

ISSN : 2086 - 2156

SNPPTI 2011

PROSIDING



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Seminar Nasional

Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri
Menuju Penerapan Teknologi Industri Yang Berasaskan Prinsip
Energi Bersih

Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana
Jakarta, 16 Juli 2011

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL PENGKAJIAN DAN PENERAPAN
TEKNOLOGI INDUSTRI KE-2
(SNPPTI 2011)

ISSN : 2086-2156

Tema:
*“Menuju Penerapan Teknologi yang Berasaskan Prinsip
Energi Bersih”*

Auditorium Menara Universitas Mercu Buana
Jakarta, Indonesia
Sabtu, 16 Juli 2011

Reviewer:

Dr. Ir. Abdul Hamid, M.Eng (Ketua)
Dr. Mardani Ali Sera, ST., M.Eng
Ir. Dana Santoso, M.Eng.Sc., PhD
Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus
Dr. Hardiyanto Iridiastadi
Dr. Harwikarya, MT
Dr. Hamzah Hilal
Dr. Ir. Eliyani

Diorganisasikan oleh:



Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana
Jakarta
2011

Kata Pengantar dari Panitia

KATA PENGANTAR



Bismillahirrahmanirrahim. Assalamu'alaikum Wr. Wb.
Salam sejahtera bagi kita semua.

Puji dan syukur ke Hadirat Allah SWT, karena berkat nikmat, rahmat, dan karunia-Nya, pada pagi hari ini kita dapat hadir bersama-sama di Ruang Pertemuan Universitas Mercu Buana untuk mengikuti Seminar Nasional Pengkajian & Penerapan Teknologi Industri Ke-2 (SNPPTI 2011).

Seminar Nasional Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri Ke-2 (SNPPTI 2011) ini merupakan kegiatan ilmiah yang bertujuan untuk menjadi ajang pertemuan, silaturahmi, berbagi pengalaman dan membentuk jaringan sesama dosen, peneliti dan praktisi di bidang teknologi industri, pada bidang Teknik Elektro, Teknik Mesin, Tekni Industri, Teknik Energi dan Teknologi Informasi. Tema Seminar Nasional ini adalah: *Menuju Penerapan Teknologi yang Berasaskan Prinsip Energi Bersih*.

Syukur alhamdulillah, jumlah makalah yang masuk ke Panitia berjumlah cukup banyak. Setelah melalui proses review dari Tim reviewer yang kompeten di bidangnya masing-masing, maka makalah yang layak untuk dipresentasikan dan akan dipublikasikan dalam bentuk prosiding berjumlah sebanyak 48 buah makalah. Makalah tersebut dapat dikategorikan sebagai berikut:

Dilihat dari latar belakang bidang studi yang terdiri dari:

1. Bidang Elektro Terapan 9 makalah
2. Bidang Energi dan Lingkungan 11 makalah
3. Bidang Informatika 5 makalah
4. Bidang Industri 20 makalah
5. Bidang Mesin 8 makalah

Dilihat dari latar belakang daerah asal penulis makalah yang terdiri dari kampus yang beragam asalnya, termasuk dari Malaysia, lembaga pemerintah dan lembaga penelitian serta mahasiswa program pasca sarjana.

Akhirnya, izinkanlah kami selaku Ketua Panitia Seminar Nasional Pengkajian & Penerapan Teknologi Industri ke-2 tahun 2011 menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh anggota Panitia Seminar Nasional yang telah mengorbankan waktunya dan bekerja secara maksimal. Kepada pimpinan universitas dan fakultas serta semua pihak yang telah membantu Panitia. Semoga Allah SWT membalas amal baik Bapak/ibu dan saudara sekalian.

Dengan kerendahan hati, saya atas nama seluruh panitia, memohon maaf untuk semua kekurangan yang mungkin tidak nyaman bagi peserta.

Wabillahi Taufiq Walhidayah
Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Jakarta, 16 Juli 2011
Ketua Panitia

Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng

Sambutan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Peserta Seminar yang kami hormati,

Rasa syukur yang mendalam kita panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia yang diberikan sehingga kita dapat menyelenggarakan Seminar Nasional Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri Ke-2 tahun 2011 ini dengan tema " *Menuju Penerapan Teknologi yang Berasaskan Prinsip Energi Bersih* ".

Seminar ini bertujuan sebagai media tukar menukar informasi antar pihak perguruan tinggi , lembaga peneliti, pemerintah dan pihak industri serta diharapkan memberikan kontribusi bagi perkembangan teknologi di Indonesia

Atas nama civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Ariono Abdulkadir, MSME, selaku keynote speaker pada acara seminar kali ini
2. Pimpinan dan staf Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dukungan nya.
3. Semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil

Akhir kata selamat berseminar , semoga seminar ini bermanfaat dan dapat memberikan tindak lanjut perkembangan teknologi.

Jakarta, Juli 2011
Dekan,

Torik Husein, Ir, MT

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Susunan Panitia

Penanggung Jawab:

- Dekan Fakultas Teknologi Industri UMB: Ir. Torik Husein, MT

Pengarah:

- Prof. Dr. Ariono Abdulkadir, MSc
- Ketua Program Studi Teknik Elektro
- Ketua Program Studi Teknik Mesin
- Ketua Program Studi Teknik Industri
- Ketua Program Studi Magister Teknik Industri
- Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

Ketua Pelaksana:

- Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng

Reviewers:

- Dr. Ir. Abdul Hamid, M.Eng (Ketua)
- Dr. Mardani Ali Sera, ST., M.Eng
- Ir. Dana Santoso, M.Eng.Sc., PhD
- Dr.-Ing. Mudrik Alaydrus
- Dr. Hardiyanto Iridiastadi
- Dr. Harwikarya, MT
- Dr. Hamzah Hilal
- Dr. Ir. Eliyani

Koordinator-koordinator:

Mohammad Kadafi, ST., MT	: Promosi dan Informasi
Ir. Denny Hadiwinata, M.Sc	: Makalah dan Prosiding
Fina Supegina, ST., MT	: Acara dan Persidangan
Edijon Nopian, SE	: Perlengkapan dan Umum

Daftar Isi

Kata Pengantar dari Panitia	ii
Sambutan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana	iii
Susunan Panitia	iv
Daftar Isi	v
Judul dan Pemakalah	vi

Judul dan Pemakalah

BIDANG: TEKNIK INDUSTRI

No.	Judul Makalah dan Pemakalah	Hal
1	Perancangan Manajemen Kapasitas Untuk Mencapai Sistem Yang Seimbang Agung Chandra	1
2	Perancangan Sistem Informasi Manajemen Bahan Pada Industri Sepeda Agung Chandra	4
3	Perancangan Sistem Informasi Manajemen Bahan Pada Industri Sepeda Alfa Firdaus, Muhammad Kholil	7
4	Simulasi Konservasi Energi dengan Perangkat Lunak Long-Range Energy Alternatives Planning System (LEAP) Alfa Firdaus, Muhammad Kholil	10
5	Analisis Fuzzy-QFD untuk Mendesain Kualitas Layanan Prima Amin Syukron	14
6	Analisis Servqual untuk Meningkatkan Kualitas Layanan Prima Amin Syukron	21
7	Konsep dan Strategi Implementasi Knowledge Management di Industri Perawatan Pesawat Udara (Studi Kasus: PT.GMF AeroAsia) Andi Fahrurrozi, Fidiarta Andika	26
8	Upaya Meningkatkan Produktivitas Bengkel Melalui Strategi Pemasaran Berdasarkan Analisis SWOT (Studi Kasus pada Bengkel Astra) Fanni Desiyanto, Heru Winarno	30
9	Usulan Perbaikan Peningkatan Kualitas dengan Menggunakan Metoda DMAI dan TRIZ Feliks Prasepta S. Surbakti, Temmy Kusuma, Ivan Diryana	35
10	Analisa Keseimbangan Lintas Perakitan pada <i>Product Family</i> di PT. X dengan Mempertimbangkan Keterbatasan Alat Bantu Fitra Lestari	40
11	Perbaikan Faktor Mesin dengan Tinjauan RCFA pada Bagian Body Preparation Industri Keramik Indra Almahdy, Hery Pramono	43
12	Pemanfaatan Batubara dalam Sektor Industri Isworo Pujotomo	49
13	Teknologi Pencucian Batubara Isworo Pujotomo	55
14	Pengaruh Harga Terhadap Kepuasan Pelayanan dan Loyalitas Pelanggan Ivan Diryana, Feliks Prasepta S. Surbakti, Samuel Tanus	62

15	Pengendalian Kualitas Pada Lini Produksi Pick Up dengan Metode Six Sigma Pada PT. SEIN	68
	Muhammad Kholil, Dian Prasetyo	
16	Penjadwalan Proses Pembuatan Dokumen Pib Di Bagian Impor Laut Dengan Menggunakan Critical Path Methode Di Pt.Global Total Service	77
	Muhammad Kholil, Yanti Risnawati	
17	Analisis Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Bahan Baku Chip Berdasarkan Sistem MRP Pada PT. XYZ	81
	Muhammad Kholil, Bayu A.S	
18	Reduce Cost Produk Rdm dengan Metode Pdca Pada Pt Xyz	85
	Muhammad Kholil, Maryanto	
19	Analisis Pengaruh Kebisingan Terhadap Kinerja Operator Pada Stasiun Perakitan (Studi Kasus di Laboratorium Ergonomi Teknik Industri)	92
	Torik Husein, Hestu Prasetyo	
20	Kayik : An Environmental Friendly Sanitary System in Rural Sumatera	100
	Eusoff@Yendo Afgani, Mahmud Jusan	

BIDANG: TEKNIK INFORMATIKA

No.	Judul Makalah dan Pemakalah	Hal
1	Pengelompokan Dokumen Paten Di Bidang ICT (Information & Communication Technology)	104
	Agus Widodo, Indra Budi	
2	Rancang Bangun Server E-mail Enterprise dengan Aplikasi Zimbra pada Sistem Operasi Ubuntu Hardy Heron	111
	Fajar Masya, Elvina	
3	Integrasi Sistem Informasi Universitas berbasis Service Oriented Architecture	125
	Irya Wisnubhadra, Benyamin L. Sinaga	
4	Sistem Informasi Informasi Distribusi Listrik pada PLN APJ Depok Berbasis SMS	131
	Paskah Manurung, Ionia Veritawati	
5	Analisis Tingkat Kepuasan Mahasiswa Terhadap Penggunaan E-Learning di Universitas	137
	Ratna Mutu Manikam, Arief Suwandi	

BIDANG: ENERGI DAN LINGKUNGAN

No.	Judul Makalah dan Pemakalah	Hal
1	Fermentasi Asam Laktat dari Tepung Onggok dan Limbah Cair Tahu menggunakan Jamur Rhizopus Oryzae	142
	Abdullah Moch Busairi, Rintis Manfaati	
2	Pemanfaatan Teknologi Komunikasi Fault Indicator GSM untuk Peningkatan Keandalan Distribusi Tenaga Listrik	146
	Sugeng Suprijadi, Hamzah Hilal	

3	Studi Transien Sistem Generator Sinkron – Kontrol dan Proteksi Berbasis Zelio Logic Smart Relays	152
	Erliza Yuniarti	
4	Analisa Koordinasi Proteksi Instalasi Listrik pada Terminal Loading Area (TLA), Lapangan Minyak dan Gas Bumi Senipah	157
	Radita Arindya	
5	Identifikasi Potensi Penghematan Energi di Industri Kertas	162
	Achmad Hasan	
6	KWh Meter Digital dengan Keluaran Nilai Rupiah	169
	Badaruddin	
7	Influence of Palm Oil Biodiesel (POB) Fuel and Its Blends toward NOx emission and Exhaust Gas Temperature On a Direct Injection Diesel Engine	174
	Jony Elyson, K.B. Samo	
8	Audit Energi Termal Sistem Boiler di Industri Karpas	179
	Achmad Hasan	
9	Analisa Unjuk Kerja Sistem Fotovoltaik Yang Terkopel Langsung Dengan Pompa Air	185
	Hamzah Hilal	
10	Pembagi Beban Generator CAT D 3512B Menggunakan Digital Load Sharing Woodward 2301D	191
	Agus Siswanto, Erfan Subiyanto	
11	Penempatan Pembangkit untuk Mengurangi Rugi-rugi Transmisi	195
	Erfan Subiyanto, Agus Siswanto	

BIDANG: TEKNIK ELEKTRO

No.	Judul Makalah dan Pemakalah	Hal
1	Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Robot Jarak Jauh	202
	Andi Adriansyah, Galfany Arian	
2	Perancangan Antena Multiband dengan Teknik Fractal Sierpinski Gasket 2D dan 3D	207
	Dendi Sugiarto, Prasajo, Said Attamimi, Mudrik Alaydrus	
3	Perancangan Model ABS (Anto Lock Breaking System) Sederhana Berbasis Mikrokontroler AT89C2	212
	Eko Ihsanto, Oktaf Ari Rachandi	
4	Aplikasi Penggunaan Lampu LED Sebagai Media Penerangan yang Ramah Lingkungan	219
	Fina Supegina, Yuliza	
5	Integrasi Skematik dan Pemrograman Yang Mudah	223
	Muhamar kadaffi	
6	Metode Analisa Antrian Loret Parkir Mercu Buana	228
	Muhamar kadaffi	
7	Morphological Image Processing	235
	Muhammad Kusban	
8	Perancangan Filter Bandpass Terkopel Parallel dengan Bantuan MATLAB	241
	Mudrik Alaydrus	
9	Design of Sensory Station System for Modular Mechatronics System	246

at PoltekNIK Manufaktur Astra

Syahril Ardi, M. Hidayat, Yanuar Azhari

9	Robot Pemanjat Tiang Yudhi Gunardi, Budi Wibowo	250

BIDANG: TEKNIK MESIN

No.	Judul Makalah dan Pemakalah	Hal
1	Pengamatan Pengaruh Variasi Kecepatan Angin dan Attack of Angle terhadap Nilai Torsi dan Daya yang Dihasilkan oleh Blade S809 Aerofoil Abdul Hamid	256
2	Theoretical Study of Springing Wave-Induced Hull Vibration of a Container Ship in Relatively Calm Seas Abdul Hamid	260
3	Analisis Keberadaan Bengkel Motor UKM Sekitar Kembangan, Jakarta Barat: Usaha Peningkatan Mutu Bengkel Agung Wahyudi Biantoro	267
4	Pengaruh Aplikasi Biosolar pada Transportasi Darat Khususnya Bus terhadap Efek Maintenance Hadi Pranoto, Nanang Ruhyat	273
5	Analisis Kegagalan dengan Metoda FMEA pada Proses Heat Treatment (Annealing) Produk Cold Heading Quality Wire (CHQ) di PT X Nanang Ruhyat, Masykuri Mubarak	277
6	Analisis Kegagalan dengan Metoda FMEA pada Proses Heat Treatment (Annealing) Produk Cold Heading Quality Wire (CHQ) di PT X Peniel Immanuel Gultom	284
7	Peningkatan Kualitas Komponen Roda Gigi Fly Wheel Daihatsu Lokal dengan Proses Pack Karburising Arak Aktif Batok Kelapa Samsudi Raharjo, Dian Yezhi Anggoro	288
8	Uji Coba Surface Hardening Pada Bahan Stainless Steel 304 Dengan Alat RF-Plasma Nitrocarburizing Buatan Research Group Sendiri Usman Sudjadi	292
9	Peningkaan Nilai Reliabiliti, Availability dan Kapasitas Produksi dengan Metode Re-Staging dan Striping Down (Studi Kasus di Pertamina Hulu Energi ONWJ (PHE ONWJ) Bravo Station) Herry Agung Prabowo, Muh. Arif Triyanto	300

Perancangan Manajemen Kapasitas Untuk Mencapai Sistem Yang Seimbang

Agung Chandra

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

E-mail : agungchandra_07@yahoo.co.uk

Abstrak: Untuk merancang sistem kapasitas yang seimbang pada industri sepeda, diperlukan analisis output yang bisa dihasilkan pada setiap prosesnya: *welding*, *painting*, *wheel assembly* dan *assembly*. Analisis ini menggunakan teknik simulasi Monte Carlo yang bertujuan untuk menemukan *bottleneck*. Pada *demand* menunjukkan 20.000 unit sepeda yang harus dicapai, maka untuk menyeimbangkan kapasitas diperlukan jam lembur pada divisi *welding* 2 jam, *painting* 4 jam, dan *assembly* 1 jam. Kemudian pada saat *demand* yang harus dicapai 25.000 unit sepeda, maka untuk menyeimbangkan kapasitas diperlukan jam lembur *welding* 4 jam, *painting* 7 jam / penambahan 1 shift, *wheel assy* 2 jam, dan *assembly* 3 jam

Kata Kunci : Sistem kapasitas seimbang, Simulasi Monte Carlo, *Bottleneck*, *Demand*

I. PENDAHULUAN

Kapasitas produksi memegang peranan penting bagi kelangsungan hidup perusahaan, karena dengan kapasitas, sebuah perusahaan dapat mengestimasi seberapa besar output yang bisa dihasilkan untuk memenuhi keinginan pelanggan. Kapasitas yang lebih kecil dari permintaan, berarti perusahaan tersebut tidak dapat memenuhi seluruh permintaan pelanggan, yang berarti *loss opportunity*. Dengan kata lain, perusahaan tersebut harus menambah kapasitasnya. Penambahan kapasitas bisa dilakukan dengan menambah waktu kerja dengan cara lembur, menambah shift, perbaikan metode kerja agar lebih efisien dan efektif, penambahan tenaga kerja ataupun mesin, dan melakukan subkon ke perusahaan lain. Sedangkan jika kapasitas lebih besar dari permintaan pelanggan, berarti perusahaan tersebut harus lebih meningkatkan daya saingnya dalam marketing, sehingga bisa menyerap lebih banyak order, atau bisa dilakukan pengurangan kapasitas, seperti pengurangan jam kerja, pengurangan jumlah tenaga kerja, pengurangan jumlah mesin.

