	981832
2	PT. SUMBER MITRA JAYA	120640	147222	258885	293313	269615	275550	1365225
3	PT. KELOLA TAMA ALBES	168038	173900	177680	187000	170960	2650432	3528010
4	PT. WIDI KENCANA RAYA	117958	131218	197530	181960	130010	152654	911330
5	PT. LOBUNTA KENCANA RAYA	147958	136020	197245	127752	170250	185625	964850
	JUMLAH	723229	751345	957162	925625	911185	3482701	7751247
	JUMLAH	723229	1474574	2431736	3357361	4268546	7751247	

RATA - RATA PRODUKSI GALIAN (cut) = 7751247 DIBAGI 6 BULAN = 129187.5 ~ 1300000 M3 PER BULAN

JADWAL TARGET PRODUKSI GALIAN TANAH
SURYACIPTA CITY OF INDUSTRY PHASE II



4. IDENTIFIKASI MASALAH

Mengidentifikasi langsung dilapangan pada waktu itu sehingga masalah dapat didata sebagai berikut:

- a. Bahwa proyek Phase I seluas 500 Ha selesai khususnya pekerjaan tanah galian (*cut*) dan tanah urugan (*fill*) dengan volume galian 1.500.000 m3 pertahun.
- b. Dengan kekuatan 2 (dua) Sub Kontraktor dirasa kurang karena lahan pekerjaan *earth work (Cut/Fill)* berdasarkan luasan dan pekerjaan relative rutin dan kontinyu berarti bisa dibagi lebih banyak lagi menggunakan/me-nambah Sub Kontraktor.
- c. Realita bahwa musim di Indonesia secara umum dalam kurun setahun”waktu efektif

kerja hanya 6 bulan” saja kerana biasanya bulan Oktober sampai Maret terjadi musim hujan dan bulan April sampai September musim kemarau.

- d. Menambah Sub Kontraktor sebagai mitra kerja sama sangatlah tepat sebab pekerjaan akan lebih cepat selesai ,karena pekerjaan tanah bila belum siap lahan akan sangat riskan pekerjaan konstruksi lainnya seperti pekerjaan jalan,saluran,penunjang lainnya untuk mobilitasi sarana dan prasarana proyek akan terganggu dan praktisnya biaya tentunya akan lebih hemat karena operasional kerja baik pekerja, peralatan dapat lebih efisien.

Berdasarkan pada indentifikasi masalah maka kiranya dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Pada waktu kapankah percepatan pekerjaan harus dilakukan?
- Faktor-faktor apa saja yang bisa untuk mempengaruhi selesainya proyek dengan cepat ?

5. TUJUAN PENULISAN

- Untuk mengetahui perbedaan hasil kerja pada tahap I dan tahap ke II
- Untuk mengetahui percepatan pekerjaan selesai dengan biaya sama tetapi dengan pengamatan pengaturan strategi kerja dengan melihat keadaan pemakaian sub kontraktor yang ada dan memperhatikan keadaan cuaca pada saat kapan musim hujan datang dan kapan musim kemarau datang.

6. ANALISIS DAN PEMBAHASAN PERCEPATAN WAKTU PROYEK

Dalam metode analisis data ini guna mengevaluasi kemajuan percepatan pekerjaan dengan menganalisa:

- “Kurve S” yang digunakan untuk menentukan waktu mulai dan selesai proyek.
- Gambar Grafik hubungan antara waktu penyelesaian pekerjaan terhadap hasil produksi galian terlihat rencana 21(dua puluh satu) bulan bisa diselsaikan 6 bulan.
- Pekerjaan tahap I. Luas 500 Ha setahun menghasilkan rata-rata produksi galian = 1.511.374 dibagi 12 bulan = 125947 ~ 125.000 M³ perbulan ,dengan kekuatan 2(dua) Sub Kontraktor
- Pekerjaan tahap II. Luas 400 Ha dalam waktu 6 bulan, menghasilkan rata-rata produksi galian = 7.751.247 dibagi 6 bulan = 1291874 ~ 1.300.000 M³ perbulan dengan kekuatan 5(dua) Sub Kontraktor.
- Membandingkan cara metode kerja tahap I dan metode kerja tahap II yaitu 125.000 M³dengan 1.300.000 M³ terjadi peningkatan signifikan.

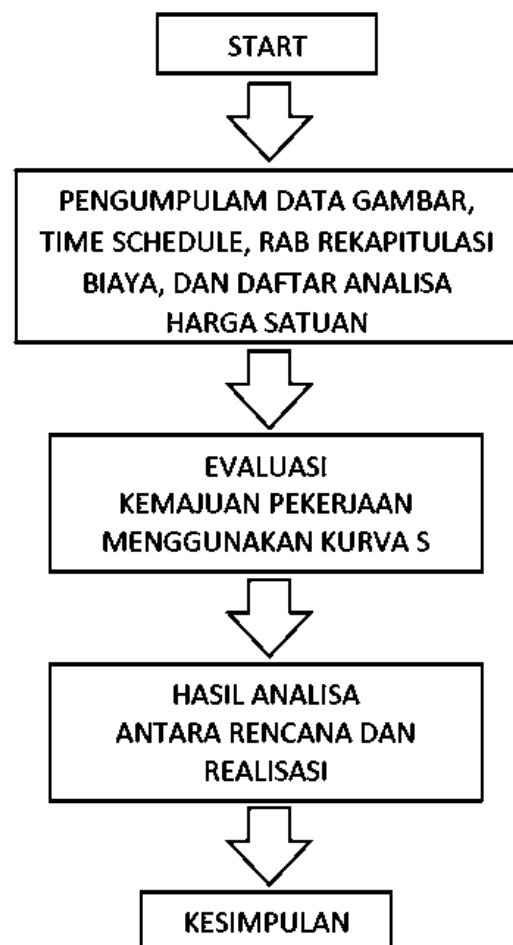
- Mencermati keadaan Cuaca ,adanya musim kemarau dan musim hujan,system drainase, menambah sub kontraktor dari 2 menjadi 5 sub.
- Sehungan pekerjaan tanah bisa dipercepat maka pekerjaan kelengkapan dan penunjang lainnya bisa mulai bergerak, pekerjaan lanjutan diantaranya: *Road Konstruktion; Box Culver; Pipa Sewerage dan Manhole; Water Supply; Pengolahan air limbah; Electrical; Telecomonication dan Boulding factory.*

Selau mengevaluasi tingkat kendala yang terjadi dan solusi untuk mengtasi dan mengejar selesainya pekerjaan dengan baik hemat Biaya,tepat Mutu dan tepat Waktu sering disingkat (BMW).

Unsur-unsur manajemen sumber daya proyek 6 M + 1 T:

- Man (Manusia)
- Material
- Money (modal/uang)
- Machine (Tool/Equipment)
- Method (metode)kerja
- Market (pasar)
- Time (Waktu)

Diagram Alur





Kawasan Industri Surya Cipta sebagai Co pilot ISO-9001 yang bertujuan, "Berfokus pada kualitas, kita capai kepuasan pelanggan yang disepakati".

7. KESIMPULAN

1. Pekerjaan *Land grading (Cut & Fill)* adalah pekerjaan kritis/utama karena penentu pekerjaan lanjutan lainnya.
2. Optimalisasi kerja saat musim kemarau waktu 6 bulan harus *full time* dengan *over time* dengan team kerja minimal 2 *shift*, siang dan malam serta alat kerja harus ada cadangan bila ada yang rusak tidak *delay* atau terhenti dan *stock* bahan bakar alat berat.
3. Karena dana tersedia, para investor pabrik menunggu jadinya kavling maka harus menambah sub kontraktor kerja untuk pening-

katan produksi galian/urugan tanah .

4. Hasil evaluasi dan membandingkan hasil kerja tahap yaitu 125.000 M³ dengan 1.300.000 M³ terjadi peningkatan signifikan.
5. Waktu terjadi percepatan pekerjaan tanah 21 bulan bisa dipercepat 6 bulan.
6. Optimalkan kerja saat musim kemarau; menambah sub kontraktor otomatis (tenaga; alat-berat) produksi meningkat 3,5 kali lipat.

Saran:

1. Mencermati keadaan cuaca karena pekerjaan *land grading (cut & Fill)* pada area terbuka tidak mungkin pakai tenda.
2. Pekerjaan tanah monoton/kontinyu maka makin banyak alat berat kerja semakin cepat selesai.
3. *Detail-schedule; planning; harian meeting, evaluasi, controlling; lancar supply (dana; alat kerja; BBM;*
4. Sistem drainase tertanggulangi, dan pengadaan (laboratorium teknik).

DAFTAR PUSTAKA

Amien Sajekti 2013. *Metode Kerja Bangunan Sipil*. Cet. Ke-2. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Analisa Harga Satuan Pekerjaan AHSP. 2012. *Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum*.

Ahmad Kalil 2012. *Alat Berat, Alat Berat*.

Djoko Wilopo. 2009. *Metode Konstruksi dan alat-alat berat*.

E. Soetarman. 2013. *Pengantar Teknik Sipil*. Bandung: Andi Offset.

Laurence D. Wesley. 2012. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Andi

Mahendra Sultan Syah. 2004. *Manajemen Proyek*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Nazarkhan Yasin. 2014. *Kontrak Konstruksi*. Jakarta: Kompas Gramedia

Slamet Basuki. 2011. *Ilmu Ukur Tanah*. Cet. Ke-3.