Untuk merancang kapasitas yang tidak berlebihan dan tidak kekurangan serta seimbang di setiap prosesnya maka perlu dilakukan analisis antara kapasitas yang dimiliki dengan permintaan pasar secara lebih detail. Kajian per proses yang ada untuk menghasilkan satu produk perlu dilakukan, karena kapasitas per proses belum tentu

sama. Pada industri sepeda terdapat beberapa tahapan proses yakni: pengelasan (*welding*), pengecatan (*painting*), perakitan roda (*wheel assembly*), dan perakitan dan pengepakan (*assembly and packing*).

Menurut Chase et al (2002: hal 360) ada 3 cara untuk melakukan penyeimbangan kapasitas, yang pertama adalah dengan menambah kapasitas pada tahapan yang menjadi masalah; kemudian yang kedua adalah dengan menggunakan buffer persediaan pada tahapan sebelum *bottleneck* terjadi. Dan yang terakhir adalah dengan penggandaan fasilitas suatu departemen. Dengan demikian timbul pertanyaan: “Bagaimana merancang manajemen kapasitas agar dicapai sistem kapasitas yang seimbang di setiap proses?”

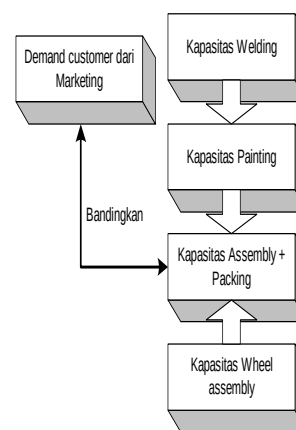
II. PROSEDUR EKSPERIMEN

II.1. Objek Penelitian

Yang menjadi objek penelitian adalah kapasitas tiap proses yang terdapat pada industri sepeda. Proses yang diteliti adalah proses *welding*, *painting*, *wheel assembly*, dan *assembly*.

II.2. Metode Penelitian

Untuk merancang suatu kapasitas yang seimbang, maka dibutuhkan data output yang selama ini bisa dihasilkan oleh tiap proses. Adapun alur proses yang ada adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Kapasitas vs. Demand

Dari gambar 1 terlihat bahwa kapasitas assembly dipengaruhi oleh kapasitas painting dan kapasitas wheel assembly. Sedangkan kapasitas painting dipengaruhi oleh kapasitas welding. Dengan demikian kapasitas assembly adalah sama dengan kapasitas terkecil antara painting dengan wheel assembly. Kemudian dibandingkan dengan demand dari customer. Dari sini, bisa dilihat proses mana yang menjadi bottleneck bagi industri sepeda.

III. ANALISIS DATA DAN HASIL

Data yang diamati selama 3 bulan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Proses Pengelasan / *Welding*

Output	Probabilitas	Cum Prob	RN
500	0.2	0.2	00 - 19
600	0.5	0.7	20 - 69
700	0.3	1	70 - 99

Tabel 2. Proses Pengecatan / *Painting*

Output	Probabilitas	Cum Prob	RN
300	0.2	0.2	00 - 19
500	0.3	0.5	20 - 49
700	0.5	1	50 - 99

Tabel 3. Proses *Wheel Assembly*

Output	Probabilitas	Cum Prob	RN
600	0.3	0.3	00 - 29
800	0.5	0.8	30 - 79
1000	0.2	1	80 - 99

Tabel 4. Proses *Assembly + Packing*

Output	Probabilitas	Cum Prob	RN
600	0.3	0.3	00 - 29
700	0.4	0.7	30 - 69
800	0.3	1	70 - 99

Kemudian dari data ini, digunakan simulasi Monte Carlo (*Static Simulation Model*) sebanyak 10 kali. Tujuan digunakan teknik simulasi ini adalah untuk memperlihatkan berbagai kemungkinan yang akan terjadi dalam sistem nyata dan menjawab “*What If Questions*” (Chase et al: 2001, p.627).

Tabel 5. Hasil Simulasi *Welding + Painting*

RN	Welding	RN	Painting
0.782129	700	0.482271	500
0.504742	600	0.597683	700
0.280851	600	0.051621	300
0.444775	600	0.184648	300
0.350198	600	0.635996	700
0.507745	600	0.327457	500
0.77587	700	0.169264	300
0.028113	500	0.550564	700
0.309799	600	0.303193	500
0.744281	700	0.864939	700
Total	6200		5200
average	620		520.00
avg/jam	88.57		74.29

Pada tabel 5 terlihat bahwa jika selama 10 hari, hasil dari painting adalah 520 pieces per hari, sedangkan hasil dari welding adalah 620 pieces per hari, maka selama 10 hari sudah terjadi tumpukan barang sebanyak 1000 pieces, yang berarti mengalami penundaan proses painting. Untuk hasil simulasi *Wheel Assembly* dan *Assembly* adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Simulasi *Wheel Assy + Assembly*

RN	Wheel	RN	Assembly
0.153598	600	0.509859	700
0.694317	800	0.536532	700
0.098728	600	0.488748	700
0.821732	1000	0.205795	600
0.441524	800	0.322647	700
0.422117	800	0.927987	800
0.826426	1000	0.968519	800
0.536191	800	0.032024	600
0.140584	600	0.722333	800
0.883334	1000	0.242536	600
total	8000		7000
average	800		700
avg/jam	114.29		100

Dari tabel 5 dan tabel 6 serta dengan mengamati aliran proses pada gambar 1, terlihat bahwa input bagi assembly adalah hasil painting dan hasil wheel assembly, dimana yang bisa dikerjakan assembly adalah hasil yang terkecil antara painting dan wheel. Dengan demikian, output dari assembly adalah sebesar rata – rata hasil painting yakni 520 pieces per harinya, meskipun output yang bisa dihasilkan assembly adalah 700 pieces. Jadi pada divisi assembly terjadi waktu idle sebesar $(700 - 520)/700 = 25.7\%$.

Jadi, pada divisi painting terjadi yang namanya *Overcapacity*, sedangkan pada divisi assembly terjadi *Undercapacity*.

Untuk menyeimbangkan kapasitas yang dimiliki, jika mengacu untuk mencapai output yang tertinggi adalah pada saat kondisi seluruh

divisi mencapai hasil sebesar 800 pieces per hari. Dengan demikian pada ketiga divisi lainnya harus menambah kapasitasnya entah itu dengan jam

lembur ataupun menambah peralatan produksi lain yang diperlukan.

Tabel 7. Analisis Penambahan Kapasitas
Average Output per 7 jam

	Welding	Painting	Wheel	Assy
Normal	620	520	800	700
Max	800	800	800	800
+ capacity	overtime	overtime	-	overtime
	2 jam	4 jam		1 jam

Dengan penyeimbangan kapasitas, berarti selama 1 bulan (25 hari kerja), maka total sepeda yang bisa dihasilkan adalah 25 hari x 800 pieces / hari = 20.000 pieces dari berbagai tipe sepeda. Sedangkan demand dari marketing, adalah 20.000 sampai 25.000 pieces sepeda.

Kalau untuk 20.000 pieces sepeda per bulan, maka dengan penambahan lembur setiap hari pada tabel 7 maka target sudah dapat dipenuhi.

Tapi jika untuk mencapai 25.000 pieces per bulan, maka yang harus dilakukan adalah:

- Welding: lembur 4 jam per hari
- Painting: lembur 7 jam per hari → atau dengan kata lain penambahan shift sehingga menjadi 2 shift per hari dengan total jam kerja adalah 14 jam
- Wheel: lembur 2 jam per hari
- Assembly: lembur 3 jam per hari.

Untuk hal – hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah pengkajian metode kerja agar dicapai metode kerja yang lebih cepat dan efisien. Dengan adanya perbaikan ataupun peningkatan metode kerja diharapkan bisa memperkecil jam lembur yang terjadi dan dengan demikian dapat menghemat biaya lembur.

IV. KESIMPULAN

- Untuk menyeimbangkan kapasitas di semua proses pada industri sepeda, dengan demand 20.000 pieces per bulan, maka dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, bottleneck terjadi pada divisi welding, painting dan assembly. Dan untuk menambah kapasitas, maka diperlukan tambahan jam lembur pada welding sebesar 2 jam, painting 4 jam dan assembly 1 jam
- Untuk menyeimbangkan kapasitas dengan demand 25.000 pieces per bulan, maka dengan menggunakan simulasi Monte Carlo, bottleneck terjadi pada seluruh divisi. Sehingga pada welding diperlukan jam lembur 4 jam, painting diperlukan penambahan 1 shift, wheel 2 jam, dan assembly 3 jam

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Banks, J, et al. (2010). *Discrete Event System Simulation* (Edisi 5). Pearson, New Jersey.

- [2] Chase, R.B. et al (2001). *Operations Management for Competitive Advantage* (Edisi 9). McGraw Hill, New York.
- [3] Dilworth, J.B, Ettkin, L.P. (1989). *Study Guide for Production and Operations Management: Manufacturing and Non Manufacturing* (Edisi 4). Random House, New York.
- [4] Hines, W.W., Montgomery, D.C. (1980). *Probability and Statistics in Engineering and Management Science* (Edisi 2). John Wiley and Sons, USA.
- [5] Noori, H., Radford, R. (1995). *Production and Operations Management: Total Quality and Competitiveness*. McGraw Hill, USA..

Perancangan Sistem Informasi Manajemen Bahan Pada Industri Sepeda

Agung Chandra

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

E-mail : agungchandra_07@yahoo.co.uk

Abstrak---Seiring dengan meningkatnya kompleksitas bisnis pada perindustrian sepeda, maka perancangan sistem informasi manajemen bahan yang berbasis komputer dengan *Relational Database* dipercaya sebagai alat untuk meningkatkan kelancaran bekerja terutama dari segi kecepatan dan keakuratan jika dibandingkan manual yang selama ini telah dilakukan. Dalam *relational database* dibutuhkan *primary key* yang berguna untuk mengidentifikasi hubungan antar data.

Kata Kunci : Manajemen bahan, *Relational database*, *Primary key*,

Perancangan sistem informasi ini akan mencakup pembuatan flow chart yang akan menggambarkan relasi antar departemen, input dan output, termasuk format laporan yang diinginkan, dan *relational database* untuk komponen yang nantinya merupakan kunci penghubung dalam pembacaan data antar divisi terkait.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang sistem informasi manajemen bahan pada industri sepeda dengan berbasis komputer *relational database*.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan semakin meningkatnya kompleksitas bisnis pada perusahaan sepeda dan untuk mendukung kebutuhan manajerial dalam mengambil keputusan pada aktivitas manajemen bahan, maka diperlukan suatu sistem informasi manajemen yang memudahkan perencanaan dan pengendalian bahan. Sistem informasi perencanaan dan pengendalian bahan merupakan kunci untuk kelancaran produksi, mengingat bahwa bahan utama yang dibutuhkan dari proses pengelasan, pengecatan, perakitan roda, dan perakitan sepeda dari berbagai jenis sepeda yang ada sekitar 2000 jenis komponen. Dalam manajemen bahan, juga terkait berbagai divisi, yakni pemasaran, pembelian, ekspor impor, kualitas, produksi, penelitian dan pengembangan, pengiriman dan akuntansi. Dengan semakin lancarnya produksi berarti mendukung *competitive advantage* yang semakin tinggi (O'Brien, 1996, p.15), kepuasan pelanggan yang semakin meningkat, dan *market share* yang semakin membaik (Applegate, McFarlan, McKenney, 1997, p.83).

Dengan terkaitnya manajemen bahan dengan banyak divisi dan jenis bahan yang banyak ragamnya, maka manajemen memandang perlu untuk merancang sistem informasi yang tepat dan lugas pada sistem perencanaan dan pengendalian bahan berbasis komputer yang selama ini belum dirancang secara sistematis sehingga menyebabkan pertukaran data dan penelusuran masalah masih membutuhkan waktu yang cukup lama, riskan terhadap kesalahan karena penarikan data masih belum terintegrasi, analisis data juga masih minim.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Objek Penelitian

Yang menjadi objek penelitian disini adalah fungsi dasar sistem informasi menurut Murdick, Ross, and Clagget (1985, p.87) manajemen bahan pada industri sepeda agar dapat dirancang suatu manajemen data yang terintegrasi dengan divisi lain. Fungsi dasar tersebut adalah:

- Input
- Proses
- Output
- Data communication

Aktivitas manajemen bahan menurut Lambert and Stock (1982, p.341), meliputi:

- purchasing*
- inventory control*
- production*
- warehousing (receiving and shipping)*

Dalam penelitian ini yang dimaksud *warehousing* adalah gudang tempat perpindahan dan penyimpanan (*movement and storage*) barang. Pada penelitian ini, terdapat 2 gudang, yang pertama adalah gudang komponen sepeda (*warehouse sparepart*), kemudian yang kedua adalah gudang sepeda jadi (*warehouse finished goods*)

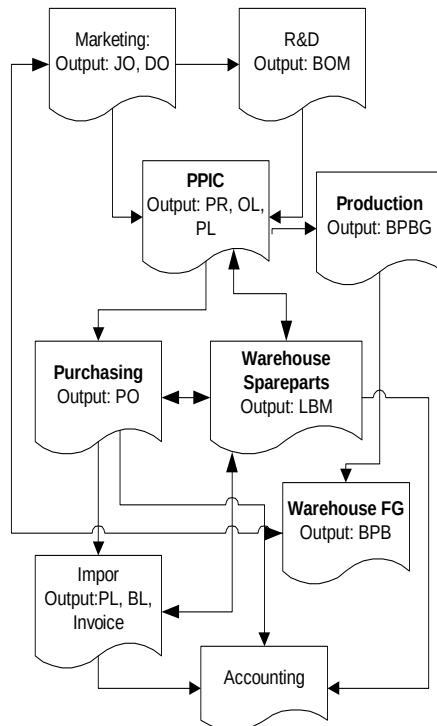
2.2. Research Tools

Untuk merancang sistem informasi manajemen bahan yang terintegrasi adalah dengan menggunakan *data flow diagram* dan *relational database*.

Data flow diagram menurut Davis & Yen (1998) is an excellent tool for summarizing and organizing detailed information about a system's boundaries,

processes, and data entities, providing the analyst with a logical map of the system.

Sedangkan *relational database* menurut Haag & Cummings (2008) uses a series of logically related two-dimensional tables or files to store information in the form of a database.



Gambar 1. Data Flow Diagram

III. ANALISIS DATA DAN PERANCANGAN SISTEM: A RELATIONAL DATABASE

Dengan data flow diagram diatas, maka langkah berikutnya adalah merancang sistem *Relational Database*.

Tabel 1. Entity Classes

Divisi	Output	Entity Class	Primary Key
PPIC	PR, OL, PL	JO no	JOB_ID
	PR	PR no	PR_ID
	PR, OL, PL	Item	Item_ID
	PR, OL, PL	Code	Code_ID
Purch	PO	PR no	PR_ID
	PO	PO no	PO_ID
	PO	Item	Item_ID
	PO	Vendor	Vendor_ID
Prod	BPBG	JO no	JOB_ID
	BPBG	Item	Item_ID
	BPBG	Code	Code_ID
WHSp	LBM	PR no	PR_ID
	LBM	PO no	PO_ID
	LBM	Item	Item_ID
	LBM	Vendor	Vendor_ID
WHFG	BPB	Code	Code_ID
	BPB	DO no	DO_ID

Keterangan:

A. Output

JOB	Job Order
PR	Purchase Requisition
OL	Operation Listing
PL	Pick List
PO	Purchase Order
LBM	Laporan Barang Masuk
BPBG	Bukti Penerimaan Barang ke Gudang
BPB	Bukti Pengiriman Barang
DO	Delivery Order

B. Primary Key

Item_ID	kode khusus untuk tiap komponen sepeda
JOB_ID	nomor JOB untuk tiap order
PR_ID	nomor PR
Code_ID	kode khusus untuk tiap jenis sepeda
PO_ID	nomor PO
Vendor_ID	kode vendor / supplier
DO_ID	nomor DO (Delivery Order)

Dengan adanya *Primary Key*, maka proses data atau record dari tiap departemen dapat dihubungkan dengan mudah dan cepat.

Selain membuat *primary key*, maka hal yang perlu dicatat pada database adalah tanggal pembuatan atau tanggal print out, identitas personil yang melakukannya, dan status.

Setelah merancang proses data, maka langkah berikutnya adalah merancang output yang

dinginkan dari database ini. Output ini berupa report yang dibutuhkan oleh tiap divisi atau manajemen, sehingga report ini dapat berguna sebagai alat evaluasi atau alat analisis dari proses yang terjadi pada manajemen bahan.

Contoh: report hasil produksi kumulatif

1. No.JOB → diambil dari JOB_ID
2. Kode sepeda → diambil dari Code_ID
3. Model sepeda → otomatis mengikuti kode sepeda
4. Qty order → diambil dari JOB_ID
5. Output hasil produksi → diambil dari hasil input BPBG
6. Balance → didapat dari Qty order – output hasil produksi

Setiap report dapat dikembangkan lebih jauh dengan menggunakan Microsoft Query (SQL).

Data base yang dirancang ini merupakan database yang dirancang dan dibangun oleh personil sendiri. Pertimbangan untuk membangun database dengan personil sendiri adalah:

- a. lebih mudah disesuaikan dengan kebutuhan yang lebih spesifik
- b. bisa dimodifikasi secara terus menerus sesuai dengan perkembangan
- c. lebih murah
- d. pembuatan database tidak terikat dengan waktu.

IV. KESIMPULAN

Pada perancangan *relational database* untuk industri sepeda yang menjadi primary key adalah JOB_ID, PR_ID, Item_ID, Code_ID, PO_ID, dan Vendor_ID. Primary key inilah yang akan menjadi penghubung antar entity.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Applegate, L.M, McFarlan, F.W, dan McKenney, J.L.(1992). *Corporate Information System Management* (Edisi 3). McGraw-Hill, Singapore.
- [2] Davis, W.S, Yen, D.C. (1998). *The Information System Consultant's Handbook: System Analysis and Design*. CRC Press LLC.
- [3] Haag, S dan Cummings, M. (2008). *Management Information System for the Information Age* (edisi 7). McGraw-Hill, New York.
- [4] Lambert, D.M dan Stock, J.R. (1982). *Strategic Physical Distribution Management*. Irwin, Illinois.
- [5] Murdic, R.E, Ross, J.E, dan Claggett, J.R. (1985). *Information System for the Modern Management* (edisi 3). Prentice Hall, New Delhi.
- [6] O'Brien, J.A. (1996). *Management Information System: Managing Information Technology in the Networked Enterprise* (edisi 3). Irwin, Boston.

- [7] Pearlson, K.E dan Saunders, C.S (2009). *Strategic Management of Information System* (edisi 4). Wiley, Asia.

Penentuan Strategi Perusahaan dengan Menggunakan Analisa SWOT dan AHP Pada PT Bank Syariah Mandiri

Alfa Firdaus, Muhammad Kholil

Jurusan Teknik Industri, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Jakarta Barat

Email: alfa_firdaus@mercubuana.ac.id, m.kholil@mercubuana.ac.id

Abstrak - Pertumbuhan yang sangat lambat membuat perkembangan aset perbankan syariah tidak sesuai dengan target, atau dengan kata lain terjadi stagnasi pasar. Dalam rangka mempercepat pertumbuhan Bank Syariah di Indonesia, perlu dilakukan sebuah analisis dan evaluasi yang cermat pada level strategi perusahaan. Sejalan dengan tujuan tersebut, dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi permasalahan stagnasi pasar (konsumen) yang saat ini terjadi pada Bank Syariah serta bagaimana menentukan strategi apa yang menjadi prioritas, guna meningkatkan pencapaian target yang ditetapkan. Alat yang dipergunakan dalam analisa adalah SWOT Analysis dan Analytical Hierarchy Process. Secara keseluruhan, dari hasil analisa terhadap strategi perbankan syariah di Indonesia dapat diidentifikasi penyebab terjadinya masalah stagnasi pasar (konsumen) pada Bank Syariah Mandiri, yaitu faktor SDM, jaringan, promosi, peran pemerintah dan masyarakat. Dengan menggunakan Analisa Hirarki Proses, maka dapat ditentukan strategi apa yang menjadi prioritas, guna meningkatkan pencapaian target yang ditetapkan, yaitu peningkatan kualitas SDM dan pelayanan, perluasan jaringan dan perbaikan operasional & teknologi, serta peningkatan promosi produk kepada seluruh lapisan masyarakat.

Kata kunci: Perbankan Syariah, Strategi, SWOT, AHP

I. PENDAHULUAN

Kelahiran Bank Syariah di Indonesia khususnya Bank Syariah Mandiri, didorong oleh keinginan masyarakat Indonesia (terutama masyarakat Islam) yang berpandangan bahwa bunga merupakan hal yang haram. Walaupun demikian, sebenarnya prinsip bagi hasil dalam lembaga keuangan telah dikenal luas baik di negara Islam maupun non Islam. Jadi, bank syariah tidak berkaitan dengan kegiatan ritual keagamaan (Islam), tetapi lebih merupakan konsep pembagian hasil usaha antara pemilik modal dengan pihak pengelola modal.

Bank Syariah diperkirakan akan terus tumbuh secara signifikan. Pada Desember 2009, dengan total 6 BUS dan 25 UUS, total aset bank syariah mencapai Rp 66,09 triliun atau 2,57% dari pangsa pasar. Total dana pihak ketiga Rp 52,27 triliun, dan total pembiayaan Rp 46,88 triliun dengan NPF yaitu sebesar 4,01%. Di sisi lain, target yang diharapkan dari aset perbankan syariah adalah sebesar 7%. Berarti terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari fakta tersebut. Pertumbuhan yang sangat lambatlah yang membuat aset perbankan syariah tidak sesuai dengan target, atau dengan kata lain terjadi stagnasi pasar. Hal tersebut yang menjadikan penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengidentifikasi permasalahan stagnasi pasar (konsumen) yang saat ini terjadi pada Bank Syariah?
2. Bagaimana menentukan strategi apa yang menjadi prioritas, guna meningkatkan pencapaian target yang ditetapkan?

II. METODOLOGI

Obyek dalam Penelitian ini dilaksanakan pada perusahaan PT. Bank Syariah Mandiri Cabang Jakarta Meruya yang beralamat di Jl. Meruya Ilir No.36 Srengseng, Kembangan, Jakarta Barat. Sebelum menentukan strategi pemasaran perusahaan yang lebih tepat dan jelas, terlebih dahulu harus dilakukan analisis data dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data yang berfungsi untuk memperoleh data yang diperlukan dalam meningkatkan pemasaran.
2. Mengklasifikasi atau mengelompokkan data sesuai dengan jenis dan fungsinya
3. Melakukan analisis data dan menentukan strategi yang tepat dan yang paling efektif untuk diterapkan dalam meningkatkan strategi pemasaran perusahaan.

Metode analisis data yang dipakai dalam menganalisis data yang telah dirumuskan diatas dengan menggunakan metode:

1. Analisis SWOT
Analisis ini berguna untuk mengetahui posisi perusahaan dalam pasar berdasarkan kekuatan,

kelemahan, peluang dan ancaman yang dimiliki oleh perusahaan

2. Cara analisis SWOT

Penelitian menunjukkan bahwa kinerja perusahaan dapat ditentukan oleh kombinasi faktor internal dan eksternal, kedua faktor tersebut harus dipertimbangkan dalam analisa SWOT.

3. Cara analisis AHP

Untuk dapat memahami sebuah permasalahan penagambilan keputusan dengan baik dan benar, maka kita perlu menggambarkan pohon keputusan dari permasalahan yang akan kita selesaikan. Pohon keputusan ini harus disesuaikan dengan konteks permasalahan yang dihadapi.

Data yang terkumpul kemudian dianalisis berdasarkan metoda analisis *deskriptif* yang menggabungkan ukuran kuantitatif dan ukuran kualitatif.

III. HASIL

Dalam suatu penyusunan alternatif strategi baru marketing perbankan syariah adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada perlambatan market share perbankan syariah yang terjadi di Indonesia, penulis melakukan analisa dengan melakukan wawancara terhadap nasabah perbankan syariah, pelaku perbankan syariah, pakar perbankan syariah dengan menggunakan analisa SWOT yaitu didapat sebagai berikut :

1. Masalah Internal :
 - Sumber Daya Manusia
 - Jaringan Kantor Cabang
 - Promosi Produk
2. Masalah Eksternal :
 - Peran Pemerintah
 - Peran Masyarakat

Setelah dilakukan analisis SWOT, selanjutnya dilakukan identifikasi faktor-faktor dalam struktur hirarki. Analisis hirarki adalah suatu alat yang fleksibel yang memungkinkan kita mengambil keputusan dengan mengkombinasikan data objektif dan data subjektif dengan cara logis:

1. Identifikasi Mencari Strategi Marketing Perbankan Syariah (Level 0)
2. Identifikasi Sumber Daya Manusia (Level 1)
3. Identifikasi Jaringan Kantor Cabang (Level 1)
4. Identifikasi Promosi Produk (Level 1)
5. Identifikasi Peran Pemerintah (Level 1)
6. Identifikasi Peran Masyarakat (Level 1)
7. Identifikasi Alternatif Strategi Memperluas Jaringan dan Promosi (Level 2)
8. Identifikasi Alternatif Strategi Memperbaiki Operasional dan Teknologi (Level 2)
9. Identifikasi Alternatif Strategi Memperbaiki Kualitas SDM dan Pelayanan (Level 2)

Setelah diidentifikasikan kriteria-kriteria dan sub kriteria maka dapat dibuat struktur hirarki penentuan prioritas strategi marketing perbankan syariah, seperti pada gambar 1.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang dilakukan penulis, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

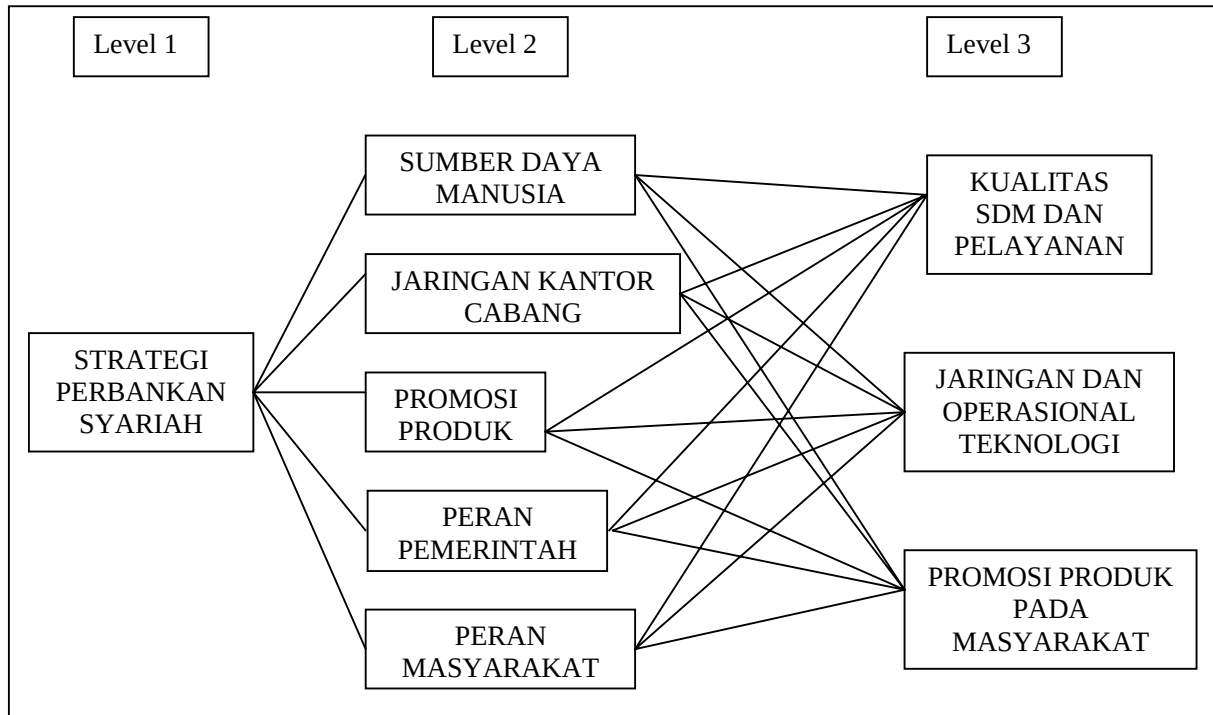
1. Dengan menggunakan analisa SWOT maka dapat diidentifikasi penyebab terjadinya masalah stagnasi pasar (konsumen) pada Bank Syariah Mandiri.
2. Dengan menggunakan Analisa Hirarki Proses dan bantuan software Expert Choice maka dapat ditentukan strategi apa yang menjadi prioritas, guna meningkatkan pencapaian target yang ditetapkan, yaitu peningkatan kualitas SDM dan pelayanan, perluasan jaringan dan perbaikan operasional & teknologi, serta peningkatan promosi produk kepada seluruh lapisan masyarakat.

Berdasarkan kesimpulan di atas maka dalam penelitian ini penulis mempunyai beberapa saran sebagai berikut :

1. Perusahaan PT. Bank Syariah Mandiri dapat menerapkan strategi yang tepat dan sesuai sehingga market share perbankan syariah di Indonesia meningkat.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan lebih baik lagi dengan menambah simulasi dari hasil yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kaplan, Robert S. & Norton, David P. "SWOT Analysis" Harvard Business Review. 2002.
- [2] Kaplan, Robert S. & Norton, David P. "The SWOT Analysis, Translating Strategy into Action". 2006.
- [3] Mulyadi. Sistem Terpadu Pengelolaan Kinerja Personel Berbasis Balanced Scorecard. AMP YKPN. 2001.
- [4] Saaty, Thomas L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Setting Priorities, Resource Allocation. McGraw-Hill. 2004.
- [5] Tjakraatmadja, Jann H. Manajemen Teknologi. Studio Manajemen ITB. Bandung. 2008.
- [6] Umar, Husein. Metodologi Penelitian Untuk Skripsi dan Tesis Bisnis. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 2003.
- [7] Wibisono, D. Riset Bisnis: Panduan Bagi Praktisi dan Akademisi. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 2003.
- [8] Azhar Kasim, 1994. Teori Pembuatan Keputusan, Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.