PERANCANGAN MESIN PARUT KELAPA SKALA RUMAHAN DENGAN KAPASITAS 1KG/9,78 MENIT

Heri Gunawan¹⁾, Yafid Effendi²⁾
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang
²⁾E-mail: *yafid_effendi@yahoo.com*

ABSTRAK

Mesin parut kelapa adalah salah satu produk mesin dari hasil teknologi yang berfungsi sebagai alat untuk menghancurkan daging buah kelapa menjadi butiran-butiran kecil dengan tujuan untuk memperoleh santan yang terkandung di daging buah kelapa. Mesin parut kelapa yang sudah ada sekarang adalah mesin parut yang menggunakan motor bensin sebagai penggerak utamanya, dan bentuknya besar sehingga butuh tenaga untuk memindahkannya. Dari keadaan mesin parut kelapa yang ada sekarang ini, menyebabkan penulis membuat mesin parut yang lebih sederhana.

Proses perancangan mesin parut dilakukan dengan tahapan yaitu analisa kebutuhan, perencanaan, pembuatan, pengujian dan kesimpulan. Tenaga penggerak mesin parut menggunakan motor listrik, yang disesuaikan dengan kemampuan daya listrik masyarakat.

Hasil perancangan mesin menghasilkan mesin parut kelapa dengan spesifikasi panjang: 365 mm, lebar: 150 mm, tinggi: 200 mm. Penggerak mesin menggunakan motor listrik dengan daya 100 watt, 220 volt. Transmisi menggunakan sabuk dan puli, masing-masing puli berdiameter 15 mm dan 45mm. Waktu yang diperlukan untuk memarut satu buah kelapa sekitar 4 menit 4 detik dan untuk memarut 1kg kelapa diperlukan waktu $\pm 9,78$ menit.

Kata Kunci: *Perancangan, Mesin Parut Kelapa.*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi yang sangat pesat banyak terciptanya produk-produk yang beredar di masyarakat, teknologi diciptakan untuk membantu meringankan pekerjaan masyarakat dan agar menghasilkan hasil yang lebih maksimal, salah satu contohnya yaitu mesin parut kelapa.

Mesin parut kelapa adalah salah satu produk mesin dari hasil teknologi untuk rumah tangga yang berfungsi sebagai alat untuk menghancurkan daging buah kelapa menjadi butiran-butiran kecil, dengan tujuan untuk memperoleh santan yang terkandung di daging buah kelapa. Selama ini proses pamarutan kelapa yang dilakukan masyarakat dikerjakan dengan cara manual, yaitu dengan menggunakan parut kelapa yang terbuat dari plat besi yang mempunyai duri-duri kecil yang terletak dipermukaan plat, cara ini membutuhkan waktu, tenaga dan beresiko terhadap kecelakaan.

Untuk memenuhi kebutuhan santan yang banyak, masyarakat cenderung membeli kelapa yang sudah diparut oleh pedagang dipasar. Alat parut kelapa yang digunakan pedagang pasar menggunakan parut kelapa yang sudah dilengkapi dengan motor bensin, harga dari mesin parut kelapa ini lumayan mahal dan memerlukan perawatan.

Dari keadaan alat parut kelapa yang ada

sekarang ini, menyebabkan masyarakat untuk lebih memilih membeli kelapa yang sudah diparut oleh pedagang dipasar dari pada memiliki mesin parut kelapa sendiri. Melihat dan meninjau masalah yang dihadapi masyarakat maka penulis membuat suatu peralatan yang lebih efisien untuk mempermudah dalam pengolahan daging buah kelapa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode sebagai berikut:

- 1) Bahan yang diperlukan untuk pengujian mesin:
 - a) Satu buah kelapa dengan diameter luar 130mm dan tebal 12 mm dibelah empat, dengan tujuan agar lebih mudah dimasukan kedalam mesin;
 - b) 1 kg kelapa; dan
 - c) *Stopwatch*.

- 2) Prosedur pengujian

Mesin dinyalakan, kelapa yang sudah dibelah empat dimasukan kedalam mesin satu persatu, *stopwatch* dinyalakan mulai potongan kelapa pertama dimasukan sampai dengan potongan kelapa terakhir habis terparut semua. *Stopwatch* digunakan untuk menghitung total waktu yang diperlukan mesin parut untuk memarut satu buah kelapa.

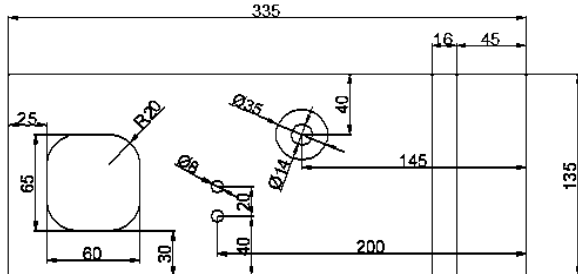
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Material

1) Kerangka (casing)

Kerangka yang merupakan casing, berfungsi sebagai penopang semua komponen elemen-elemen mesin, pada mesin ini kerangka menggunakan papan kayu dengan tebal 15 mm, dibentuk menjadi bagian-bagian seperti:

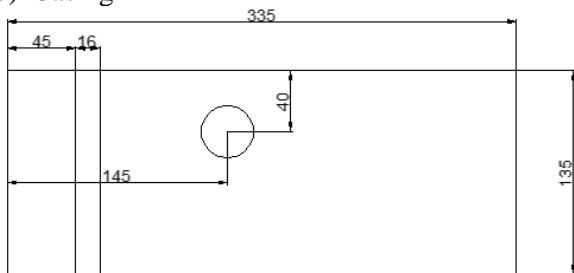
a) Casing kanan



Gambar 3.1: Desain casing kanan.

Papan kayu dipotong menjadi ukuran panjang 335 mm dan lebar 135 mm, tempat dudukan bantalan poros mata parut dibor dengan diameter 35 mm dan dalam 10 mm, untuk poros mata parut dibor dengan diameter 14 mm, posisi ujung mata bor terletak 145 mm x 40 mm. Untuk lubang motor listrik dibuat dengan ukuran 60 mm x 65 mm. Untuk pegangan motor dibor dengan diameter 8 mm, posisi ujung mata bor terletak 200 mm x 40 mm. Untuk alur tutup mata parut dibuat dengan ukuran lebar 16 mm, dengan kedalaman alur 2 mm.

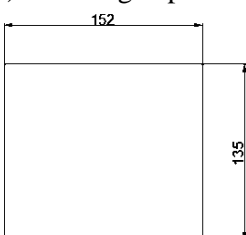
b) Casing kiri



Gambar 3.2: Desain casing kiri.

Papan kayu dipotong menjadi ukuran panjang 335 mm dan lebar 135 mm, tempat dudukan bantalan poros mata parut dibor dengan diameter 35 mm dan dalam 10 mm. Untuk alur tutup mata parut dibuat dengan ukuran lebar 16 mm, dengan kedalaman alur 2 mm.

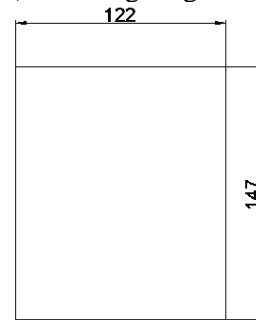
c) Casing depan



Gambar 3.3: Desain casing depan.

Papan dipotong menjadi ukuran panjang 152 mm dan lebar 135 mm.

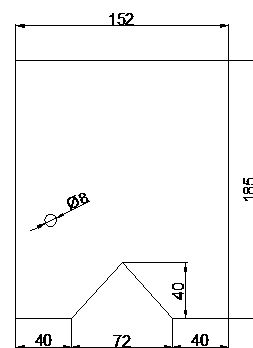
d) Casing tengah



Gambar 3.4: Desain casing tengah.

Papan dipotong menjadi ukuran panjang 122 mm dan lebar 147 mm.

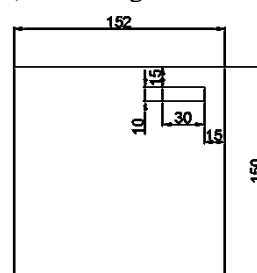
e) Casing belakang



Gambar 3.5: Desain casing belakang.

Papan dipotong menjadi ukuran panjang 185 mm dan lebar 152 mm, dibuat segitiga dengan jarak masing-masing 40 mm dan tinggi 40 mm, dan dibuat lubang berdiameter 8 mm untuk lubang keluar kabel.

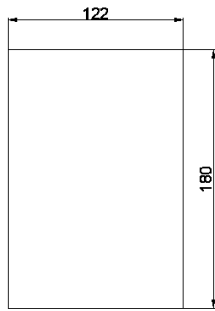
f) Casing atas



Gambar 3.6: Desain casing atas.

Papan dipotong dengan ukuran panjang 152 mm dan lebar 150 mm. Dibuat lubang dengan ukuran panjang 30 mm dan lebar 10 mm.

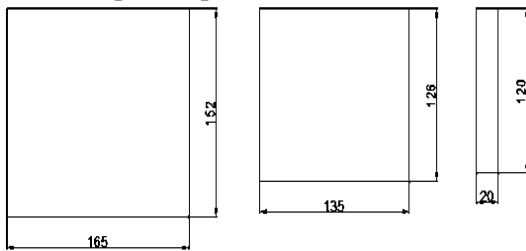
g) Casing bawah



Gambar 3.7: Desain casing bawah.

Papan kayu dipotong menjadi ukuran panjang 180 mm dan lebar 122 mm.

h) Tutup mata parut



Gambar 3.8: Desain tutup mata parut.

Bagian pertama Papan dipotong menjadi ukuran panjang 165 mm dan lebar 152 mm, bagian yang kedua menjadi ukuran panjang 135 mm dan lebar 126 mm, bagian yang ketiga menjadi ukuran panjang 120 mm dan lebar 20 mm.

i) Tumpuan mesin



Gambar 3.9: Tumpuan mesin.

Terbuat dari kayu reng berukuran panjang 185 mm, lebar 25 mm, dan tinggi 20 mm.