Gambar 1. Struktur hirarki penentuan prioritas strategi marketing perbankan syariah

Simulasi Konservasi Energi dengan Perangkat Lunak Long-Range Energy Alternatives Planning System (LEAP)

Alfa Firdaus, Muhammad Kholil

Jurusan Teknik Industri, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Jakarta Barat

Email: alfa_firdaus@mercubuana.ac.id, m.kholil@mercubuana.ac.id

Abstrak -- Pertumbuhan kebutuhan energi yang sangat cepat dan tidak seimbang dengan sisi suplainya menuntut adanya diversifikasi dan konservasi energi. Untuk itu, perlu dilakukan optimalisasi pada sektor industri sebagai salah satu sektor yang menjadi konsumen energi terbesar di Indonesia. Sejalan dengan tujuan tersebut, dilakukan penelitian untuk menentukan intensitas energi, perkiraan permintaan energi, serta komposisi bauran energi di sektor industri, yang dalam penelitian ini lingkungannya dipersempit menjadi sektor industri tekstil. Secara keseluruhan, dari hasil pengolahan data dan simulasi serta analisa yang telah dilakukan dengan bantuan software LEAP, dapat diketahui bahwa intensitas energi di sektor industri tekstil masih relatif tinggi. Pasokan energi batubara masih mendominasi dibanding pasokan listrik yang digunakan oleh beberapa industri tekstil, sehingga terjadi ketidakseimbangan karena hanya bergantung sebagian besar pada batubara yang merupakan bahan bakar fosil dan ketersediaannya terbatas. Untuk itu, perlu dilakukan upaya konservasi energi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi di sisi permintaan (demand side policy) serta melakukan upaya diversifikasi untuk meningkatkan pangsa energi baru terbarukan dalam bauran energi nasional (Supply Side management).

Kata kunci: Diversifikasi, Konservasi, LEAP

I. PENDAHULUAN

Sejak dua dasawarsa, pemerintah telah merintis program Konservasi Energi Nasional sebagai bagian dari Kebijakan Energi Nasional. Konservasi energi diartikan sebagai pemanfaatan energi yang efisien, efektif, dan rasional tanpa mengurangi energi yang benar-benar diperlukan, kenyamanan dan produktifitas. Di era 70-an konservasi energi dititikberatkan pada peningkatan efisiensi di sisi penyediaan energi (energi supply). Pada awal 80-an, mulai dipikirkan perlunya Program Konservasi Energi di sisi permintaan (energi demand), dan hal ini didengungkan melalui Inpres No. 9 tahun 1982 tertanggal 7 April 1982 yang kemudian diperkuat dengan Kepres No. 43 tahun 1991. Keppres ini

mencakup aspek teknis dan pelaksanaan atau implementasi seperti kebijakan di bidang investasi, perkreditan, harga atau tarif energi.

Menurut Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), kebutuhan bahan baku industri dan bahan bakar nasional secara mandiri dapat dipenuhi melalui, diversifikasi energi, konservasi energi, dan mendorong investasi penyediaan bahan bakar di dalam negeri. Dengan terpenuhinya kebutuhan bahan baku industri dan bahan bakar nasional secara mandiri akan menambah lapangan kerja, dan meningkatkan kesejahteraan rakyat.

Salah satu teknik konservasi energi yang dapat digunakan di sektor industri adalah dengan teknik audit energi. Teknik ini digunakan untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada suatu pabrik/perusahaan dan mengenali cara-cara untuk penghematannya. Sehingga diharapkan dapat mencapai optimalisasi penggunaan energi. Untuk itu, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Menentukan nilai intensitas energi di industri tekstil berdasarkan data permintaan energi dan kapasitas produksi.
2. Menentukan prakiraan permintaan total energi di Indonesia pada sektor industri tekstil serta rata-rata persentase peningkatan energi per tahun.
3. Menentukan persentase komposisi prakiraan permintaan energi per jenis energi.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan studi pendahuluan (preliminary research) dan studi kepustakaan (library research). Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan cara pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Pendekatan kuantitatif meliputi analisis dan evaluasi penyediaan dan kebutuhan energi di tiap-tiap sektor pengguna. Pendekatan kualitatif meliputi analisis dan evaluasi berdasarkan kepustakaan dan asumsi yang digunakan pada studi studi yang sudah pernah dilakukan mengenai intensitas pemakaian energi serta aktivitas pengguna energi.

Untuk melakukan analisis kuantitatif, proyeksi penyediaan dan kebutuhan energi jangka pendek

atau menengah dilakukan berdasarkan perencanaan sektoral dan kecenderungan (trend) yang terjadi sampai dengan saat ini. Dalam pengolahan data ini menggunakan perangkat lunak LEAP. LEAP adalah perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. Pengolahan data yang sudah diperoleh dilakukan dalam 2 tahap yaitu pengelompokan data dan perhitungan data untuk simulasi.

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Model LEAP. LEAP adalah perangkat lunak komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. LEAP dikembangkan oleh Stockholm Environment Institute, Boston, USA. LEAP telah digunakan di banyak negara terutama negara-negara berkembang karena menyediakan simulasi untuk sumber energi dari biomassa. Indonesia melalui Pusat Informasi Energi (PIE) dan Yayasan Pertambangan dan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2002 menerbitkan buku Prakiraan Energi Indonesia 2010 yang menggunakan LEAP sebagai alat bantu analisis perencanaan permintaan-penyediaan energi di Indonesia dari tahun 2000 hingga 2010.

Untuk menentukan ketepatan proyeksi, ada beberapa asumsi yang digunakan dalam permodelan. Asumsi ini dibutuhkan dalam menentukan perkiraan konsumsi energi yang akan datang hingga akhir tahun proyeksi berdasarkan expert judgement.

III. HASIL

Berdasarkan data yang diperoleh tentang pemakaian energi pada tahun 2008 diketahui bahwa rata-rata intensitas energi pada sektor industri sebesar 3.50 kWh/Kg. Pada dasarnya semakin kecil nilai intensitas energi, maka semakin hemat konsumsi energi. Untuk itu, besar intensitas energi dari suatu perusahaan atau sektor industri selalu diupayakan menurun dari tahun ke tahun. Dalam hal ini, upaya yang dapat dilakukan untuk penghematan energi antara lain konservasi energi dan diversifikasi energi.

Prakiraan kebutuhan energi (dari model RES LEAP) dapat dibuat berdasarkan data-data yang telah diperoleh. Pada gambar 1 bagan struktur model energi menunjukkan berbagai macam sumber energi yang akan dikonsumsi oleh konsumen, mulai dari bahan mentah hingga bahan jadi yang siap dikonsumsi. Sumber-sumber energi yang berasal dari alam antara lain, kayu (wood), minyak mentah (crude oil), air (hydro), gas alam (natural gas), panas bumi (geothermal), nuklir (nuclear), dan biomassa (biomass). Pada bahan bakar kayu

berdasarkan bagan tersebut dapat langsung digunakan oleh konsumen. Sedangkan bahan bakar batu bara harus mengalami proses penambangan batu bara (coal mining) menjadi briquette plant ataupun dapat dikonsumsi langsung, selain itu juga dapat digunakan untuk sumber listrik yang kemudian didistribusikan ke konsumen.

Bahan bakar minyak mentah mengalami proses oil production kemudian pengilangan minyak, selanjutnya dapat digunakan untuk bahan sumber listrik ataupun dapat dikonsumsi langsung oleh konsumen setelah mengalami pengolahan. Pada sumber energi air dapat dijadikan sumber bahan energi listrik melalui PLTA ataupun mikrohidro yang kemudian didistribusikan ke konsumen. Sedangkan gas alam harus mengalami proses pengolahan untuk dijadikan sumber listrik ataupun dikonsumsi langsung oleh konsumen setelah diolah hingga menjadi produk Liquefied natural gas (LNG). Biomassa dapat diolah menjadi biofuel plant untuk dikonsumsi oleh konsumen. Berdasarkan bagan dibawah ini kita mendapat gambaran secara umum alur sumber energi dari alam hingga dapat didistribusikan ke konsumen.

Permintaan energi akan dipenuhi dari berbagai sumber energi, sesuai dengan RES yang ada. Secara garis besar, total permintaan energi di Indonesia mencapai 21.599 miliar SBM pada tahun 2008. Pada tahun 2030 permintaan energi mencapai 86.146 miliar SBM.

Berdasarkan proyeksi permintaan energi dapat diketahui secara total, bahan bakar yang paling besar digunakan adalah penggunaan batubara (coal), yaitu sebesar 72.65% dan penggunaan energi listrik (electricity) sebesar 27.35%. peningkatan rata-rata energi per tahun sebesar 6.5%.

Dari hasil pengolahan data dan simulasi serta analisa yang telah dilakukan, maka peneliti dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data yang diperoleh tentang pemakaian energi pada tahun 2008 diketahui bahwa rata-rata intensitas energi pada sektor industri sebesar 3.50 kWh/Kg.
2. Secara garis besar, total permintaan energi di Indonesia pada tahun 2008 mencapai 21.599 miliar SBM dan pada tahun 2030 permintaan energi mencapai 86.146 miliar SBM dengan peningkatan rata-rata energi per tahun sebesar 6.5%.
3. Berdasarkan proyeksi permintaan energi dapat diketahui secara total, bahan bakar yang paling besar digunakan di industri tekstil adalah penggunaan batubara (coal), yaitu sebesar 72.65% dan penggunaan energi listrik (electricity) sebesar 27.35%.

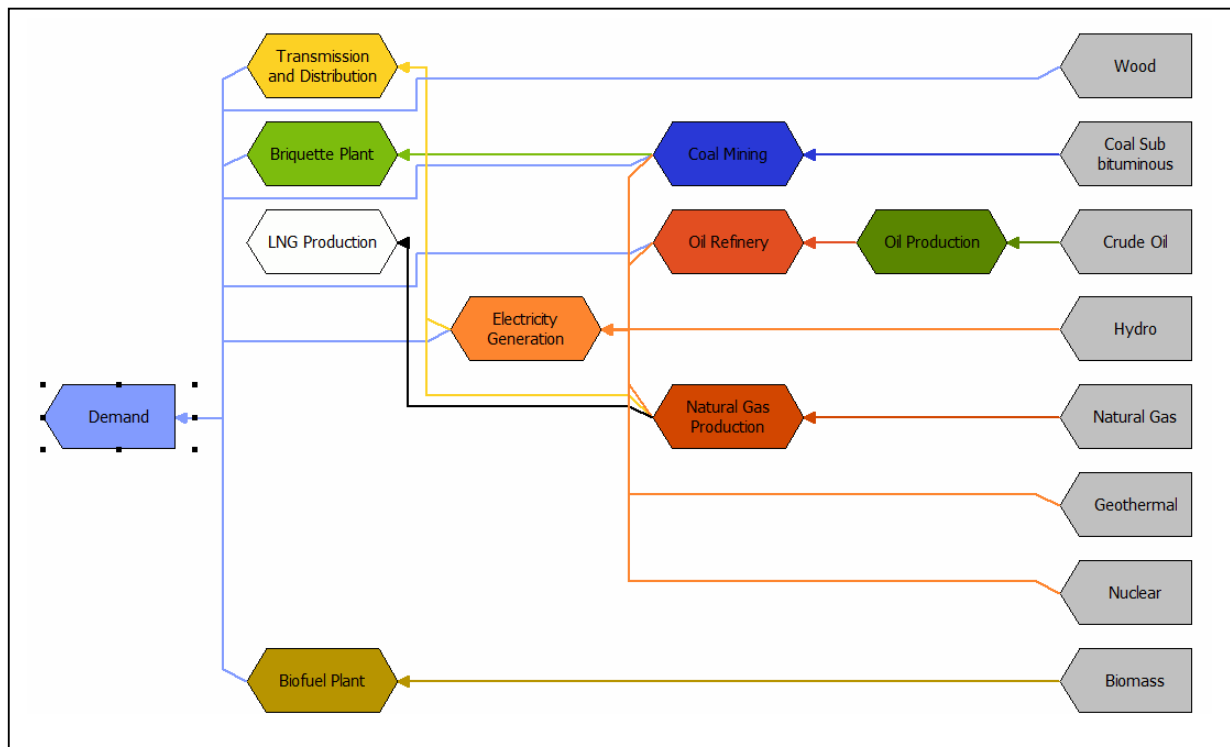
4. Pasokan energi batubara masih mendominasi dibanding pasokan listrik yang digunakan oleh beberapa industri tekstil, sehingga terjadi ketidakseimbangan karena hanya bergantung sebagian besar pada batubara yang merupakan bahan bakar fosil dan ketersediaannya terbatas. Untuk itu, perlu dilakukan upaya konservasi energi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi di sisi permintaan (demand side policy) serta melakukan upaya diversifikasi untuk meningkatkan pangsa energi baru terbarukan dalam bauran energi nasional (Supply Side management).

Adapun beberapa saran dari peneliti yang mungkin dapat dijadikan bahan pertimbangan antara lain :

1. Dari hasil pemodelan terlihat bahwa pertumbuhan permintaan energi terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, khususnya batubara. Untuk itu, mulai saat ini perlu dilakukan diversifikasi bahan bakar agar tercapainya ketahanan energi di masa yang akan datang.
2. Pemerintah dan pengguna energi lebih mengembangkan upaya konservasi dan diversifikasi energi demi tercapainya penghematan energi

REFERENCES

- [1] Asia Pacific Energy Research Centre (APERC), Institute of Energy Economics Japan (IEEJ), .2007. A Quest for Energy Security in The 21st Century, Tokyo, Japan.
- [2] Brundtland Report. 1987. Sustainable development definition. http://www.ace.mmu.ac.uk/eae/Sustainability/Older/Brundtland_Report.html.
- [3] Central Statistics Agency . 2009. Statistical Yearbook of Indonesia 2009/2010, Jakarta, Indonesia.
- [4] DMER. 2009. Handbook Statistik Ekonomi Energi Indonesia, Jakarta, Indonesia.
- [5] Energy Information Administration. 2007. International Energy Outlook 2007, Washington DC, US
- [6] Energy Information Administration, URL: www.eia.doe.gov.
- [7] Energy Intensity of Selected Asian Countries, URL www.iea.org.
- [8] Ministry of Finance & The National Development Planning Body, Fuel Subsidy in the State Budget.
- [9] International Atomic Energy Agency (IAEA). 2005). Energy Security Indicators and Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [10] International Energy Agency (IEA). 2007. Energy Security and Climate Policy: Assessing Interaction, OECD/IEA, Paris, France .
- [11] Laporan Keuangan Pemerintah Pusat. 2009. URL: www.perbendaharaan.go.id
- [12] MEMR. 2009. presentation materials, presented at SBM_ITB PLN. 2009. PLN Statistics, Jakarta Indonesia.
- [13] Republic of Indonesia. 2003. KEN (National Energy Policy), DEMR, Jakarta
- [14] DEMR. 2009. KEN (National Energy Policy), DEMR, Jakarta.
- [15] Republic of Indonesia. 2007. Law Number 17/2007 on RPJPN (Long Term National Development Planning), President Republic of Indonesia.
- [16] Republic of Indonesia. 2007. Law Number 30/2007 on Energy, President Republic of Indonesia.
- [17] World Economic Forum, Cambridge Energy Research Associates (CERA). 2006.



Analisis Fuzzy-QFD untuk Mendesain Kualitas Layanan Prima

Amin Syukron¹

Jurusan Teknik Industri, Universitas Mercu Buana¹
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

E-mail : amin_sykron@yahoo.com¹

Abstrak -- Persaingan antar organisasi baik manufaktur maupun jasa dalam hal meningkatkan loyalitas konsumen akhir-akhir ini sangat ketat, karena secara tidak langsung loyalitas konsumen berarti keuntungan bagi organisasi tersebut. Usaha untuk meningkatkan pelayanan kualitas pada masa sekarang ini merupakan kebutuhan pokok bagi semua unit usaha baik itu jasa maupun manufaktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain kualitas layanan dengan mengintegrasikan konsep fuzzy sebagai alat untuk mengatasi ambiguitas linguistic number dengan QFD untuk mendesain atau meredesain kualitas layanan yang berkualitas. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dengan menggunakan perhitungan House of Quality adalah ditemukan atribut priority dengan technical requirement antara lain pakaian seragam, pembuatan banner, training karyawan, dan performa measurement dengan masing-masing bobot prioritas adalah 15.21%, 15.41%, 30.79%, dan 16.97% sebagai dasar untuk mendesain ulang layanan prima yang sesuai dengan keinginan konsumen.

Kata Kunci : Fuzzy-QFD, kualitas layanan, HOQ.

I. PENDAHULUAN

Kepuasan konsumen sangat dipengaruhi oleh kualitas layanan yang diberikan oleh perusahaan (provider) dalam hal ini adalah pihak *front liner*, yaitu pihak yang langsung melakukan kontak langsung dengan konsumen dalam memberikan pelayanannya. Kualitas layanan yang diterima oleh konsumen akan menimbulkan suatu persepsi konsumen, persepsi konsumen adalah perasaan konsumen terhadap layanan yang telah diterimanya yang sebelumnya konsumen mempunyai harapan akan layanan yang akan diterimanya.

Dengan mengukur kepuasan konsumen, diharapkan perusahaan dapat meningkatkan pengetahuan tentang konsumennya, mengerti apa yang dirasakan oleh konsumen dan mengembangkan apa yang diharapkan oleh konsumen. Maka, suatu perusahaan yang mengenal apa, bagaimana konsumennya dapat memberikan layanan yang memuaskan dan memberikan manfaat yang sangat besar untuk

kedua belah pihak, yaitu konsumen merasa sangat puas dan perusahaan mempunyai loyalitas konsumen yang tinggi dan hal itu secara tidak langsung dapat meningkatkan profit.

Untuk meningkatkan loyalitas konsumen yang secara tidak langsung dapat meningkatkan profit perguruan tinggi, peneliti akan melakukan penelitian tentang gap antara persepsi dan harapan konsumen terhadap pelayanan yang dirasakan dan mendesain pelayanan yang diinginkan oleh konsumen. menggunakan fuzzy-QFD untuk mendesain pelayanan yang diinginkan oleh konsumen

II. LANDASAN TOERI

Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) merupakan suatu metode perencanaan dan pengembangan produk terstruktur, yang memungkinkan tim pengembangan produk untuk menentukan secara jelas keinginan dan kebutuhan konsumen dan kemudian melakukan evaluasi secara sistematis tentang kemampuannya untuk menghasilkan produk untuk memuaskan konsumen.

Terdapat 5 faktor dominan atau penentu mutu pelayanan jasa yang akan menjadi penentu tingkat kepuasan konsumen menurut Berry Zeithaml dan Parasuraman yakni antara lain: Reliability, Responsiveness, Assurance, Emphaty dan Tangible.

Pandangan modern mengenai konsep kualitas memberikan fokus pada kebutuhan dan harapan konsumen. Salah satu metode yang dilakukan dalam menerjemahkan keinginan dan kebutuhan ini menjadi karakteristik proses dan produk adalah *Quality Function Deployment* (QFD). Dengan berbasis pada keinginan dan kebutuhan konsumen serta kompensasi pada para pesaing, teknik tersebut akan memberikan kemungkinan sistematis dalam menghasilkan persyaratan kualitas produk dan parameter desain yang sesuai dengan persyaratan proses produksi (Bergman dan Klessjo, 1994).

QFD merupakan alat bantu yang baik dalam berkomunikasi, disebabkan penerapan keterlibatan antar bagian dalam organisasi untuk bekerjasama menghasilkan kualitas produk atau jasa yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan konsumen. Dalam prakteknya, QFD bersandar pada interaksi yang membangun antara bagian-

bagian desain, pemasaran, produksi serta rekayasa teknik. Fungsi silang QFD dapat diterapkan melalui bagian-bagian tersebut hingga menghasilkan suatu keluaran yang baik. Umpan balik konsumen diperlukan guna membuat keputusan perancangan, pemasaran dan desain.

QFD digunakan untuk memastikan bahwa perusahaan berusaha memusatkan perhatiannya terhadap kebutuhan konsumen sebelum setiap perancangan pekerjaan dilakukan (Tjiptono dan Diana, 1995). Hal ini dimaksudkan untuk menghindari produk atau jasa jatuh di pasaran akibat tidak ditemukannya pasar yang tepat. Penerapan QFD dalam suatu sistem perancangan produk memberikan dampak positif dalam mereduksi biaya perancangan, memperpendek *time to market* serta meningkatkan kesesuaian produk yang dihasilkan terhadap kebutuhan dan keinginan konsumen.

Pengaruh besar yang dimiliki QFD membuat perusahaan-perusahaan yang menerapkan metode tersebut mendapat keuntungan yang kompetitif dalam pasar. Menurut Cohen (1995), memproduksi barang atau jasa baru merupakan salah satu langkah penting dalam memenangkan kompetisi. Pekerjaan merancang, memproduksi hingga produk dilepas di pasar disebut "siklus pengembangan produk". Usaha untuk mempersingkat siklus tersebut berarti penghematan biaya dan waktu pengembangan produk bagi organisasi guna menghadapi persaingan dalam dunia usaha.

Alat pokok yang digunakan dalam QFD adalah "Rumah Kualitas" (*House of Quality/HOQ*). HOQ menunjukkan hubungan antara kebutuhan-kebutuhan konsumen yang ditranslasikan menjadi atribut-atribut teknis, sehingga dapat dikatakan bahwa HOQ merupakan inti dari QFD. HOQ merupakan gabungan dari beberapa matriks yang saling berhubungan satu dengan lainnya (Cohen, 1995).

QFD pada saat ini telah banyak digunakan dalam industri guna meningkatkan perencanaan produk serta pengembangan proses dan produk itu sendiri. Di Jepang, tempat kelahiran QFD, telah dibuktikan keandalan metode ini dalam mereduksi biaya. Berita sukses terbetik dari USA, dan beberapa negara di Swedia. Dengan pengembangan proses dan produk yang sesuai dengan keinginan konsumen, maka memungkinkan pengurangan resiko kesalahan "*miss product*" setelah di pasar. Philips, Electrolux, Procter and Gamble, DEC, Hewlett Packard, Polaroid, Ford, Chrysler, General Motor, merupakan sedikit perusahaan dari sekian banyak perusahaan dunia yang terus menggunakan dan mengembangkan QFD. Bahkan perusahaan-perusahaan di Jepang terus mengembangkan metode tersebut dan menjadi ahli di bidangnya. Penggunaan QFD pada perusahaan-perusahaan

Jepang telah menyebabkan menjadi pemain tunggal nomor satu dalam bisnis ekspor yang melebihi Amerika Serikat. Secara umum proses (QFD) adalah sebagai berikut :

- Identifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen
- Hubungan antara kebutuhan konsumen dan karakteristik perancangan teknis Hubungan antar karakteristik perancangan teknis
- Evaluasi kompetitif terhadap produk pesaing
- Menghubungkan setiap karakteristik teknis dan karakteristik komponen Menghubungkan karakteristik teknis dan karakteristik komponen
- Menghubungkan proses operasi dengan parameter kontrol
- Implementasi dan perbaikan kontinyu.

a. Voice of Customer

1. Klasifikasi Kebutuhan-kebutuhan Pelanggan

Menurut Robert Klein, ilmuwan pemasaran terapan, terdapat dua cara untuk mengukur kepentingan dari kebutuhan dan keinginan pelanggan (*atributes*), yaitu dengan menanyakan langsung pada pelanggan atau dengan menduga kepentingan tersebut dari kata-kata lainnya.

2. Mengumpulkan Data Kualitatif

Untuk membuat keputusan perancangan yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan, pengembang produk harus mengerti kebutuhan sesungguhnya dan pelanggan, yang biasanya terkubur di bawah permukaan dari permintaan-permintaan mereka. Dan mereka harus bisa membedakan kebutuhan pelanggan sesungguhnya dengan solusi teknisnya.

b. Mengembangkan Rumah Kualitas

Urutan yang paling berguna dalam membuat Rumah Kualitas menurut Cohen adalah sebagai berikut

1. Tahap 1, Matriks Kebutuhan Pelanggan.
2. Tahap II, Matriks Perencanaan.
3. Tahap III, Respon Teknis.
4. Tahap IV, Menentukan, Hubungan Respon Teknis dengan Kebutuhan Pelanggan.
5. Tahap V, Korelasi Teknis.
6. Tahap VI, Benchmarking dan Penetapan Target.

c. Matriks Perencanaan

Sekali terbentuk diagram aktivitas maka siap untuk mengkuantifikasi data. Data yang dibutuhkan adalah :

- Kepentingan relatif dari kebutuhan-kebutuhan tersebut
 - Tingkat performansi kepuasan pelanggan untuk masing-masing kebutuhan
 - Tingkat kompetisi performansi kepuasan pelanggan untuk masing-masing kebutuhan.
- Secara umum data ini diperoleh dari survei, maka perlu memperhatikan beberapa hal, yaitu

- Pemilihan sampel yang tepat dan ukuran sampel
- Menjamin respon yang memadai
- Menuliskan pertanyaan-pertanyaan survei untuk menghindari kekeliruan
- Analisa hasil-hasilnya

d. Priority to Technical Descriptors

Prioritas ini berisikan tingkat kesukaran teknik, nilai target, berat absolut. Beberapa bagan perencanaan rumah kualitas yang lain dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kepuasan konsumen, beberapa di antaranya

- Bagan kualitas permintaan menggunakan analisis pesaing untuk membangun titik penjualan.
- Bagan proses pengendali kualitas, digunakan untuk menunjukkan pengukuran alamiah dan pengkoreksian ketika suatu masalah timbul.
- Bagan penyebaran teknologi untuk mencari teknologi yang lebih tepat untuk operasi.

e. Brainstorming

Adalah upaya yang digunakan oleh tim gugus mutu untuk membangkitkan, mengklarifikasi dan mengevaluasi dengan cepat kumpulan dari ide, masalah, isu dan lain-lainnya, di mana titik pokok dari *brainstorming* ini adalah pada kuantitas, ide dan bukannya pada kualitas ide yang dihasilkan. *Brainstorming* terdiri dari tiga fase yaitu fase pembangkitan ide, fase klarifikasi dan fase evaluasi. Menurut Reny Rosita dkk (2001) untuk mencapai hasil yang optimal dalam penerapan metode QFD, diperlukan kriteria validasi input, yaitu : *Right customer*, *Right competitor*, *Right engineer* dan *Right correlat*.

Gambar 2.2 house of quality (HOQ)

Keterangan:

Bagian A : Merupakan data keinginan dan harapan konsumen (Identify Customer Needs)

Bagian B : Matriks perencanaan produk berdasarkan hasil riset pasar dan perencanaan strategi.

Bagian C : Respon Teknik, berisi deskripsi teknis dari matriks A

Bagian D : Hubungan (relationship), berisi penilaian tim tentang hubungan antara pengaruh respon teknik terhadap identifikasi kebutuhan pelanggan.

Bagian E : Matriks Korelasi Teknis, berisi penilaian tim tentang hubungan implementasi antar elemen pada respon teknis.

Bagian F : Matriks teknis, berisi prioritas respon teknis, perbandingan performance teknis, target teknis.

What's umumnya suara pelanggan dan dikembangkan atau diterjemahkan ke dalam bahasa baru sebagai langkah awal suatu tindakan. Matriks central relationship adalah inti dari diagram kualitas. Di situ *What's* disesuaikan dengan *How's* dan setiap kebutuhan pelanggan secara sistematis disusun berdasarkan kebutuhan desain teknis.

Fuzzy Set

Pencetus gagasan fuzzy adalah Pror. L. a. Zadeh tahun 1965 dari California University. Zadeh memodifikasi teori himpunan dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 sampai 1. Himpunan ini disebut Himpunan Kabur. Pada prinsipnya himpunan fuzzy adalah perluasan himpunan crisp, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu kedalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota

Dalam kondisi nyata, beberapa aspek dalam dunia nyata selalu atau biasa berada diluar model matematis dan bersifat *inexact*. Ketidak pastian inilah yang menjadi dasar munculnya logika fuzzy.

Dikenal dua sumber informasi yaitu pengukuran numerik dari suatu variabel, dan pakar (manusia) yang memberikan instruksi dan deskripsi tentang sistem secara linguistik.

Informasi numerik dinyatakan dalam bilangan, sedangkan informasi linguistik dinyatakan dalam kata-kata. Pendekatan dalam rekayasa yang kontroversial hanya memanfaatkan informasi numerik dan mengalami kesulitan dalam memanfaatkan informasi linguistik.

Kata "Fuzzy" umumnya mengarah pada situasi dimana tidak ada batas dari aktivitas dan penilaian yang dapat didefinisikan secara tepat

Dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan dimana deskripsi aktivitas, observasi dan penilaian adalah subyektif, tidak pasti dan tidak presisi

Teori tentang fuzzy set dinyatakan dengan subset A dari semesta X, dimana transisi antara keanggotaan penuh dan bukan anggota lebih bersifat gradual (berderajat)

Sebuah nilai dalam interval [0,1] mempunyai derajat keanggotaan ($= \mu_x$) dari salah satu anggota himpunan fuzzy (x) dikatakan bahwa himpunan

fuzzy dipetakan ke nilai-nilai dalam interval [0,1] oleh fungsi μ , (L.K. Chan, et al 1999).

Integrasi FUZZY-QFD

Kumpulkan data melalui penyebaran kuesioner, selanjutnya dilakukan proses fuzzyfikasi berikutnya dengan pembentukan *Triangular Fuzzy Number* nilai persepsi dan ekspektasi pelanggan dihitung dengan cara sebagai berikut:

- Tentukan nilai rata-rata dari setiap variabel linguistik untuk kriteria ke-i dan jadikan nilai rata-rata tersebut sebagai nilai b_i .

Keterangan:

- ✓ i = kriteria (1,2,3,.....m)
- ✓ j = linguistik variabel (1,2,3,.....k)

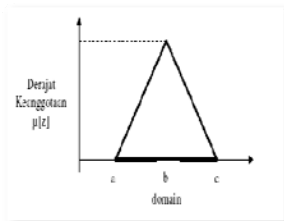
- Kemudian bentuk TFNs dengan nilai $a_{ij} = b_i(j-i)$ dan $c_{ij} = b_i(j+1)$.

- Tentukan nilai a_i . b_i . c_i untuk setiap setiap kriteria dengan cara sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum b_i(k-1) * n_k}{\sum n_k}$$

$$b = \frac{\sum (b_{ik} * n_k)}{\sum n_k}$$

$$c = \frac{\sum b_i(k+1) * n_k}{\sum n_k}$$



- Defuzzifikasi*, Setelah masing-masing kriteria didapatkan selisihnya, maka pada tahap ketiga adalah melakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan suatu nilai tunggal yang representatif dengan menggunakan *Arithmetic Mean* yang diformulasikan sebagai berikut:

$$\mu A \cap B = (\mu A[x] + \mu B[y])/2$$

Kepuasan Konsumen

Pada hakikatnya tujuan bisnis adalah menciptakan dan mempertahankan konsumen. Oleh karena itu hanya dengan memahami proses dan pelanggan, maka organisasi dapat menyadari dan menghargai makna kualitas. Kepuasan pelanggan adalah perbandingan antara persepsinya terhadap jasa yang diterima dengan harapannya sebelum menggunakan jasa tersebut (Jafar, 2005 : 49). Adanya kepuasan pelanggan dapat memberikan beberapa manfaat, diantaranya (Tjiptono,1994,p.9) :

- 1.Hubungan antara perusahaan dan para pelanggannya menjadi harmonis.

- 2.Memberikan dasar yang baik bagi pembelian ulang.

3. Dapat mendorong terciptanya loyalitas pelanggan.

- 4.Membentuk suatu rekomendasi dari mulut ke mulut (*word-of-mouth*) yang menguntungkan bagi perusahaan.

- 5.Reputasi perusahaan menjadi lebih baik dimata pelanggan.

6. Laba yang diperoleh dapat meningkat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan ialah data-data yang bersifat kualitatif, yaitu informasi mengenai produk layanan dari TU FTI Universitas Mercu Buana. Konsumen TU FTI antara lain adalah mahasiswa fakultas teknik dan staf akademik FTI Universitas Mercu Buana. Atribut-atribut tersebut adalah atribut yang mempengaruhi kepuasan konsumen. Untuk menentukan atribut-atribut pendukung dimensi

kualitas yang diinginkan oleh konsumen dilakukan dengan cara wawancara dan kuesioner. Dimensi kualitas tersebut adalah *Tangible*, *Reliability*, *Responsiveness*, *Assurance*, *Empathy*. Kelima dimensi kualitas tersebut dimasukan kedalam prakuesioner kemudian disebarkan kepada 25 responden.