2) Motor penggerak



Gambar 3.10 Motor penggerak

Motor yang digunakan pada mesin parut kelapa ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : Sewing Machine Motor
- Model : HF-1026 N
- Watt : 100 watt

- Volt : 220 Volt
- Putaran : 6000 Rpm

3) Sabuk dan puli

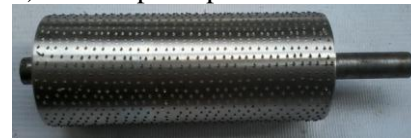


Gambar 3.11: Sabuk dan Puli.

Mesin parut kelapa ini menggunakan sistem transmisi sabuk sebagai penerus daya dari motor penggerak. Gerak putar dari motor listrik ditransmisikan ke puli 1, kemudian dari puli 1 ditransmisikan ke puli 2 dengan menggunakan perantara sabuk. Ketika motor dihidupkan, maka motor akan berputar kemudian putaran ditransmisikan oleh sabuk untuk menggerakkan poros mata parut.

Masing-masing diameter puli adalah 15 mm untuk puli motor penggerak dan 45 mm untuk puli poros pisau mata parut. Panjang keliling sabuk 346 mm.

4) Mata pisau parut



Gambar 3.12: Mata pisau parut.

Mata pisau parut merupakan komponen utama yang sangat penting, yang berfungsi sebagai alat untuk penghancur daging buah kelapa. Berbentuk silinder dan memiliki duri-duri diseluruh permukaannya.

Mata pisau parut terbuat dari bahan pipa stainless steel yang berdiameter 50 mm dan panjang 120 mm. Dengan poros yang berdiameter 12 mm, dan panjang 180 mm. Bahan poros pada mesin parut ini menggunakan baja S 45 C dengan kekuatan tarik 58 kg/mm².

5) Bantalan



Gambar 3.13: Bantalan

Pada mesin parut kelapa ini menggunakan 2 bantalan gelinding bola alur dalam baris tunggal.

Dengan spesifikasi bantalan:

Jenis bantalan	Bantalan Gelinding
Nomor bantalan	6201
Diameter luar bantalan	32 mm
Diameter dalam bantalan	12 mm
Lebar bantalan	10 mm
Jari-jari bantalan	1 mm

Kapasitas nominal dinamis	535 kg
Kapasitas nominal statis	305 kg

Pemilihan bantalan didasari pertimbangan sebagai berikut:

- a) Gesekan gelinding yang sangat kecil dibandingkan dengan bantalan lain;
 - b) Mempunyai umur yang panjang; dan
 - c) Perawatannya mudah.
- 6) Saklar (tombol ON/OFF)



Gambar 3.14: Saklar (tombol ON/OFF)

- 7) Kabel



Gambar 3.15: Kabel daya.

- 8) Baut dan mur



Gambar 3.16 Baut dan mur.

- 9) Baut skrup



Gambar 3.17 Baut skrup.

Baut skrup berguna untuk pengikat antara casing yang satu dengan casing yang lain.

- 10) Handle



Gambar 3.18: Handle.

3.2 Perakitan Mesin

- 1) Pemasangan bantalan tampak pada Gambar 3.20. Bantalan dipasang pada casing kanan

dan kiri.



Gambar 3.19: Pemasangan bantalan pada casing kanan dan kiri.

- 2) Perakitan kedua casing



Gambar 3.20: Perakitan kedua casing samping, mata pisau parut, casing tengah dan casing bawah

- 3) Kedua casing samping dipasang bersamaan dengan mata pisau parut, casing tengah dan casing bawah.



Gambar 3.21: Perakitan kedua casing samping, casing tengah, casing bawah, casing belakang, casing depan dan kaki.

Kaki dipasang pada casing depan, kemudian dipasang bersamaan dengan casing belakang



Gambar 3.22: Perakitan kedua casing samping, casing tengah, casing bawah, casing belakang, casing depan, kaki, motor penggerak, sabuk, puli, kabel, saklar dan casing atas.

Motor, puli, sabuk, saklar dan kabel dipasang bersamaan. Motor dipasang menggunakan 2 buah baut.

4) Tutup mata parut



Gambar 3.23 Tutup mata parut.

Ketiga bagian tutup dipasang sehingga membentuk (T), dan dipasang *handle* di atasnya.

5) Hasil rangkaian mesin parut kelapa



Gambar 3.24 Mesin parut kelapa.

3.2 Pengujian Mesin

Berdasarkan hasil uji kinerja mesin dapat diambil kesimpulan bahwa:

- 1) Untuk memarut satu buah kelapa yang berdiameter luar 130 mm dan tebal 12 mm diperlukan waktu selama 4 menit 4 detik,
- 2) Untuk memarut 1 kg kelapa diperlukan waktu $\pm 9,78$ menit.

4. KESIMPULAN

Hasil perancangan mesin menghasilkan mesin parut kelapa dengan spesifikasi panjang: 365 mm, lebar: 150 mm, tinggi: 200 mm. Penggerak mesin menggunakan motor listrik dengan daya 100 watt, 220 volt. Transmisi menggunakan sabuk dan puli, masing-masing puli berdiameter 15 mm dan 45mm. Waktu yang diperlukan untuk memarut satu buah kelapa sekitar 4 menit 4 detik dan untuk memarut 1kg kelapa diperlukan waktu $\pm 9,78$ menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhana Rahman, Diah Wulandari. 2014. *Sistem Penggerak Mesin Pemasir Kelapa Parut Untuk Industri Pangan Skala Rumah Tangga*. JRM 1, Volume 02 Nomor 01 Tahun 2014, 1-3.
- Erinofiardi. 2011. *Desain Umur Bantalan Carrier Idler Belt Conveyor PT. Belindo II. Bengkulu*. Jurnal Teknik Mesin, Vol 8 No 1 Juni 2011. ISSN 1829-8958.
- Jaini, Prakoso, Muflich, Abit, Yogi, Widodo. *Perencanaan Poros Pisau Mesin Parut Kelapa*. Makalah Teknik Mesin, Universitas Negeri Malang, April 2014.
- Muharyono Hari Sayogo, Djoko Suwito. *Perencanaan Mekanisme Mesin Pengupas kulit ari Kelapa*. JTM Volume 1 Nomor 02 Tahun 2013, 362-366.
- Robert L. Mott. 2004. *Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis*. Yogyakarta: Andi.
- Sularso, Kiyokatsu Suga. 2008. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Warisno. 2003. *Budidaya Kelapa Genjah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Widya Teknika. *Redesain Parut Kelapa Skala Rumahan Dengan Pendekatan Rekayasa Nilai*. ISSN 1411-0660: 46-53, Vol 19 Nomor 1 Maret 2011.

ANALISA KAPASITAS MESIN *INJECTION* DAN KELAYAKAN INVESTASI MESIN PADA *RUBBER MANUFACTURING*

Puji Rahayu¹⁾, Sita Kurniaty Ratoko²⁾

Fakultas Teknologi Industri, Program Magister Teknik Industri,
Universitas Mercu Buana

Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

e-Mail: lumodikenz@gmail.com, sitakurniaty89@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan kapasitas merupakan hal penting dalam suatu industri manufacturing. Karena dengan mengetahui tingkat kapasitas fasilitas mesin untuk produksi dapat diketahui, apakah fasilitas produksi akan dapat memenuhi permintaan order customer atau bahkan kapasitas yang ada masih dalam kondisi berlebih. Setelah studi kapasitas dilakukan, maka diketahui, bahwa permintaan yang ada melebihi kapasitas yang tersedia. Kapasitas rata-rata yang dibutuhkan untuk pemenuhan order di tahun 2015 mencapai hingga 150% dengan menggunakan 9 unit mesin injection yang ada. Prosentase kapasitas tersebut jauh diatas rata-rata kapasitas ideal yang diinginkan yaitu 95%. Sehingga dengan mempertimbangkan faktor-faktor kontinuitas order oleh customer, produktivitas, delivery tepat waktu, investasi teknologi dan kepercayaan customer, maka investasi 5 unit mesin injection dianggap layak dilakukan sebagai perencanaan kapasitas jangka panjang dalam rangka mencapai keunggulan bersaing perusahaan. Dengan adanya penambahan 5 unit mesin *injection* tersebut, prosentase kapasitas mengalami penurunan cukup significant mendekati nilai kapasitas ideal, yaitu 98%. Untuk itu diperlukan arahan dalam memilih jenis investasi mesin terbaik dari segi *economical value*. Dengan menggunakan metode NPV dan PI didapat bahwa mesin injection buatan Taiwan merupakan pilihan investasi dengan total biaya paling ekonomis dibandingkan mesin buatan Jepang, China dan Perancis.

Kata Kunci: NPV, Profitabilitas Indeks, Injection, Kapasitas, Rubber Manufacturing.

ABSTRACT

Capacity planning is an important issued in manufacturing process and activity. By knowing the capacity level of manufacturing facility could determine whether the capacity could fulfill the customer order requirement or event capacity leading the order customer requirement. After capacity study for forecast order in 2015, could determine that capacity requirement is 150% for nine units machine injection available. Those value of capacity is higher than ideal capacity expected, 95%. Considering factors of continuitas order, productivity, delivery on time, technology investment and the most is customer trustworthty, so that planning investment of four machine injection should realize as long term planning capacity in achieve competitiveness advantage. With investment of 5 injection machines could decrease capacity value approach the ideal capacity, which is 98%. In order to investment machine, NPV method and PI are used to determine which investment could result the most economical value by calculating all cost factor such as investment cost, operational cost and maintenance cost. The result show that Machine from Taiwan–Kuemin, give the most economical value compare with Japan, China and French's machine.

Keywords: NPV, Profitability Indeks, Injection, Capacity, Rubber Manufacturing.

1. PENDAHULUAN

Proyek-proyek baru yang diterima oleh perusahaan, merupakan suatu hal yang sangat diperlukan dalam kelangsungan hidup suatu perusahaan. Ketersediaan kapabilitas untuk memenuhi permintaan saat ini dan permintaan dimasa mendatang

merupakan tanggung jawab fundamental dari sebuah manajemen operasi (Nigel Slack et al, 2004). Namun, tetap harus diperhitungkan antara kapasitas dan fasilitas yang dimiliki perusahaan dalam memproduksi order yang diterimanya. PT. IRC INOAC INDONESIA adalah salah satu peru-

sahaan yang bergerak di bidang manufaktur komponen karet untuk otomotif dan juga industrial parts.

Masalah besar yang sering terjadi adalah over kapasitas mesin-mesin produksi dikarenakan terjadinya peningkatan order dari *customer-customer*-nya hingga mencapai kenaikan 30% dari tahun sebelumnya. Hal ini mengakibatkan kendala munculnya *outstanding delivery*. Jika hal tersebut terus berlangsung, akan menimbulkan efek negatif terhadap kepercayaan customer kepada perusahaan. Karena kepuasan pelanggan yang harus dicapai salah satunya adalah *delivery* tepat waktu dengan quantity terkirim sesuai dengan order customer. Pada saat alternatif penambahan fasilitas untuk meningkatkan kapasitas yang ada sudah menjadi jalan terakhir yang memang harus dilakukan, untuk itu perlu dihitung ulang kelayakan investasi dari alternatif mesin yang ditawarkan oleh para *supplier*.

Setelah order diterima dan ditentukan proses produksinya, maka kapasitas perlu ditetapkan. Kapasitas adalah hasil produksi (*throughput*) atau jumlah unit yang dapat ditahan, diterima, disimpan atau diproduksi oleh sebuah fasilitas dalam suatu periode waktu tertentu (Haizer dan Render, 2008). Selain mempengaruhi biaya tetap, kapasitas juga menentukan apakah suatu permintaan dapat dipenuhi atau apakah fasilitas yang ada berlebih atau bahkan tidak mencukupi. Jika fasilitas terlalu kecil, akan berpotensi pada kehilangan pelanggan dan pasar secara keseluruhan. Untuk itu penetapan ukuran fasilitas dengan tujuan tingkat utilisasi tinggi dan tingkat pengembalian investasi yang tinggi sangat menentukan.

Menurut Haizer dan Render (2008), perencanaan kapasitas dapat dilihat dalam tiga horizon waktu, yaitu:

Menurut Haizer dan Render (2008), perencanaan kapasitas dapat dilihat dalam tiga horizon waktu, yaitu :

- Kapasitas jangka panjang (lebih dari 1 tahun). Dalam perencanaan kapasitas jangka panjang, dilakukan penambahan fasilitas dan peralatan yang memiliki *lead time* panjang yang berarti melakukan suatu investasi.
- Kapasitas jangka menengah (3 hingga 18 bulan). Dalam perencanaan kapasitas jangka menengah, dilakukan penambahan jumlah peralatan, karyawan dan jumlah *shift* kerja, subkontrak, ataupun dengan menggunakan persediaan.
- Kapasitas jangka pendek (biasanya hingga 3 bulan). Dalam perencanaan kapasitas jangka pendek, sangat sulit untuk melakukan perubahan kapasitas, sehingga biasanya tetap menggunakan kapasitas yang ada, dan fokus utama adalah melakukan penjadwalan tugas dan

karyawan.

Pada dasarnya terdapat tiga metode pengukuran kapasitas, yaitu:

- Theoretical Capacity (Maximum Capacity/Design Capacity)* merupakan kapasitas maksimum yang mungkin dari sistem manufacturing yang didasarkan pada waktu yang tersedia, tanpa mempertimbangkan istirahat, *down time* dan lainnya. Waktu bekerja untuk 1 shift adalah 8 jam sehingga kapasitas teoritisnya adalah $C_t = S_k \times T$ (1)

Dimana:

C_t adalah kapasitas teoritis, S_k adalah *cycle time* per proses, dan T_h adalah jam kerja.

- Demonstrated Capacity (Actual Capacity/Effective Capacity)* merupakan tingkat *output* yang dapat diharapkan berdasarkan pengalaman, yang mengukur produksi secara actual dari pusat kerja di waktu lalu, yang biasanya dihitung dengan angka rata-rata berdasarkan beban kerja normal. Sehingga waktu yang digunakan dalam 1 shift menjadi 7 jam kerja dan 1 jam istirahat.
- Rated Capacity (Calculated Capacity/Nominal Capacity)* yang didasarkan penyesuaian kapasitas teoritis dengan faktor produktivitas yang telah ditentukan oleh *demonstrated capacity*. Dihitung melalui penggandaan waktu kerja yang tersedia dengan faktor utilisasi dan efisiensi.

$$U = \frac{C_p}{C_t} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

U adalah utilitas, C_p , adalah kapasitas yang diharapkan dan C_t adalah kapasitas teoritis.

$$\eta = \frac{A_o}{C_t} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

η , adalah efisiensi, A_o , adalah output aktual dan C_t , adalah kapasitas teoritis.

Sehingga kapasitas nominal (C_n) sebagai berikut:

$$C_n = C_t \times \eta \times U \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan untuk mengetahui jumlah mesin yang diperlukan sebagai berikut:

$$n_m = \frac{D}{C_n} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

n_m adalah jumlah mesin yang dibutuhkan dan D , adalah jumlah demand atau *order customer*.

Menurut Pujawan (2008), pada jenis investasi tertentu waktu lebih berperan, sementara pada jenis investasi yang lain faktor resiko dianggap lebih dominan. Investasi pada hakekatnya merupakan penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan

harapan memperoleh keuntungan dimasa yang akan datang (Halim, 2005).

Perbaikan posisi persaingan perusahaan dalam jangka panjang merupakan kriteria utama. Proposal untuk melakukan investasi pada proses yang meningkatkan fleksibilitas produksi, mutu produk atau pertumbuhan lini produksi mungkin sulit diterima bila fokusnya hanya pada tingkat pengembalian investasi. Sebaiknya pendekatan tradisional atas analisa investasi harus diperkaya dengan pertimbangan strategis antara lain:

1. Investasi dibuat sebagai bagian dari rencana strategis yang terpadu. Investasi tidak boleh dilakukan sebagai pengeluaran tertutup, tetapi sebagai bagian dari rencana strategis terpadu yang akan menempatkan perusahaan pada posisi yang menguntungkan.
2. Investasi dapat memberikan keunggulan kompetitif (fleksibilitas proses, kecepatan pengiriman, mutu dan seterusnya),
3. Investasi mempertimbangkan siklus hidup produk.
4. Investasi diuji dengan mempertimbangkan berbagai proyeksi pendapatan dengan mempertimbangkan resiko rugi atau untung.

2. METODE PENELITIAN

1. Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Adapun jenis data dalam penelitian ini adalah data kuantitatif berupa data *forecast order* dan *current parts* yang akan diproduksi di mesin *injection* selama tahun 2015, selain itu data penawaran harga mesin yang diajukan oleh beberapa *supplier* perusahaan.

Tabel 1: *Forecast order current part item 2015 yang menggunakan mesin injection.*

	2015											
	Jan	Feb	Mar	April	May	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
Forecast	230,87	213,32	203,89	206,81	206,56	222,35	230,81	215,83	157,06	196,33	191,63	190,44
Hari Kerja	22	22	22	23	23	22	17	22	22	25	22	23
Jumlah mesin	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Kapasitas terpasang	198	198	198	207	198	198	153	198	198	225	198	207
%Kapasitas Normal	117%	108%	103%	100%	100%	112%	151%	109%	79%	87%	97%	92%

Tabel 2: *Forecast order new item 2015 yang menggunakan mesin injection.*

	2015											
	Jan	Feb	Mar	April	May	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
Forecast	33,73	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	33,70
Hari Kerja	22	22	22	23	23	22	17	22	22	25	22	23

Tabel 3: *Data penawaran mesin injection.*

Faktor	Kuemin-Taiwan	RTIP French-Taiwan	Sanyu-Japan	Dekuma-China
Harga pembelian	\$ 65.577,00	\$ 114.182,00	\$ 108.818,00	\$ 87.817,00
Umur (tahun)	10	30	15	10
Daya listrik (KWH)	25,2	65,0	31,0	46,0
Operasional cost	\$ 11.642,72	\$ 30.031,00	\$ 14.322,40	\$ 21.253,00
Maintenance cost	\$ 1.761,00	\$ 1.071,00	\$ 560,00	\$ 1.538,00
Kenalkan biaya maintenance/tahun	\$ 211,32	\$ 178,00	\$ 316,00	\$ 324,00
Nilai jual	\$ -	\$ 5.710,00	\$ 5.414,00	\$ -

2. Metode Analisis Data

Alat analisis kelayakan investasi yang digunakan:

a. Metode NPV (*Net Present Value*)

Merupakan metode analisis keuangan yang memperhatikan adanya perubahan nilai uang terhadap waktu. Pada penelitian ini hanya diketahui faktor biaya dari masing masing mesin yang dita-

warkan, tanpa diketahui asumsi arus kas penerimaannya. Untuk itu, metode NPV yang digunakan hanya akan difokuskan pada perhitungan total biaya dari tiap mesin, yang terdiri atas biaya investasi, biaya operasional, dan biaya *maintenance* mesin. Kriteria penilaian NPV yang digunakan adalah mesin dengan NPV biaya yang paling kecil maka investasi layak diterima.

b. Metode PI (*Profitability Indeks*)

Indeks profitabilitas adalah rasio antara jumlah nilai sekarang arus kas selama umur ekonomisnya dengan pengeluaran awal investasi. Kriteria untuk Profitabilitas Indeks adalah investasi dinilai layak jika $PI > 1,00$ dan sebaliknya dinilai tidak layak jika $PI < 1,00$. Alternatif yang terbaik adalah alternatif yang memiliki nilai profitabilitas Indeks lebih besar.