Tabel 4.1 Kriteria Kepuasan Konsumen Berdasarkan Dimensi Kualitas

No.	Atribut Kualitas
TANGIBLE	
(bukti fisik dari jasa yang meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, pegawai dan sarana komunikasi)	
1	Kebersihan dan kenyamanan loket
2	Materi yang berkaitan dengan pelayanan (pamflet, banner, dll) menarik untuk dilihat
3	Jumlah Server
4	Tata letak loket yang baik
5	Karyawan berpakaian rapi dan seragam

Penyebaran kuesioner dilakukan kepada konsumen atau customer TU FTI secara keseluruhan, dan dari penyebaran kuesioner kepada 25 responden didapatkan hasil yang bias dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Penyebaran Kuesioner

No.	Atribut Kualitas	Jumlah Konsumen yang Setuju
TANGIBLE		
(bukti fisik dari jasa yang meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, pegawai dan sarana komunikasi)		
1	Kebersihan dan kenyamanan loket	16
2	Materi yang berkaitan dengan pelayanan (pamflet, banner, dll) menarik untuk dilihat	15
3	Jumlah Server	17
4	Tata letak loket yang baik	18
5	Karyawan berpakaian rapi dan seragam	15
RELIABILITY		
(keinginan para staff untuk membantu para pelanggan dan memberikan pelayanan dengan tanggap / cepat, yang meliputi keramahan, kesigapan karyawan dalam melayani pelanggan,		
7	Keramahan Server	16
8	Kecepatan waktu server melayani customer	12
9	Keakuratan dan kesesuaian permintaan customer	19
10	Kesiapan karyawan dalam menangani keluhan konsumen	20
11	Keandalan kualitas hasil perbaikan / keluhan konsumen	23
12	Kemudahan melakukan komplain pelayanan	20
RESPONSIVENESS		
(yang dijanjikan dengan segera dan akurat)		
13	Kemampuan dan kecekatan karyawan menyelesaikan permintaan customer	16
14	Kemampuan dan kecekatan karyawan menyelesaikan komplain	10
15	Adanya informasi kerusakan jaringan pelayanan	19
17	Kecepatan tanggap karyawan menanggapi keluhan konsumen	11

Setelah menentukan criteria kepuasan pelanggan, maka selanjutnya dilakukan penyebaran kuesioner terhadap tingkat kepentingan pelanggan terhadap dimensi kualitas yang ada. Teknik penarikan sampling adalah cara menentukan sampel yang jumlahnya sesuai dengan sampel yang akan dijadikan sumber data sebenarnya. Dengan memperhatikan sifat dan

penyebaran populasi sehingga didapatkan sampel yang benar-benar mewakili populasi.

Responden yang diambil adalah konsumen dari TU FTI Universitas Mercu Buana yang dipilih secara random tidak berdasarkan kategori tertentu. Jumlah responden ditentukan dengan rumus :

$$n = [p \times (1 - p) \times (z^{\alpha/2})] / D^2$$

(sumber : Bhattacharyya, 1977)

Dengan: n = jumlah sampel yang dibutuhkan

p = proporsi populasi, jika tidak diketahui gunakan 0,5

D = kesalahan maksimum yang diijinkan, diasumsikan 15%

Untuk α 10% maka nilai $z_{\alpha/2}$ adalah 1,645, maka banyaknya sampel adalah :

$$n = [p \times (1 - p) \times (z^{\alpha/2})] / D^2$$

$$n = [0.5 \times (1 - 0.5) \times (1.645)] / 0.15^2$$

$$n = 29.41$$

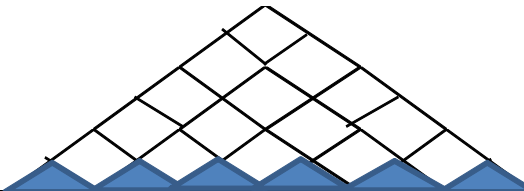
$$\approx 30$$

Responden yang diambil 30 orang.

Perhitungan QFD

Langkah awal dalam perhitungan QFD yang diintegrasikan dengan Fuzzy adalah menetapkan nilai yang didapatkan dari proses Defuzzyfikasi menjadi *Relative Importance Indeks*, kemudian tentukan Technical Requirement sebagai upaya untuk melakukan perbaikan atas atribut yang diinginkan oleh konsumen. Perhitungan QFD bias dilihat pada tabel 4.12 House Of Quality.

Tabel 4.2 House Of Quality

Product Attribut	Relative Improvement Index							Bobot
		Pemeriksaan Kebersihan	Pakaian Seragam	Pembuatan Banner	Training Karyawan	Kotak Saran	Performa Measurement	
1	2.00	56.35 						6.26
2	1.67			52.10 		5.79 		5.79
3	2.33		15.90 		15.90 			5.30
4	2.67	17.62 				17.62 		5.87
5	3.00		52.77 				5.86 	5.86
6	3.67				51.10 			5.68
7	4.00				16.46 		16.46 	5.49
8	4.00				16.91 			5.64
9	4.33				16.87 		16.87 	5.62
10	4.67				5.68 			5.68
11	5.33						50.03 	5.56
12	4.00					16.32 		5.44
13	4.33					16.58 		5.53
14	4.67			11.85 				3.95
15	5.00			17.08 				5.69
16	5.33				5.36 			5.36
17	5.67		5.68 		17.05 			5.68
18	6.00		5.61 					5.61
Sum Score		73.97	79.96	81.04	161.90	39.72	89.21	525.80
Priority (%)		14.07	15.21	15.41	30.79	7.55	16.97	100.00

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perhitungan HOQ dan penetapan technical requirement didapatkan poin-poin prioritas technical requirement yang harus diperhatikan oleh pimpinan sebagai acuan untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas pelayanan. Technical requirement yang menjadi prioritas disini adalah pakaian seragam, pembuatan banner, training karyawan, dan performa measurement dengan masing-masing bobot prioritas adalah 15.21%, 15.41%, 30.79%, dan 16.97%. secara tabulasi dapat dilihat pada tabel 5.4

Tabel 5.4 faktor bobot prioritas

Sum Score		73.97	79.96	81.04	161.90	39.72	89.21	525.80
Priority (%)		14.07	15.21	15.41	30.79	7.55	16.97	100.00

KUTIPAN DAN DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basterfield, Dale H, 1995, Total Quality Management, Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey
- [2] Berman, Berry and Evans, K. Joel., (1992) *Retail Management*, South Western Publishing Co, Ohio USA.
- [3] Cohen, Lou, 1995, Quality Function Deployment: How To Make Qfd Work For You, Addison Welley Publishing Company, Massahcuset.
- [4] Fandy Tjiptono., (1996) *Total Quality Management*, Edisi 2, Andi Offset Jogja.
- [5] Fandy Tjiptono, (2006) *Manajemen Jasa*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- [6] J. Supranto, (2006) *Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan Untuk Menaikan Pangas Pasar*, Penerbit Rineka Cipta.
- [7] Love Lock, C.H., (1988) *Managing Service : Marketing, Operation and Human Resource*, Englewood Cliff, New Jersey, Prentice Hall.
- [8] Lusch, F. Robert, and Dunne, Patrick., (1990) *Retail Management*, South Western Publishing Co, Ohio USA.
- [9] Mc Carthy., E. Jerome and Perrcault, D. William., (1984) *Basic Marketing*, Eight Edition, Illionis, Richard D.Irwin, Inc.
- [10] Parasuraman, A. Zeithmal and Berry L. Leonard (1993) *Delivering Quality Service Balancing Customer Perception and Expectation*, The Free Press, New York.
- [11] Ulrich, Karl, T, Epingen Steven D, 2001, *Product Design And Development*, Mc Graw Hill Inc, Pennsylvania.

Analisis Servqual Untuk Meningkatkan Kualitas Layanan Prima

Amin Syukron¹

Jurusan Teknik Industri, Universitas Mercu Buana¹

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650 (11 pt Italic)

E-mail : amin_sykron@yahoo.com¹

Abstrak--Usaha untuk meningkatkan pelayanan kualitas pada masa sekarang ini merupakan kebutuhan pokok bagi semua unit usaha baik itu jasa maupun manufaktur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas layanan dengan menelusuri gap yang terjadi antara persepsi dan harapan pelanggan serta persepsi dari manajemen. Atribut pelayanan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan atas hasil kuesioner tingkat kepentingan yang disebarkan kepada responden. Dari 24 atribut didapatkan 18 atribut kualitas layanan prima. Hasil dari pengolahan menemukan terjadi gap yang signifikan yaitu gap satu yang terjadi karena adanya selisih negative antara harapan konsumen dengan persepsi manajemen dan hgap 5 yaitu yang terjadi karena selisih antara harapan konsumen dengan persepsi konsumen.

Kata Kunci : Servqual, kualitas layanan, gap, dimensi kualitas

I. PENDAHULUAN

Pelayanan prima (Quality services) merupakan salah satu kunci bagi kelangsungan hidup perusahaan atau organisasi. Perguruan tinggi merupakan organisasi yang aktivitasnya terkonsentrasikan pada aktivitas pelayanan, maka dari itu tidak bisa dipungkiri perguruan tinggi harus memperhatikan pelayanan yang prima kepada konsumennya. Konsumen perguruan tinggi tidak hanya mahasiswa melainkan juga dosen, karyawan administrasi, dan perusahaan. Isu pelayanan prima berhubungan erat dengan isu perlindungan terhadap konsumen, setiap organisasi wajib berbenah diri terhadap produk atau jasa yang ditawarkan kepada konsumen. Hal ini disikapi oleh setiap organisasi dengan berlomba-lomba mendapatkan sertifikasi dari badan standarisasi kualitas baik itu jasa maupun manufaktur. Apakah badan penyelenggara pendidikan juga perlu standarisasi tersebut? Mengacu pada pada ketentuan Direktur Jendral Pendidikan Tinggi (DIKTI) dalam HELTS (*Higger Education Long Term Strategy*) 2003-2010 mengenai otonomi perguruan tinggi dalam bentuk perubahan status PTN menjadi Perguruan Tinggi Berbadan Hukum Pendidikan Milik Negara (PTBHP-MN) yang artinya badan penyelenggara pendidikan juga

harus memberikan pelayanan dalam bentuk produk-produk pendidikan yang terstandarisasi.

Kepuasan konsumen sangat dipengaruhi oleh kualitas layanan yang diberikan oleh perusahaan (provider) dalam hal ini adalah pihak *front liner*, yaitu pihak yang langsung melakukan kontak langsung dengan konsumen dalam memberikan pelayanannya. Kualitas layanan yang diterima oleh konsumen akan menimbulkan suatu persepsi konsumen, persepsi konsumen adalah perasaan konsumen terhadap layanan yang telah diterimanya yang sebelumnya konsumen mempunyai harapan akan layanan yang akan diterimanya.

Dengan mengukur kepuasan konsumen, diharapkan perusahaan dapat meningkatkan pengetahuan tentang konsumennya, mengerti apa yang dirasakan oleh konsumen dan mengembangkan apa yang diharapkan oleh konsumen. Maka, suatu perusahaan yang mengenal apa, bagaimana konsumennya dapat memberikan layanan yang memuaskan dan memberikan manfaat yang sangat besar untuk kedua belah pihak, yaitu konsumen merasa sangat puas dan perusahaan mempunyai loyalitas konsumen yang tinggi dan hal itu secara tidak langsung dapat meningkatkan profit.

Untuk meningkatkan loyalitas konsumen yang secara tidak langsung dapat meningkatkan profit perguruan tinggi, peneliti akan melakukan penelitian tentang gap antara persepsi dan harapan konsumen terhadap pelayanan yang dirasakan dan mendisain pelayanan yang diinginkan oleh konsumen

II. LANDASAN TOERI

Definisi kualitas jasa berpusat pada upaya pemenuhan kebutuhan dan keinginan pelanggan serta ketepatan penyampaian untuk mengimbangi harapan pelanggan (Nasution, 2004:47). Menurut Lewis dan Booms (1983) (dalam Tjiptono, 2005), kualitas jasa (*service quality*) sebagai ukuran seberapa bagus tingkat layanan yang diberikan mampu sesuai dengan ekspektasi pelanggan. Kualitas layanan adalah ketidaksesuaian antara harapan konsumen dan persepsi konsumen (Berry, Zeithaml, Parasuraman, 1990 : 19).

Apabila jasa yang diterima atau dirasakan (*perceived service*) sesuai dengan yang diharapkan, maka kualitas jasa dipersepsikan baik dan memuaskan. Jika jasa yang diterima melampaui harapan pelanggan, maka kualitas jasa dipersepsikan sebagai kualitas ideal. Sebaliknya jika jasa yang diterima lebih rendah daripada yang diharapkan, maka kualitas jasa dipersepsikan buruk. Dengan demikian baik tidaknya kualitas jasa tergantung pada kemampuan penyedia jasa dalam memenuhi harapan pelanggan secara konsisten (dikutip dalam : Tjiptono, 1996 : 60)

Kualitas layanan (*Service Quality*) menurut Parasuraman dapat didefinisikan sebagai seberapa jauh perbedaan antara kenyataan dan harapan para pelanggan atas layanan yang mereka peroleh atau terima. Sedangkan menurut Wyekof (dalam Lovelock, 1988) kualitas layanan dapat didefinisikan sebagai tingkat keunggulan yang diharapkan dan pengendalian atas tingkat keunggulan tersebut untuk memenuhi keinginan pelanggan.

Dari kedua definisi di atas, maka kualitas layanan dapat didefinisikan sebagai segala sesuatu yang memfokuskan pada usaha untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen yang disertai dengan ketepatan dalam menyampaikannya sehingga tercipta kesesuaian yang berimbang dengan harapan konsumen. Kotler (1995) menyatakan bahwa kepuasan pelanggan adalah tingkat perasaan seseorang setelah membandingkan kinerja (atau hasil) yang dirasakan dibandingkan dengan harapannya.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dua faktor utama yang mempengaruhi kualitas layanan antara lain : layanan yang diharapkan dan layanan yang diterima. Kualitas layanan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu : kualitas layanan yang memuaskan (bila layanan yang diterima sesuai dengan yang diharapkan), kualitas layanan buruk (bila kualitas layanan yang diterima lebih rendah dibandingkan dengan kualitas layanan yang diharapkan), kualitas layanan yang ideal (bila kualitas layanan yang diterima lebih tinggi dibandingkan dengan yang diharapkan).

Dimensi Kualitas Jasa (Servqual)

Terdapat lima dimensi utama yang disusun sesuai urutan tingkat kepentingan relatifnya sebagai berikut : (Parasuraman, Berry, Zeithaml, 1990 : 26), yaitu :

1. Reliabilitas (*reliability*), berkaitan dengan kemampuan perusahaan untuk memberikan layanan yang akurat sejak pertama kali tanpa membuat kesalahan apapun dan menyampaikan jasanya sesuai dengan waktu yang disepakati.
2. Daya tanggap (*responsiveness*), berkenaan dengan kesediaan dan kemampuan para karyawan untuk membantu para pelanggan dan merespon permintaan mereka, serta menginformasikan kapan

jasa akan diberikan dan kemudian memberikan jasa secara cepat.

3. Jaminan (*assurance*), yakni perilaku para karyawan mampu menumbuhkan kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan, dan perusahaan bisa menciptakan rasa aman bagi para pelanggannya. Jaminan juga berarti bahwa karyawan selalu bersikap sopan dan menguasai pengetahuan dan ketrampilan yang dibutuhkan untuk menangani setiap pertanyaan atau masalah pelanggan.

4. Empati (*empathy*), berarti perusahaan memahami masalah para pelanggannya dan bertindak demi kepentingan pelanggan, serta memberikan perhatian personal kepada pelanggan dan memiliki jam operasi yang nyaman.

5. Bukti fisik (*tangibles*), berkenaan dengan daya tarik fasilitas, perlengkapan, dan material yang digunakan perusahaan, serta penampilan karyawan.

Model Service Quality (SERVQUAL)

Model kualitas jasa yang paling populer hingga kini banyak dijadikan acuan dalam riset manajemen dan pemasaran adalah model SERVQUAL (*service quality*). Model ini dikembangkan dengan maksud untuk membantu para manajer dalam menganalisis sumber masalah kualitas dan memahami cara-cara memperbaiki kualitas (Tjiptono, 2005: 145). Model yang dikembangkan oleh Zeithaml et al (1990 : 45-46) yaitu model *service quality* (Servqual) dapat dilihat pada gambar 2.1.

Gambar 2.1 : Model Konseptual SERVQUAL ; sumber dari Zeithaml, et al. (1990)

Keterangan :

Garis putus-putus horizontal memisahkan dua fenomena utama, pada bagian atas berkaitan dengan pelanggan dan bagian bawah berkaitan dengan perusahaan atau penyedia jasa.

Dalam penelitiannya, Parasuraman, et al., (1994) dalam Nasution, 2004 : 63) mengidentifikasi lima kesenjangan (*Gap*) yang menyebabkan kegagalan penyampaian jasa. Lima *Gap* utama tersebut adalah:

1. *Gap* antara harapan pelanggan dan persepsi manajemen (*knowledge Gap*)
Gap ini berarti bahwa pihak manajemen mempersepsikan ekspektasi pelanggan terhadap kualitas jasa secara tidak akurat. Akibatnya manajemen tidak mengetahui bagaimana suatu jasa seharusnya di desain, dan jasa-jasa pendukung sekunder apa saja yang diinginkan konsumen.
2. *Gap* antara persepsi manajemen terhadap harapan konsumen dan spesifikasi kualitas jasa (*standards Gap*).
Gap ini berarti bahwa spesifikasi kualitas jasa tidak konsisten dengan persepsi manajemen terhadap ekspektasi kualitas. Kadangkala manajemen mampu memahami secara tepat apa yang diinginkan pelanggan, tetapi mereka tidak menyusun suatu standard kinerja tertentu yang jelas. Hal ini dikarenakan tiga faktor, yaitu : tidak adanya komitmen total manajemen terhadap kualitas jasa, kekurangan sumberdaya, adanya kelebihan permintaan.
3. *Gap* antara spesifikasi kualitas jasa dan penyampaian jasa (*delivery Gap*)
Gap ini berarti bahwa spesifikasi kualitas tidak terpenuhi oleh kinerja dalam proses produksi dan penyampaian jasa.
4. *Gap* antara penyampaian jasa dan komunikasi eksternal (*communications Gap*)
Gap ini berarti bahwa janji-janji yang disampaikan melalui aktivitas komunikasi pemasaran tidak konsisten dengan jasa yang disampaikan kepada para pelanggan. Kecenderungan untuk melakukan "over promise" dan "under deliver".
5. *Gap* antara jasa yang dipersepsikan dan jasa yang diharapkan (*service Gap*)
Gap ini berarti bahwa jasa yang dipersepsikan tidak konsisten dengan jasa yang diharapkan. *Gap* ini terjadi apabila pelanggan mengukur kinerja atau prestasi perusahaan berdasarkan kriteria yang berbeda, atau bisa juga mereka keliru menginterpretasikan kualitas jasa yang bersangkutan.

Menurut Tjiptono (1996), harapan pelanggan dapat didefinisikan sebagai perkiraan atau keyakinan pelanggan tentang apa yang akan diterimanya bila ia membeli atau mengkonsumsi suatu produk atau jasa. Menurut Olsen dan Dover (dalam Zethaml et.al, 1993), harapan pelanggan didefinisikan sebagai keyakinan pelanggan sebelum mencoba atau membeli suatu produk, yang dijadikan standar atau acuan dalam menilai kinerja produk tersebut. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa harapan pelanggan merupakan

suatu nilai kegunaan yang diperkirakan dalam suatu jasa ataupun produk sebelum digunakan.

Persepsi Terhadap Kualitas Layanan

Persepsi dapat didefinisikan sebagai proses pelanggan dalam memilih, mengatur dan menginterpretasikan stimuli menjadi berarti dan merupakan gambaran secara koheren terhadap dunia sekelilingnya. Selain itu persepsi pelanggan terhadap kualitas layanan dapat dikatakan sebagai penilaian menyeluruh atas keunggulan suatu jasa, yang artinya pelanggan tidak mengevaluasi kualitas layanan semata-mata hanya berdasarkan kepada hasil akhir dari service tetapi mereka juga memperhatikan proses dari pelaksanaan service.

Persepsi pelanggan timbul setelah pelanggan sudah merasakan sesuatu yang sudah diterima dan sudah mengambil suatu kesimpulan dalam pikirannya (sudah menilai sesuatu yang dialami). Persepsi pelanggan mencerminkan kinerja perusahaan penyedia jasa. Citra kualitas yang baik bukanlah berdasarkan sudut pandang atau persepsi penyedia jasa melainkan berdasarkan sudut pandang atau persepsi pelanggan. Hal ini dapat terjadi karena pelangganlah yang mengkonsumsi dan menikmati jasa perusahaan, sehingga merekalah yang seharusnya menentukan kualitas layanan jasa yang diterimanya.

Pengukuran service quality (servqual)

Pengukuran kualitas jasa dalam model servqual didasarkan pada skala multi item yang dirancang untuk mengukur harapan dan persepsi konsumen, serta *Gap* di antara keduanya pada lima dimensi utama kualitas jasa (servqual). Evaluasi kualitas jasa menggunakan model servqual mencakup perhitungan perbedaan di antara nilai yang diberikan para konsumen untuk setiap pasang pernyataan yang berkaitan dengan harapan dan persepsi. Skor servqual untuk setiap pasang pernyataan, baik masing-masing konsumen dapat dihitung berdasarkan berikut (Zeithaml, et al., 1990 : 176), yaitu :

$$\text{SERVQUAL Scores} = \text{Perception Scores} - \text{Expectation Scores}$$

Kepuasan Konsumen

Pada hakikatnya tujuan bisnis adalah menciptakan dan mempertahankan konsumen. Oleh karena itu hanya dengan memahami proses dan pelanggan, maka organisasi dapat menyadari dan menghargai makna kualitas. Kepuasan pelanggan adalah perbandingan antara persepsinya terhadap jasa yang diterima dengan harapannya sebelum menggunakan jasa tersebut (Jafar, 2005 : 49). Adanya kepuasan pelanggan dapat memberikan beberapa manfaat, diantaranya (Tjiptono, 1994, p.9) :

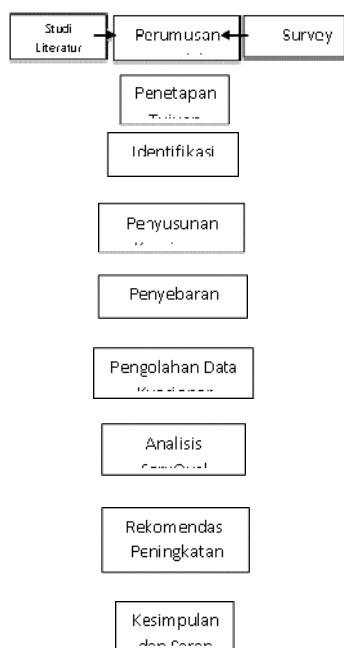
1. Hubungan antara perusahaan dan para pelanggannya menjadi harmonis.

2. Memberikan dasar yang baik bagi pembelian ulang.
3. Dapat mendorong terciptanya loyalitas pelanggan.
4. Membentuk suatu rekomendasi dari mulut ke mulut (*word-of-mouth*) yang menguntungkan bagi perusahaan.
5. Reputasi perusahaan menjadi lebih baik dimata pelanggan.
6. Laba yang diperoleh dapat meningkat.

Isi makalah terdiri dari 2 (dua) kolom, dengan batas antar kolom 5 mm. Makalah **haruslah** dituliskan menggunakan peranti lunak pengolahan kata MS Word 2003 (doc atau rtf).

Mohon untuk tidak menuliskan tambahan pada bagian *header* dan atau *footer* serta halaman (*page*). Nama penulis ditulis tanpa gelar dan jabatan.

III. METODOLOGI PENELITIAN



IV. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan ialah data-data yang bersifat kualitatif, yaitu informasi mengenai produk layanan dari TU FTI Universitas Mercu Buana. Konsumen TU FTI antara lain adalah mahasiswa fakultas teknik dan staf akademik FTI Universitas Mercu Buana. Atribut-atribut tersebut adalah atribut yang mempengaruhi kepuasan konsumen. Untuk menentukan atribut-atribut pendukung dimensi kualitas yang diinginkan oleh konsumen dilakukan dengan cara wawancara dan kuesioner. Dimensi

kualitas tersebut adalah *Tangible*, *Reliability*, *Responsiveness*, *Assurance*, *Empathy*. Kelima dimensi kualitas tersebut dimasukkan kedalam prakuesioner kemudian disebarikan kepada 25 responden.

Tabel 4.1 Kriteria Kepuasan Konsumen Berdasarkan Dimensi Kualitas

No.	Atribut Kualitas
TANGIBLE	
(bukti fisik dari jasa yang meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, pegawai dan sarana komunikasi)	
1	Kebersihan dan kenyamanan loket
2	Materi yang berkaitan dengan pelayanan (pamflet, banner, dll) menarik untuk dilihat
3	Jumlah Server
4	Tata letak loket yang baik
5	Karyawan berpakaian rapi dan seragam

Penyebaran kuesioner dilakukan kepada konsumen atau customer TU FTI secara keseluruhan, dan dari penyebaran kuesioner kepada 25 responden didapatkan hasil yang bias dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Penyebaran Kuesioner

No.	Atribut Kualitas	Jumlah Konsumen yang Setuju
TANGIBLE		
(bukti fisik dari jasa yang meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, pegawai dan sarana komunikasi)		
1	Kebersihan dan kenyamanan loket	16
2	Materi yang berkaitan dengan pelayanan (pamflet, banner, dll) menarik untuk dilihat	15
3	Jumlah Server	17
4	Tata letak loket yang baik	18
5	Karyawan berpakaian rapi dan seragam	15
RELIABILITY		
(keinginan para staff untuk membantu para pelanggan dan memberikan pelayanan dengan tanggap / cepat, yang meliputi keramahan, kesigapan karyawan dalam melayani pelanggan)		
7	Keramahan Server	16
8	Kecepatan waktu server melayani customer	12
9	Keakuratan dan kesesuaian permintaan customer	19
10	Kesiapan karyawan dalam menangani keluhan konsumen	20
11	Keandalan kualitas hasil perbaikan / keluhan konsumen	23
12	Kemudahan melakukan komplain pelayanan	20
RESPONSIVENESS		
(yang diujikan dengan segera dan akurat)		
13	Kemampuan dan kecekatan karyawan menyelesaikan permintaan customer	16
14	Kemampuan dan kecekatan karyawan menyelesaikan komplain	10
15	Adanya informasi kerusakan jaringan pelayanan	19
17	Kecepatan tanggap karyawan menanggapi keluhan konsumen	11

Setelah menentukan criteria kepuasan pelanggan, maka selanjutnya dilakukan penyebaran kuesioner terhadap tingkat kepentingan pelanggan terhadap dimensi kualitas yang ada. Teknik penarikan sampling adalah cara menentukan sampel yang jumlahnya sesuai dengan sampel yang akan dijadikan sumber data sebenarnya. Dengan memperhatikan sifat dan penyebaran populasi sehingga didapatkan sampel yang benar-benar mewakili populasi.

Responden yang diambil adalah konsumen dari TU FTI Universitas Mercu Buana yang dipilih secara random tidak berdasarkan kategori tertentu. Jumlah responden ditentukan dengan rumus :

$$n = \frac{p \times (1 - p) \times (z^2 / 2)}{D^2}$$

(sumber : Bhattacharyya, 1977)

Dengan: n = jumlah sampel yang dibutuhkan

p = proporsi populasi, jika tidak diketahui gunakan 0,5

D = kesalahan maksimum yang diijinkan, diasumsikan 15%

Untuk α 10% maka nilai $z \alpha/2$ adalah 1,645, maka banyaknya sampel adalah :

$$n = \frac{p \times (1 - p) \times (z^2 / 2)}{D^2}$$

$$n = \frac{0.5 \times (1 - 0.5) \times (1.645)^2}{0.15^2}$$

$$n = 29.41$$

≈ 30

Responden yang diambil 30 orang.

Perhitungan Servqual

Setelah kuesioner disebar, langkah selanjutnya mengolah data untuk mendapatkan nilai servqual yaitu selisih antara persepsi dan harapan pelanggan serta persepsi manajemen dengan harapan pelanggan sehingga bias diketahui gap yang terjadi. Ringkasan mengenai perhitungan servqual bias dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 perhitungan servqual

Dimensi / Kriteria	Nilai Persepsi	Nilai Harapan	Nilai SERVQUAL Tanpa Bobot	Bobot	Nilai SERVQUAL Terbobot	Persepsi Manajer	Gap persepsi manajer vs harapan konsumen
Tangibles							
1	3.30	4.33	-1.03	0.07	-0.07	4.00	-0.70
2	2.93	4.27	-1.33	0.05	-0.07	5.00	-2.07
3	3.43	4.53	-1.10	0.06	-0.07	3.00	0.43
4	3.07	4.57	-1.50	0.05	-0.08	4.00	-0.93
5	3.33	4.40	-1.07	0.05	-0.06	4.00	-0.67
Reliability							
6	2.93	4.20	-1.27	0.06	-0.08	4.00	-1.07
7	2.70	3.90	-1.20	0.05	-0.06	3.00	-0.30
8	2.53	3.97	-1.43	0.08	-0.12	5.00	-2.47
9	2.70	4.60	-1.90	0.05	-0.10	3.00	-0.30
10	2.57	4.50	-1.93	0.03	-0.06	5.00	-2.43
Responsiveness							
11	2.57	4.73	-2.17	0.06	-0.12	4.00	-1.43
12	2.37	4.60	-2.23	0.05	-0.11	4.00	-1.63
Assurance							
13	2.43	4.37	-1.93	0.06	-0.12	3.00	-0.57
14	2.40	3.90	-1.50	0.05	-0.08	5.00	-2.60
15	2.83	4.27	-1.43	0.05	-0.07	4.00	-1.17
Empathy							
16	2.20	3.50	-1.30	0.06	-0.07	3.00	-0.80
17	2.33	4.03	-1.70	0.06	-0.09	3.00	-0.67
18	2.37	4.07	-1.70	0.05	-0.09	3.00	-0.63

Pada tabel servqual di atas menunjukkan bahwa terjadi selisih bernilai negative pada semua variable kualitas pelayanan baik pada servqual terbobot maupun pada servqual persepsi manajer. Hal ini mengindikasikan terjadinya gap. Gap yang

bias langsung terlihat adalah gap 1 (gap yang terjadi karena adanya selisih negative antara persepsi manajemen dengan jasa yang diharapkan pelanggan) dan gap 5 (gap yang terjadi karena adanya selisih negative antara harapan pelanggan dengan persepsi pelanggan).

V. KESIMPULAN

- Dari hasil pengolahan data dan analisa hasil dapat ditarik kesimpulan bahwasannya terjadi gap disemua atribut layanan kualitas, namun yang palins signifikan disini adalah atribut nomor 2,8,11,12,13,dan 14.
- Atribut tersebut mengakibatkan adanya gap 1 dan gap lima, yaitu gap yang terjadi karena adanya perbedaan antara harapan konsumen dengan persepsi manajemen dan gap antara persepsi dan harapan konsumen.

VI. KUTIPAN DAN DAFTAR PUSTAKA

- Albrecht, K., (1992) *The only that matters : Bringing the Power of the Customer into the center of your Business*, Harper Business, New York.
- Basterfield, Dale H, 1995, *Total Quality Management*, Prentice Hall, Engliwood Cliff, New Jersey
- Berman, Berry and Evans, K. Joel., (1992) *Retail Management*, South Western Publishing Co, Ohio USA.
- Cohen, Lou, 1995, *Quality Function Deployment: How To Make Qfd Work For You*, Addison Welley Publising Company, Massahcuset.
- Cushway, Barry., (1994) *Manajemen Sumber Daya Manusia, Perencanaan, Analisis, Kinerja dan Penghargaan*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Fandy Tjiptono., (1996) *Total Quality Management*, Edisi 2, Andi Offset Jogya.
- Fandy Tjiptono dan Gregorius Chandra, (2005) *Service, Quality and Satisfaction*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Fandy Tjiptono, (2006) *Manajemen Jasa*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Fandy Tjiptono, (2005) *Prinsip-Prinsip Total Quality Service*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Farida Jafar, (2005) *Manajemen Jasa: Pendekatan Terpadu*, Ghalia Indonesia.
- Fitzsimmon dan Fitzsimmon (2001), *Service Management : Operation, Strategy and Information Technology*, International Editon, McGraw-Hill, New York.
- J. Supranto, (2006) *Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan Untuk Menaikan Pangas Pasar*, Penerbit Rineka Cipta.
- Kotler, Philip., (1995) *Manajemen Pemasaran : Analisis, Perencanaan, Implementasi dan Kontrol*, Edisi 9, PT.Prehallindo Jakarta.
- Kotler, Philip dan Gery Amstrong., (1994) *Dasar-Dasar Pemasaran, Jilid I dan II*, Edisi 6, Intermedia Jakarta.