3. HASIL PENELITIAN

Pengolahan data dilakukan dengan menghitung kapasitas total dari forecast order current part untuk tahun 2015 dan juga penambahan item yang akan massal produksi di 2015 dengan kondisi jumlah mesin yang ada saat ini. Setelah itu, baru dianalisa berapa jumlah kekurangan kapasitas dan dihitung pula kebutuhan total mesin untuk memenuhi order di tahun 2015.

Tahap-tahap analisa yang dilalui yaitu:

1. Menentukan kapasitas yang diperlukan untuk pemenuhan order *current part* yang menggunakan mesin *injection* di tahun 2015.
2. Menghitung kebutuhan kapasitas mesin untuk new item yang akan mass produksi tahun 2010 yang menggunakan mesin *injection*.
3. Menghitung total kebutuhan mesin *injection* yang diperlukan untuk pemenuhan *total order* di tahun 2015.
4. Melakukan analisa terhadap penawaran mesin *injection* yang diajukan dengan menggunakan metode *Net Present Value* dan metode *Payback Period* terhadap biaya investasi, biaya operasional mesin, biaya *maintenance*, dan nilai sisa dari mesin yang akan dipilih.

1. Kebutuhan kapasitas mesin injection terhadap total forecast order 2015.

Total jumlah mesin *injection* yang ada saat ini sebagai salah satu fasilitas produksi di perusahaan, mencapai 9 unit, jika pengoperasian mesin dilakukan selama 3 *shift* dan satu *shift* jam kerja adalah 7 jam, maka dalam satu hari jam kerja mesin mencapai 21 jam. Mempertimbangkan faktor *reject* 2,3% serta *lost time* 5%. Dari data yang disajikan pada Tabel 3, maka dapat diketahui kapasitas mesin *injection* terhadap *total forecast order* adalah sbb:

Tabel 4: Total kapasitas mesin *injection* untuk pemenuhan *total forecast order 2015*

	2015											
	Jan	Feb	Mar	April	May	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
Forecast current part	230,87	213,32	203,89	206,81	206,56	222,35	230,81	215,83	157,06	196,33	191,63	190,44
Hari Kerja	22	22	22	23	23	22	17	22	22	25	22	23
Jumlah mesin	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Kapasitas terpasang	198	198	198	207	207	198	153	198	198	225	198	207
%Kapasitas Normal	117%	108%	103%	100%	100%	112%	151%	109%	79%	87%	97%	92%
Loss time	9,90	9,90	9,90	10,35	10,35	9,90	7,65	9,90	9,90	11,25	9,90	10,35
% loss time	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%	5,0%
Reject	4,55	4,55	4,55	4,76	4,76	4,55	3,52	4,55	4,55	5,18	4,55	4,76
% Reject	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
New Item	33,73	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	84,32	33,70
%New Item	17%	43%	43%	41%	41%	43%	55%	43%	43%	37%	43%	16%
%Kapasitas Efektif	141%	158%	153%	148%	148%	162%	213%	159%	129%	132%	147%	116%

Dari Tabel 4 diatas, setelah prosentase kapasitas efektif didapat, memberikan gambaran, bahwa dengan data *forecast order* yang diterima untuk tahun 2015, rata-rata kebutuhan kapasitas yang diperlukan di mesin *injection* hampir mencapai 150%. Dengan kondisi tersebut, maka dapat diketahui pula kebutuhan unit mesin *injection* yang diperlukan untuk memenuhi *forecast order 2015* adalah seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Total kekurangan mesin *injection* untuk pemenuhan *forecast order 2015*.

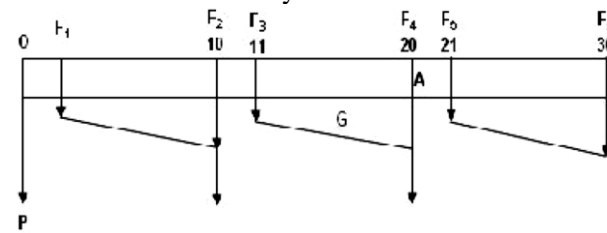
	2015											
	Jan	Feb	Mar	April	May	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
Jumlah mesin	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
%Kapasitas Efektif	141%	158%	153%	148%	148%	162%	213%	159%	129%	132%	147%	116%
%Kapasitas Ideal	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
% Minus Kapasitas	46%	63%	58%	53%	53%	67%	118%	64%	34%	37%	52%	21%
Minus Mesin	4,1	5,6	5,2	4,8	4,8	6,0	10,6	5,8	3,1	3,3	4,7	1,9

Dari Tabel 5 diatas, kekurangan mesin dapat diambil rata-rata untuk pemenuhan *forecast order* untuk tahun 2015, penambahan unit mesin yang diperlukan mencapai 5 unit mesin *injection*.

2. Analisis pengambilan keputusan dengan indikator *net present value*.

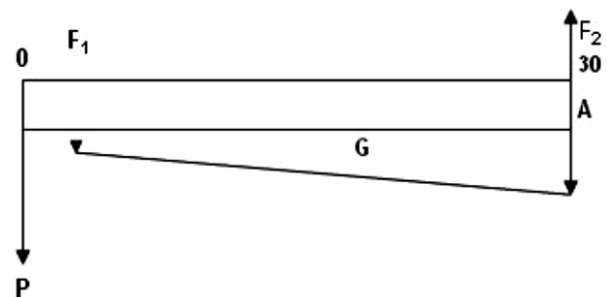
Melihat dari data alternatif mesin *injection* yang ditawarkan ke perusahaan, maka dilakukan analisa dengan metode NPV. Menurut hasil penelitian Arsad (2012), NPV lebih banyak digunakan pada investasi atau proyek yang bersifat *mutually exclusive* atau NPV dipilih karna investor dapat lebih mudah mengalokasikan arus kas penerimaan atau pengeluaran dari biaya modal. Alternatif penawaran mesin terlihat pada Tabel 3. Untuk harga dan biaya mesin yang harus dikeluarkan masih sulit membandingkan, mesin mana yang lebih menguntungkan. Untuk itu perlu membandingkan dengan cara menilai semua biaya ke dalam nilai sekarang dengan suku bunga sesuai kebijakan investasi perusahaan yaitu 12%. Sedangkan untuk memudahkan membandingkan biaya yang mempunyai umur mesin yang berbeda, maka dicari dengan menggunakan kelipatan terkecil dari umur mesin yaitu 30 tahun. Untuk mempermudah perhitungan setiap arus kas masing masing mesin, maka dibedakan menjadi tiga jenis biaya, yaitu biaya investasi, biaya operasional, dan biaya perawatan. Arus kas tiap alternatif mesin diilustrasikan pada gambar dibawah ini, sebagai berikut:

a. Kuemin Machinery – Taiwan



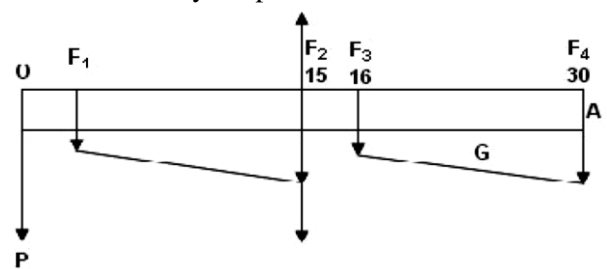
Gambar 1: Arus kas untuk mesin Kuemin-Taiwan.

b. RTIP French – Taiwan



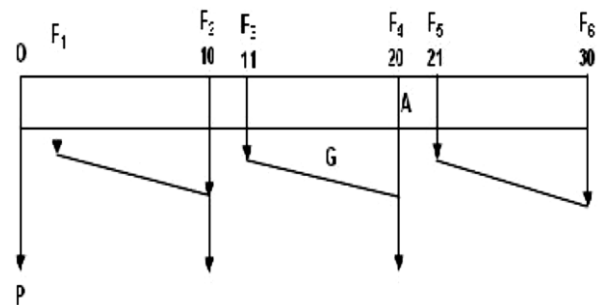
Gambar 2: Arus kas untuk mesin RTIP French-Taiwan

c. Mesin Sanyu-Japan



Gambar 3: Arus kas untuk mesin Sanyu- Japan

d. Mesin Dekuma-China



Gambar 4: Arus kas untuk mesin Dekuma-China.

Tabel 6 berikut memberikan hasil analisa arus biaya dari tiap alternatif mesin yang ditawarkan, yang telah dihitung dengan menggunakan metode *present value*.

Tabel 6: Perhitungan arus kas biaya dengan metode *Net Present Value*.

Jenis Mesin	Arus kas			Total biaya
	Biaya investasi	Biaya operasional	Biaya maintenance	
Kuemin-Taiwan	\$ 93.493,12	\$ 93.782,10	\$ 7.055,10	\$ 194.330,32
RTIP French-Taiwan	\$ 366.035,90	\$ 241.899,70	\$ 10.144,96	\$ 618.080,56
Sanyu-Japan	\$ 127.529,10	\$ 115.366,93	\$ 11.065,72	\$ 253.961,75
Dekuma-China	\$ 125.200,62	\$ 171.192,92	\$ 9.128,25	\$ 305.521,79

Mesin Kuemin-Taiwan, dengan biaya investasi awal sebesar \$ 65.577, dari hasil metode NPV dapat diketahui, bahwa dengan umur mesin produktif hanya 10 tahun dan biaya operasional per

tahun mencapai \$11.642 ditambah biaya perawatan \$ 1.761 yang diperkirakan meningkat sebesar \$ 211.32 setiap tahunnya, maka untuk mesin kuemin injection ini total biaya yang dikeluarkan adalah sebesar \$ 93.493,12. Jika melihat dari NPV dari biaya operasional, dapat terlihat hampir menyamai NPV untuk investasi awal. Namun secara keseluruhan total biaya mesin kuemin, sebesar \$ 194.330,32 masih lebih ekonomis dibandingkan ketiga alternatif mesin lainnya, dikarenakan biaya pembelian mesin lebih murah.

Dilihat dari ke empat alternatif mesin injection yang ditawarkan, harga pembelian atau investasi awal mesin RTIP merupakan harga termahal yaitu \$ 114.182, namun RTIP mesin mempunyai umur produktif yang paling lama hingga mencapai 30 tahun. Dengan pemakaian energi juga lebih besar dibandingkan ke tiga mesin lainnya sebesar 65 KWH, maka biaya operasional mesin pertahunnya dengan metode NPV mencapai \$ 241.899,7 melebihi biaya pembelian awal mesin itu sendiri. Hal ini, menjadikan total biaya untuk RTIP mesin mencapai hingga \$ 366.035,99. Merupakan mesin yang mempunyai NPV untuk arus kas biaya terbesar.

Mesin Sanyu-Japan, dengan harga pembelian awal mesin sebesar \$108.818, dan umur produktif mesin diperkirakan mencapai 15 tahun, mesin buatan teknologi Jepang ini bisa dianggap berada pada *middle value* dibandingkan ke tiga alternatif mesin lainnya. Untuk pemakaian energi 31 KWH mengakibatkan biaya operasional pertahun mesin mencapai \$ 115.366,93. Namun, biaya kenaikan untuk perawatan tiap tahunnya, sebesar \$ 316, menjadikan total biaya perawatan untuk mesin sanyu menjadi lebih tinggi dibandingkan alternatif mesin injection lainnya. Dengan metode NPV, didapat total biaya perawatan mesin injection Sanyu mencapai \$ 11.065,72, bahkan lebih tinggi dibandingkan biaya perawatan mesin REP yang memiliki biaya investasi awal paling tinggi. Hal ini terjadi karena memang karakteristik mesin teknologi jepang untuk pembelian harga *spare part* cukup tinggi. Dengan total biaya yang dihitung dengan metode NPV, mencapai \$ 253.961,75, menjadikan mesin injection Sanyu sebagai mesin paling ekonomis kedua setelah mesin Kuemin.

Mesin buatan China, dengan harga pembelian awal sebesar \$ 87.817, dan umur produktif mesin diperkirakan hanya 10 tahun. Pemakaian energi sebesar 46 KWH, mengakibatkan biaya operasional pertahun mencapai \$ 171.192,92. Biaya operasional tersebut mencapai dua kali biaya pembelian awal mesin. Juga, diperkirakan di akhir tahun ke-10 mesin Dekuma sudah tidak mempunyai nilai jual. Hal ini menjadikan total biaya untuk mesin menjadi sebesar \$ 305.521,79. Dekuma dianggap

kurang ekonomis dibandingkan dengan mesin injection Sanyu, yang harga pembelian awalnya lebih mahal, namun untuk keseluruhan total biaya akhir setelah dihitung dengan metode NPV lebih rendah dibandingkan mesin Dekuma. Hal ini diakibatkan biaya operasional, biaya perawatan dan perkiraan kenaikan biaya perawatan pertahunnya lebih tinggi dibandingkan mesin injection Sanyu.

3. Analisis pengambilan keputusan dengan indikator Profitabilitas Indeks.

Profitabilitas Indeks adalah rasio antara nilai ekivalen tahunan dari aliran kas pendapatan dengan nilai ekivalen tahunan dari aliran kas biaya. Alternatif yang terbaik adalah alternatif yang memiliki nilai PI terbesar.

Namun, pada kasus kali ini, kas masuk dari tiap alternatif belum dapat diketahui, sehingga data yang tersedia adalah arus kas biaya. Karna dilihat dari resekatif biaya, maka alternatif yang terbaik adalah alternatif dengan nilai PI yang terkecil, yang akan dianggap diterima investasinya. Berdasarkan total arus kas biaya yang sudah dilakukan perhitungan pada Tabel 6 diatas, maka Tabel 7 dibawah ini akan menyajikan nilai Profitabilitas Indeks dari tiap alternatif mesin.

Tabel 7: Profitabilitas Indeks tiap alternatif jenis mesin.

Jenis Mesin	Biaya Investasi awal	Total biaya	PI
Kuemin-Taiwan	\$ 93.493,12	\$ 100.837,20	1,079
RTIP French-Taiwan	\$ 366.035,90	\$ 252.044,66	0,689
Sanyu-Japan	\$ 127.529,10	\$ 126.432,65	0,991
Dekuma-China	\$ 125.200,62	\$ 180.321,17	1,440

Tabel 8: Perbandingan keempat alternatif jenis mesin dengan metode NPV dan metode PI.

Metode	Mesin				RESULT
	Kuemin-Taiwan	TIP French-Taiwan	Sanyu-Japan	Dekuma-China	
Net Present Value (NPV)	\$ 194.330,32	\$ 618.080,56	\$ 253.961,75	\$ 305.521,79	Kuemin-Taiwan
Probability Indeks (PI)	1,079	0,689	0,991	1,440	Kuemin-Taiwan

4. KESIMPULAN

Analisa kapasitas pemakaian mesin injection diperkirakan mencapai 150%, sudah jauh diatas kapasitas ideal 95% yang ditetapkan perusahaan, dan alternatif penyelesaian masalah kapasitas hanya memungkinkan dengan penambahan mesin dari 9 unit yang ada saat ini, diproyeksikan dibutuhkan 5 mesin tambahan *injection* untuk memenuhi forecast order. Dengan adanya penambahan mesin, selain terjadi peningkatan kapasitas, diharapkan produktivitas juga meningkat dengan tambahan kinerja 5 mesin baru. Hasil analisa metode NPV menunjukkan, dari keempat penawaran mesin yang masuk ke perusahaan, mesin injection Kuemin dari Taiwan, menghasilkan arus kas biaya yang paling ekonomis dibanding alternatif mesin lainnya, yaitu sebesar \$ 194.330,32. Melihat dari indikator Profitabilitas Indeks yang

tersaji pada Tabel 7. menunjukkan mesin RTIP French-Taiwan dan Sanyu-Japan, memiliki nilai $PI < 1$, sehingga bisa dianggap tidak layak untuk dijadikan sebagai alternatif investasi dibanding mesin Kuemin dan mesin Dekuma. Sehingga kita hanya perlu membandingkan antara Kuemin dan Dekuma, dan dilihat dari nilai PI dari prespektif biaya, maka PI mesin Kuemin $<$ PI mesin Dekuma. Sehingga, investasi pembelian mesin Kuemin dianggap lebih layak. Hasil analisa nilai PI juga ternyata menguatkan hasil analisa yang dilakukan oleh metode NPV, bahwa Kuemin-Taiwan merupakan pilihan investasi yang paling layak diterima diantara alternatif ketiga mesin lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsad, A. 2012. "Net Present Value is better than Internal Rate of Return". *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Bussiness* Vol 4, No. 8 (Desember 2012): 215.
- Degarmo, P., William G. Sullivan, James A. Bontadelli dan Elin M. Wicks. 1997. *Engineering Economy*. Edisi ke-10. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Halim, A. 2005. *Analisis Investasi*. Salemba Empat: Jakarta.
- Heizer, J., dan Barry Render. 2005. *Operation Management*. Edisi kesembilan. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Pujawan, I. N. 2008. *Ekonomi Teknik*. Cetakan ke-3. Surabaya: Guna Widya.
- Slack, N., Stuart Chambers, dan Robert Johnston. *Operation Management*. Edisi ke-4. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

APLIKASI KONTROL PID DENGAN SOFTWARE MATLAB

Triyono

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Tangerang
e-Mail: *lover_mu_1980@yahoo.co.id*

ABSTRAK

Kontrol PID merupakan nama yang diberikan untuk menyebutkan tiga kontrol, yaitu: P untuk kontrol Proporsional, I untuk kontrol Integral dan D untuk kontrol Derivatif. Merancang dasar rangkaian kontrol PID dapat digunakan media berbantuan komputer. Matlab merupakan software yang digunakan dalam pembelajaran untuk melihat tanggapan beragam parameter dan masukan yang berbeda. Dari hasil penelitian didapatkan hasil yang cukup signifikan dalam peningkatan pemahaman mahasiswa dalam perancangan dasar rangkaian PID.

Kata Kunci: *PID, Matlab, Analog.*

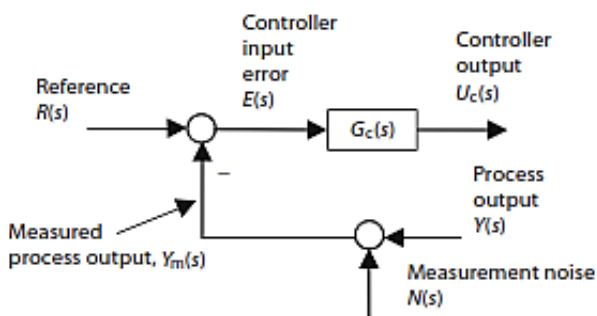
1. PENDAHULUAN

Kontrol PID merupakan sistem kontrol yang mungkin paling banyak digunakan dalam industri. Kontrol PID adalah bentuk paling umum dari kontrol umpan balik. Hal Itu merupakan elemen penting dan menjadi alat standar ketika kontrol proses muncul pada 1940-an.

Sebuah aplikasi komputasi untuk desain kontroler memanfaatkan metode yang dipilih dibuat dalam MATLAB/Simulink (GUI), di mana pengguna dapat merancang, membandingkan dan memverifikasi kontroler PID yang berbeda untuk metode yang diinginkan.

2. STRUKTUR SISTEM KONTROL PID

Kerangka dasar sinyal *input* dan *output* untuk kontrol PID ditunjukkan pada Gambar 1 dan kerangka dasar ini yang akan digunakan untuk membahas kontrol PID.



Gambar 1: Kontrol *input* dan *output*

2.1. Kontrol Proporsional

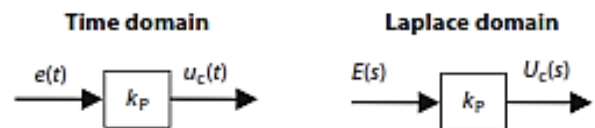
Kontrol proporsional dilambangkan dengan P dalam kontrol PID. Ini digunakan ketika aksi kontrol harus proporsional dengan ukuran sinyal kesalahan proses: $e(t) = r(t) - y_m(t)$. Dengan *time domain* dan *Laplace domain* sebagai berikut:

Time Domain : $u_c(t) = k_p e(t)$

Laplace Domain : $U_c(s) = k_p E(s)$

Dimana proporsional gain dilambangkan dengan

k_p . Gambar 2 menunjukkan blok diagram kontrol proporsional.



Gambar 2: Blok diagram kontrol proporsional

Pengaruh kontrol P pada sistem, yaitu: menambah maupun mengurangi tingkat kestabilan sistem, dapat memperbaiki respon transien (antara lain: *rise time* dan *settling time*), mengurangi *error steady state* (jika ingin menghilangkan *error steady state* membutuhkan nilai K_p yang besar sehingga akan menjadikan sistem lebih tidak stabil). Kontrol P ini akan memberikan pengaruh langsung pada sistem yang sebanding dengan *error*.

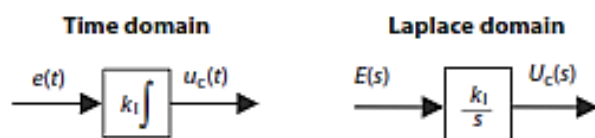
2.2. Kontrol Integral

Kontrol integral dilambangkan dengan I dalam kontrol PID. Keluaran kontrol ini sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Dengan *time domain* dan *Laplace domain* sebagai berikut:

Time Domain : $u_c(t) = k_I \int^t e(\tau) d\tau$

Laplace Domain : $U_c(s) = \left[\frac{k_I}{s} \right] E(s)$

Dimana integral gain dilambangkan dengan k_I . Gambar 3 menunjukkan blok diagram kontrol integral.



Gambar 3: Blok diagram kontrol integral.

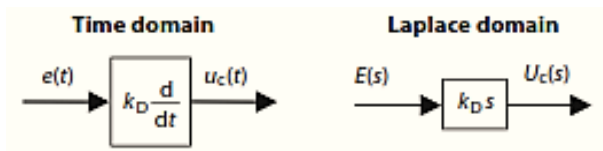
Pengaruh kontrol I pada sistem, yaitu: mampu menghilangkan *error steady state*, respon yang

diberikan kontrol ini pada sistem lebih lambat bila dibandingkan dengan kontrol P, kontrol ini dapat menimbulkan ketidakstabilan sebagai akibat dari penambahan orde sistem. Kontrol ini memberikan sinyal kontrol yang sebanding dengan perubahan *error*.

2.3. Kontrol Derivatif

Jika kontroler dapat menggunakan laju perubahan sinyal kesalahan sebagai masukan, maka kontrol ini memperkenalkan unsur prediksi ke dalam tindakan kontrol. Kontrol derivatif menggunakan laju perubahan sinyal error dan dilambangkan dengan D dalam kontrol PID. Dengan *time domain* dan *Laplace domain* sebagai berikut:

Time Domain : $u_c(t) = k_D \frac{de}{dt}$
Laplace Domain : $U_c(s) = [k_D s]E(s)$
 Dimana derivatif gain dilambangkan dengan k_D . Gambar 4 menunjukkan blok diagram kontrol derivatif.

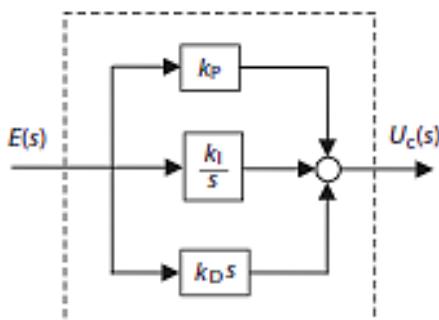


Gambar 4: Blok diagram kontrol integral.

Pengaruh kontrol D pada sistem, yaitu: mampu memberikan efek redaman pada sistem yang berosilasi sehingga dapat memperbesar nilai K_P , mampu memperbaiki respon transien dengan memberikan aksi pada saat ada perubahan *error*, kontrol ini hanya berubah saat ada perubahan *error* sehingga pada saat ada *error* statis kontrol ini tidak beraksi (hal ini lah yang menyebabkan jika kontrol ini tidak dapat digunakan tanpa adanya kontrol P). Kontrol ini memberikan sinyal kontrol yang sebanding dengan perubahan *error*.

2.4. Kontrol Paralel PID

Blok diagram dasar untuk kontrol PID paralel ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5: Blok diagram kontrol paralel PID.

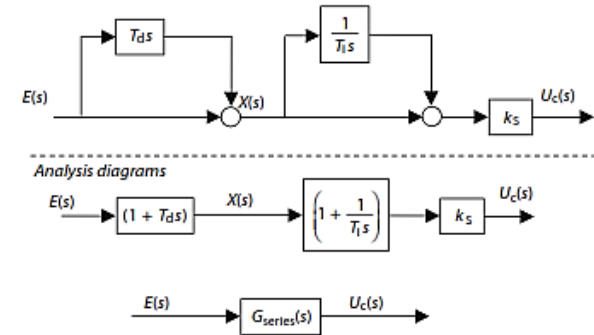
Formula bentuk paralel dan *Time Constant* ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1: Paralel dan *time constant* kontrol PID

	Time domain	Laplace s-domain
Parallel	$u_c(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t) dt + k_D \frac{de}{dt}$	$U_c(s) = \left[k_p + \frac{k_i}{s} + k_D s \right] E(s)$
Time constant	$u_c(t) = k_p \left(e(t) + \frac{1}{\tau_i} \int e(t) dt + \tau_d \frac{de}{dt} \right)$	$U_c(s) = k_p \left[1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right] E(s)$

2.5. Kontrol Seri PID

Blok diagram dasar untuk kontrol seri PID ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6: Blok diagram kontrol seri PID.

Dari gambar 6 di atas maka bentuk fungsi transfer dasar kontrol seri PID ditunjukkan sebagai berikut:

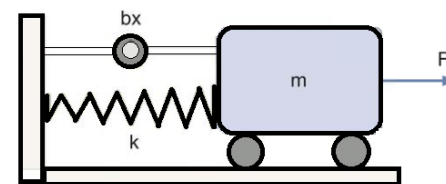
$$U_c(s) = [G_{series}(s)]E(s) = \left[k_s \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) (1 + T_d s) \right] E(s)$$

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Aplikasi Matlab dalam sistem kontrol disebut dengan *Control Toolbox*. Beberapa fungsi yang dipergunakan untuk menganalisa suatu sistem kontrol, antara lain: *rootlocus*, *step*, *feedback*, *parallel*, *series*, dll. *Control toolbox* bekerja menganalisis *transfer function* dalam bentuk *Laplace Transform (s-domain)*.

3.1. Sistem Kontrol Massa, Pegas dan Peredam

Sebagai contoh sebuah sistem bekerja seperti ditunjukkan oleh gambar 7.



Gambar 7: Sistem Kontrol Massa, Pegas dan Peredam

Dari sistem di atas diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F.$$

Persamaan tersebut jika akan disimulasikan dalam Matlab, maka persamaan tersebut diubah ke dalam transformasi Laplace sebagai berikut:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = F$$

$$ms^2 X(s) + bsX(s) + kX(s) = F(s)$$

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + bs + k}$$

Misalkan, nilai $m = 1$ kg, nilai $b = 10$ Ns/m, dan nilai $k = 20$ N/m, maka persamaan di atas akan menjadi:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^2 + 10s + 20}$$

Kode Matlab persamaan di atas sebagai berikut:

```
% { masukkan tiap variabel% }
m=1; b=10; k=20;
% { Perhitungan respon sistem% }
num= 1;
den=[m, b, k];
plant=tf ( num, den );
step (plant)
```

3.1.1. Aksi Kontrol Proporsional

Kontrol proporsional memiliki karakteristik, antara lain: dapat mengurangi *rise time*, dapat menambah *overshoot*, serta mengurangi *steady state error*. Fungsi alih sistem di atas dengan pengontrolan P menjadi :

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_p}{ms^2 + bs + (k + K_p)}$$

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 300 sebagai berikut:

```
% { Tentukan nilai proportional gain% }
Kp=300;
% { Perhitungan kontrol% }
sys_ctl=feedback(Kp* plant , 1);
% { Grafik% }
t =0:0.01:2;
step (sys_ctl, t)
title('Proportional Close Loop')
```

3.1.2. Aksi Kontrol Proporsional Derivatif

Dengan penambahan kontrol derivatif pada sistem kontrol proporsional, maka perubahan-perubahan yang terjadi sesuai dengan karakteristik kontrol derivatif antara lain: akan terjadi sedikit perubahan pada *rise time*, penurunan *overshoot*, penurunan *settling time*, serta sedikit perubahan pada *steady state error*. Fungsi alih sistem PD menjadi sebagai berikut:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_D s + K_P}{ms^2 + (b + K_D)s + (k + K_P)}$$

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 300 serta derivatif gain sebesar 10 sebagai berikut:

```
% { Tentukan nilai proportional gain dan derivatif gain% }
Kp=300; Kd=10;
% { Perhitungan kontrol% }
```

```
contr=tf ([Kd, Kp], 1);
sys_ctl=feedback(contr* plant, 1);
% { Grafik% }
t =0:0.01:2;
step (sys_ctl, t)
title('Proportional-Derivative Close Loop')
```

3.1.3. Aksi Kontrol Proporsional Integral

Dengan penambahan kontrol integral pada sistem kontrol proporsional, maka perubahan-perubahan yang terjadi sesuai dengan karakteristik kontrol integral antara lain: akan terjadi penurunan pada *rise time*, peningkatan *overshoot*, peningkatan *settling time*, serta menghilangkan *steady state error*. Fungsi alih sistem PI menjadi sebagai berikut:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_p s + K_i}{ms^3 + bs^2 + (k + K_p)s + K_i}$$

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 30 serta integral gain sebesar 70 sebagai berikut:

```
% { Tentukan nilai proportional gain dan integral gain% }
Kp=30; Ki =70;
% { Perhitungan kontrol% }
contr=tf ([Kp, Ki ], [1, 0]);
sys_ctl=feedback(contr* plant, 1);
% { Grafik% }
t =0:0.01:2;
step (sys_ctl, t)
title('Proportional-Integral Close Loop')
```

3.1.4. Aksi Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID)

Penggabungan kontrol proporsional-integral-derivatif (PID) pada sistem akan mempengaruhi sistem secara signifikan pada *rise time*, *overshoot*, *settling time*, dan *steady state error*. Fungsi alih sistem PID menjadi sebagai berikut:

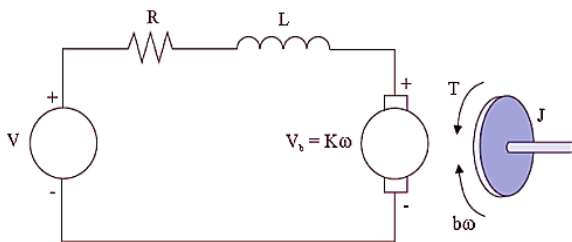
$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{ms^3 + bs^2 + (k + K_P)s + K_I}$$

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 350, integral gain sebesar 300, serta derivatif gain sebesar 50 sebagai berikut:

```
% { Tentukan nilai proportional gain dan integral gain% }
Kp=350; Ki =300; Kd=50;
% { Perhitungan kontrol% }
contr=tf ([Kd, Kp, Ki ], [1, 0]);
sys_ctl=feedback(contr* plant , 1);
% { Grafik% }
t =0:0.01:2;
step (sys_ctl , t)
title('Proportional-Integral-Derivatif Close Loop')
```

3.2. Sistem Kontrol Motor DC

Sebagai contoh sebuah sistem motor DC bekerja seperti ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 8: Diagram Fungsi Motor DC.

Dari sistem di atas diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_a - V_b &= L_a \frac{di}{dt} + R_a i_a \\
 V_b &= K_b \omega \\
 V_a - K_b \omega &= L_a \frac{di}{dt} + R_a i_a \\
 T &= K_T i_a \\
 T &= J \frac{d\omega}{dt} + b \omega \\
 J \frac{d\omega}{dt} + b \omega &= K_T i_a
 \end{aligned}$$

Persamaan tersebut jika akan disimulasikan dalam Matlab, maka persamaan tersebut diubah ke dalam transformasi Laplace sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 J s^2 \theta + b s \theta &= K I(s) \\
 V(s) - K s \theta(s) &= L s I + R I(s) \\
 I(s) &= \frac{V(s) - K s \theta(s)}{R + L s} \\
 J s^2 \theta + b s \theta &= K \frac{V(s) - K s \theta(s)}{R + L s}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan di atas maka didapatkan fungsi alih sistem menjadi:

$$\begin{aligned}
 \frac{\omega(s)}{V(s)} &= \frac{K}{(R + L s)(J s + b) + K^2} \\
 \frac{\omega(s)}{V(s)} &= \frac{K}{J L s^2 + (b L + J R) s + b R + K^2}
 \end{aligned}$$

Data-data fisik motor yang akan dikontrol seperti diuraikan pada tabel 2 kemudian dimasukkan pada persamaan transformasi Laplace di atas.

Tabel 2. Karakteristik motor DC

Karakteristik Motor	Nilai	Satuan
Momen inersia (<i>J</i>)	0,01	Kg.m ² .s ⁻²
Redaman sistem mekanik (<i>b</i>)	0,1	N.m.s
Konstanta motor (<i>K</i>)	0,01	N.m.A ⁻¹
Resistansi (<i>R</i>)	1	Ohm
Induktasni (<i>L</i>)	0,5	H

Kode Matlab persamaan di atas sebagai berikut:

```

% { masukkan tiap variabel% }
J=0.01;b=0.1;K=0.01;R=1;L=0.5;
% { Perhitungan respon sistem% }
plant=tf (K,conv([L R],[J b]));
step (plant)
title('DC Motor Response')
    
```

3.2.1. Aksi Kontrol Proporsional

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 100 sebagai berikut:

```

% { Tentukan nilai proportional gain% }
Kp=100;
% { Perhitungan kontrol% }
sys_ctl=feedback(Kp* plant , 1);
% { Grafik% }
t =0:0.01:2;
step (sys_ctl, t)
title('DC Motor P Close Loop Control')
    
```

3.2.2. Aksi Kontrol Proporsional Derivatif

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 150 serta derivatif gain sebesar 5 sebagai berikut:

```

% { Tentukan nilai proportional gain dan derivatif gain% }
Kp=150; Kd=5;
% { Perhitungan kontrol% }
contr=tf ([Kd, Kp], 1);
sys_ctl=feedback(contr* plant, 1);
% { Grafik% }
t =0:0.01:2;
step (sys_ctl, t)
title('Motor DC PD Close Loop Control')
    
```

3.2.3. Aksi Kontrol Proporsional Integral

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 40 serta integral gain sebesar 80 sebagai berikut:

```

% { Tentukan nilai proportional gain dan integral gain% }
Kp=40; Ki =80;
% { Perhitungan kontrol% }
contr=tf ([Kp, Ki ], [1, 0]);
sys_ctl=feedback(contr* plant, 1);
% { Grafik% }
t =0:0.01:2;
step (sys_ctl, t)
title('Motor DC PI Close Loop Control')
    
```

3.2.4. Aksi Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID)

Kode Matlab untuk aksi kontrol proporsional dengan kondisi proporsional gain sebesar 85, integral gain sebesar 90, serta derivatif gain sebesar 20 sebagai berikut:

```

% { Tentukan nilai proportional gain dan integral gain% }
Kp=85; Ki =90; Kd=20;
    
```



```
% { Perhitungan kontrol% }  
contr=tf ([Kd, Kp, Ki ],[1 , 0]);  
sys_ctl=feedback(contr* plant , 1);  
% { Grafik% }  
t =0:0.01:2;  
step (sys_ctl , t)  
title('Motor DC PID Close Loop Control')
```

4. KESIMPULAN

- a. Perancangan sistem kontrol PID dengan menggunakan *software* Matlab sangat memudahkan dalam mendapatkan sistem ideal yang diinginkan, antara lain dalam besaran-besaran *rise time*, *overshoot*, *settling time*, dan *steady state error*.
- b. Penggunaan *software* Matlab dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam bidang sistem kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Babuska, Robert and Stramigioli, Stefano. (1999). *Matlab and Simulink for Modeling and Control*. Delft University of Technology
- Johnson, Michael A. and Moradi, Mohammad H. (2005). *PID Control*. Springer
- Ogata, K. (1997). *Modern Control Engineering*. Prentice-Hall
- Salamena, Vicky. (2012). *Simulasi Karakteristik Arus dan Kecepatan Motor Dc Terhadap Masukan Penyearah Gelombang Penuh di Simulink-Matlab*. Jurnal Teknologi, Volume 9 Nomor 1.



JURNAL

Petunjuk Penulisan Naskah Jurnal Teknik

1. Naskah diketik rapi satu spasi dengan menggunakan Ms. Word dengan font *Time News Roman* 10 pt, jumlah kata minimal 250 kata atau 8 s.d 20 halaman kertas kuarto (sudah termasuk gambar, tabel, ilustrasi dan daftar pustaka). Ukuran atau batas pengetikan margin kiri 3 cm, margin kanan 2.5 cm, margin atas dan bawah 3 cm;

2. Naskah harus asli dan belum pernah dipublikasikan melalui media lain dengan menggunakan bahasa Indonesia yang baku;

3. Tulisan dapat berupa hasil penelitian, studi pustaka maupun hasil pemikiran ilmiah yang bersifat objektif, analisis dan deskriptif;

4. Sistematika penulisan disesuaikan dengan bidang ilmu masing-masing yang secara garis besar memuat:

- a. Judul;
- b. Nama Penulis (tanpa gelar akademik);
- c. Abstrak;
- d. Kata Kunci/Keywords;
- e. Pendahuluan (tanpa sub judul, memuat latar belakang masalah, tinjauan pustaka, masalah/tujuan penelitian);
- f. Metodologi;
- g. Hasil dan Pembahasan;
- h. Kesimpulan dan Saran; dan
- i. Daftar Pustaka (berisi pustaka yang dirujuk dalam uraian);

5. Isi tulisan bukan tanggung jawab redaksi, redaksi berhak mengedit redaksional tanpa mengubah esensi isi;

6. Redaksi berhak menolak naskah yang tidak memenuhi syarat dan dikembalikan kepada penulis; dan

7. Naskah dikirim ke Redaksi JURNAL TEKNIK berupa CD (*softcover*) dan *print out* (naskah yang telah di *print*) ke alamat:

REDAKSI JURNAL TEKNIK
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33, Cikokol Kota Tangerang
Tlp. (021) 51374916

Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33, Cikokol Tangerang - Tlp. 021 - 51374916

Jurnal Teknik	Vol.	No.	Hlm.	FT. UMT	ISSN
	4	2	1-100	September 2015	2302-8734