Konsep dan Strategi Implementasi *Knowledge Management* di Industri Perawatan Pesawat Udara (Studi Kasus: PT.GMF AeroAsia)

Andi Fahrurrozi¹ dan Fidiarta Andika²

Learning Services & Knowledge Management, PT GMF AeroAsia¹

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana²

Soekarno-Hatta International Airport, Cengkareng – Indonesia 19100

E-mail : andi.f@gmf-aeroasia.co.id², fidiarta@gmail.com²

Abstrak -- Di era ekonomi berbasis pengetahuan, *Knowledge Management (KM)* menjadi salah satu pilihan untuk menjadikan organisasi/perusahaan menjadi lebih baik. Dalam implementasi *Knowledge Management* di perusahaan, diperlukan strategi yang tepat agar kegiatan *knowledge transfer* yang terjadi mampu memberikan nilai tambah bagi perusahaan. Karya ilmiah ini akan menjelaskan strategi implementasi *knowledge management* di industri perawatan pesawat terbang dengan kasus studi di GMF AeroAsia. Strategi implementasi *knowledge management* ini dimulai dengan membuat model untuk *knowledge transfer*, mendefinisikan *channel distribution knowledge* melalui *knowledge transfer flow* dan menentukan peran setiap level pegawai di perusahaan yang semuanya tertuang dalam *GMF AeroAsia Knowledge Management Blueprint dan Knowledge Policy*

Kata Kunci : Knowledge Management, Knowledge Transfer, Knowledge Management Blueprint, Knowledge Policy.

I. PENDAHULUAN

Dalam era ekonomi berbasis pengetahuan, *Knowledge Management (KM)* menjadi salah satu pilihan bagi perusahaan agar tetap bertahan di tengah kompetisi yang ketat, dengan selalu melakukan inovasi dan menciptakan nilai. Banyak definisi mengenai KM, diantaranya adalah untuk menciptakan nilai dengan mengembangkan asset *intangible* (Sveiby, 1997), Sveiby menyebut adanya *strategic knowledge issue* yaitu arus pengetahuan diantara tiga bagian utama; *people competence*; *internal structure* dan *external structure*. KM juga merupakan strategi untuk mendapatkan pengetahuan yang tepat dari orang yang tepat, di saat yang tepat, dan membantu orang untuk berbagi dan mengubah informasi menjadi tindakan yang bertujuan untuk meningkatkan performansi organisasi. (O'Dell & Grayson, 1998)

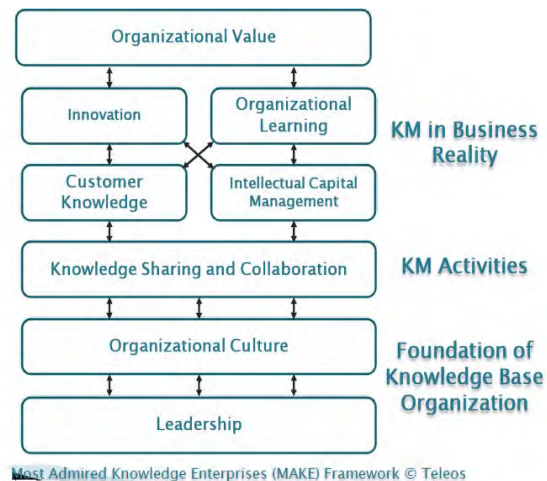
Knowledge transfer model terdiri dari tiga komponen utama yaitu *value preposition*, *enablers*

dan *steps change process* (O'Dell & Grayson, 1998). *Value preposition* bisa dibagi menjadi tiga kategori dasar:

- *Customer Intimacy*
- *Product-to-market excellence*
- *Operational Excellence*

Sedangkan *enablers* terdiri atas empat hal yaitu budaya, teknologi, infrastruktur dan pengukuran. Langkah-langkah proses perubahan dimulai dengan perencanaan, desain, implementasi dan memperbesar cakupan (*scale up*).

Program riset global MAKE (*Most Admired Knowledge Enterprise*) menggunakan delapan dimensi organisasi berbasis pengetahuan yang di dapat dari studi atas berbagai macam pendekatan dan pengetahuan (Fatwan & Denni, 2008). MAKE Framework dapat dilihat digambar 1 berikut



Gambar 1. MAKE Framework

GMF AeroAsia adalah perusahaan perawatan pesawat udara yang memiliki kompetensi inti di bidang *line maintenance*, *base maintenance*, *component maintenance*, *engine maintenance* dan *engineering services*. Implementasi KM menjadi sangat penting di industri perawatan pesawat udara

karena untuk mendidik dan menciptakan ahli perawatan pesawat udara diperlukan waktu yang tidak singkat dan banyak regulasi yang harus dipatuhi. Ketersediaan ahli pesawat terbang juga terbatas, sehingga implementasi KM diharapkan mampu mempercepat pengembangan ahli perawatan pesawat. Saat ini GMF AeroAsia sudah mendapatkan sertifikasi untuk melaksanakan perawatan pesawat terbang dari berbagai otoritas penerbangan sipil diantaranya dari DGCA Indonesia, FAA Amerika Serikat, dan EASA Uni Eropa.

Strategi implementasi KM dan inisiatif KM di GMF AeroAsia menggunakan pendekatan *knowledge transfer model* O'dell & Grayson dalam melakukan desain *GMF KM Model*, dan menggunakan pendekatan *MAKE Framework* dalam menyusun *GMF KM Blueprint* dan *Knowledge Policy*. *Blueprint* dan *policy* ini menjadi acuan dalam strategi implementasi KM di GMF AeroAsia

II. GMF KM MODEL

Misi dari implementasi KM di GMF AeroAsia adalah menjadi alat untuk percepatan pengembangan insan GMF, dengan menggunakan metodologi dan teknologi yang sesuai dan program perbaikan yang berkesinambungan. Untuk melaksanakan misi tersebut dirancang strategi implementasi yang dimulai dengan membuat GMF KM Model.

GMF KM Model dibuat dengan pendekatan *knowledge transfer model* O'Dell & Grayson. Dari tiga kategori dasar *value proposition*, GMF AeroAsia memprioritaskan *Operational Excellence* sebagai isu utama dengan mereduksi ongkos produksi, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan performance ke level yang lebih tinggi.

Empat *knowledge transfer enablers* di GMFAeroAsia adalah budaya, infrastruktur, teknologi dan pengukuran. Peningkatan budaya berbagi pengetahuan dimulai dengan peran dari *leader* dan *learning center coordinator* sebagai teladan dalam melakukan *sharing* pengetahuan. Infrastruktur dikembangkan dengan membuat struktur organisasi yang mengelola kegiatan KM dalam level korporat dan penanggung jawab kegiatan KM di level dinas. Teknologi digunakan untuk memudahkan *knowledge sharing* dan *repository* yang berbasis web dan bisa diakses menggunakan intranet. Key performance Indicator (KPI) pelaksanaan KM baik di level korporat maupun level dinas ditentukan sebagai alat pengukuran keberhasilan KM.

Modifikasi dari *knowledge transfer model* O'Dell & Grayson dilakukan pada aspek langkah-langkah proses perubahan. Dalam GMF KM Model empat langkah proses perubahan merupakan sebuah siklus yang dimulai dengan

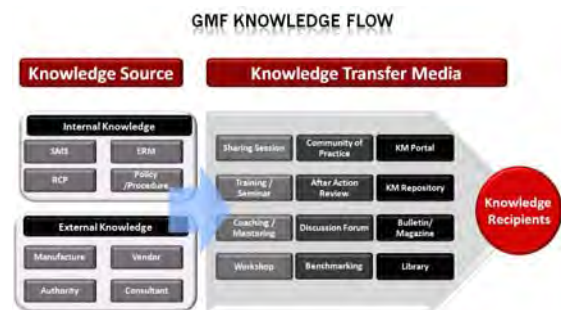
dibuatnya *knowledge policy*, program, implementasi dan dilakukan review terhadap implementasi program. Hasil review digunakan sebagai masukan terhadap *policy*, program dan implementasi. Gambar *GMF KM Model* dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. GMF KM Model

III. GMF KNOWLEDGE TRANSFER FLOW

Program implementasi KM di GMF AeroAsia disusun berdasarkan model *knowledge transfer flow*. *Knowledge Transfer Flow* ini dimulai dari *knowledge source* yang berasal dari internal dan eksternal kemudian mengalir melalui *knowledge transfer media* untuk mencapai *knowledge recipient*. *Knowledge transfer media* di GMF AeroAsia merupakan program KM terdiri dari 12 media seperti pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. GMF Knowledge Flow

Sumber *knowledge internal* di GMF berasal dari SMS (*Safety Management System*), RCP (*Reliability Control Program*), ERM (*Enterprise Risk Management*), prosedur dan kebijakan yang digunakan dalam kegiatan operasional. Sedangkan sumber *knowledge eksternal* berasal dari pembuat pesawat, *supplier engine* dan komponen, otoritas penerbangan sipil, baik domestik maupun internasional, dan dari konsultan yang bekerjasama dengan GMF.

Knowledge transfer media di GMF AeroAsia terdiri dari 12 media yang dijelaskan dalam tabel 1 berikut:

Tabel 1. GMF Knowledge Transfer Media

No	Media	Deskripsi
1	Sharing Session	Sharing session dilakukan dilevel korporat dan level dinas dengan pembicara dari luar perusahaan maupun internal
2	Communities of Practice (CoP)	CoP adalah kelompok orang yang berbagi minat, problem atau keinginan pada topic yang sama dan memperdalam keahlian dan pengetahuannya dengan berinteraksi dalam kelompok tersebut (Wenger, 2002)
3	Training/Seminar	GMF menyelenggarakan in-house training dan juga mengirimkan pegawai untuk mengikuti training/seminar di luar perusahaan
4	Coaching/Mentoring	Bagian knowledge transfer dari superior ke sub ordinate atau dari senior ke junior
5	Workshop	Workshop merupakan ajang bertukar pikiran dan diskusi untuk menyelesaikan masalah dan meningkatkan performance
6	After Action Review	Merupakan bagian dari belajar dari pengalaman (learning from past experience)
7	Forum Diskusi	Forum diskusi untuk membahas suatu permasalahan khusus
8	Benchmarking	Membandingkan suatu bisnis proses dan performance dengan best practices dalam industry sejenis maupun industry lain.
9	KM Portal	Portal intranet sebagai wadah knowledge sharing secara online
10	KM Repository	Fasilitas penyimpanan knowledge asset yang dapat diakses melalui intranet
11	Bulletin/Magazine	Media yang diterbitkan sebagai wadah berbagi pengetahuan
12	Library	Perpustakaan yang menyediakan dokumen dan manual baik hardcopy maupun softcopy

IV. STRATEGI IMPLEMENTASI KM

Strategi implementasi KM di GMF AeroAsia menggunakan pendekatan MAKE Framework, strategi ini dituangkan dalam *knowledge policy* berupa Pedoman Kebijakan Pelaksanaan *Knowledge Management* yang langsung ditandatangani oleh Direktur Utama GMF AeroAsia.

Strategi implementasi dimulai dengan menyiapkan fondasi bagi *knowledge based*

organization yaitu mendefinisikan peran leader dan cara untuk meningkatkan budaya berbagi dalam organisasi. Peran *leader* adalah membangun budaya berbagi pengetahuan melalui peningkatan kesadaran akan manfaatnya. Setiap pimpinan merupakan *KM leader* yang mendorong dan berperan aktif dalam kegiatan berbagi pengetahuan. Budaya berbagi pengetahuan dibangun melalui *learning center unit* (LCU) yang ada di setiap dinas, beberapa strategi yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. LCU dinas berperan aktif sebagai ujung tombak implementasi KM di masing-masing Dinas, sehingga pertukaran pengetahuan antar individu dapat berjalan dengan baik.
2. Setiap dinas berperan dalam membangun dan memelihara *Communities of Practice* (CoP) GMF sebagai media pertukaran pengetahuan antar individu dengan minat keahlian yang sama.
3. Dinas *Learning Services & Knowledge Management* berperan dalam membangun tata kelola KM yang akan memastikan adanya dukungan efektif dari manajemen puncak atas program KM.
4. Setiap Dinas memasukkan elemen KM ke dalam *Individual Performance Plan* (IPP) untuk meningkatkan motivasi dan menjamin kesinambungan *Knowledge Transfer* di GMF AeroAsia.
5. Dinas *Learning Services & Knowledge Management* membangun infrastruktur dan menyediakan suatu sistem yang terstruktur agar dapat menangkap, menjaga, menyimpan dan mengembangkan seluruh kekayaan intelektual GMF.

Strategi selanjutnya adalah menentukan aktivitas KM sebagai wadah untuk *knowledge sharing* dan kolaborasi. Penyelenggaraan KM mencakup kegiatan sebagai berikut:

- Belajar dari implementasi proyek (*Project Implementation*)
- Belajar dari pengalaman yang telah terjadi belajar dari konsep lain yang telah ada (*best practice*)
- Belajar dari kunjungan konsumen
- Forum inovasi dan ide-ide baru
- Forum berbagi ilmu (misal *Sharing Session*, *Mentoring*, *Coaching*, Forum Diskusi, pelatihan, *Community of Practices*, majalah, dan *Bulletin*).

Aktivitas KM dibuat agar dapat menunjang KM di realitas bisnis yaitu *Customer Knowledge*, *Intellectual Capital Management*, *Innovation* dan *Organizational Learning* yang pada akhirnya akan meningkatkan *Organizational Value*. *Customer Knowledge* didapat dari aktivitas KM yang berhubungan dengan *customer*, seperti *customer*

visit, rapat dengan *customer* dan *customer feedback*. *Intellectual Capital Management* dikelola oleh Dinas *Human Capital Management*, *Corporate Intellectual Assets* dikelola oleh Dinas *Learning Services & Knowledge Management* dan didukung oleh peran *Learning Center Unit* dalam mengelola *intellectual asset* di setiap dinas. Forum inovasi dan ajang lomba inovasi dilaksanakan melalui *Best Idea* yang akan dilaksanakan rutin setiap tahun. *Organizational learning* dimulai di setiap dinas dengan *Learning Center Unit* di setiap dinas sebagai motor penggerak.

Pengukuran keberhasilan strategi implementasi KM dilakukan dengan menetapkan KPI baik untuk program level korporat yang dilaksanakan oleh Bidang *Knowledge Management* dan juga program pada level dinas yang dilaksanakan oleh *Learning Center Unit* setiap dinas.

V. KESIMPULAN

Implementasi KM di GMF AeroAsia dimulai dengan mendefinisikan model *knowledge transfer* dengan membuat *GMF KM Model dan Knowledge Transfer Flow*. Pada *knowledge transfer flow* didefinisikan *knowledge transfer media* yang bisa digunakan sebagai media untuk mengalirkan *knowledge* dari sumber *knowledge* baik internal maupun eksternal ke *knowledge recipients*.

Strategi implementasi KM mengacu pada *MAKE Framework* yang disesuaikan dengan *GMF KM Model dan Knowledge Transfer Flow* yang telah dibuat. Pengukuran keberhasilan strategi implementasi KM dilakukan dengan menetapkan KPI program KM baik di level korporat maupun dinas.

V. KUTIPAN DAN DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fatwan, S dan Denni, A (2008). *Indoensian MAKE: Study & Lessons Learned from the Winners*. Gramedia Pustaka Utama & Dumanis Consulting, Jakarta.
- [2] O'Dell, C dan Grayson, C. J. (1998). *If Only We Knew What We Know*. The Free Press, New York.
- [3] Sveiby, Karl. (1997). *The New Organizational Wealth: Managing and Measuring Knowledge Based Assets*. Berret-Koehler Publishing, San Fransisco
- [4] Wenger, E.; McDermott, R dan Snyder W. M. (2002). *Cultivating Communities of Practice*. Harvard Business School Press, Boston.
- [5] KB 01-005 Kebijakan Pelaksanaan Knowledge Management PT. GMF AeroAsia. (2011)

Upaya Meningkatkan Produktifitas Bengkel Melalui Strategi Pemasaran Berdasarkan Analisis SWOT (Studi Kasus pada Bengkel Astra)

Fanni Desiyanto¹ dan Heru Winarno²
^{1,2} Teknik Industri, Universitas Tulang Bawang

Abstrak---Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat dan modern, akan memberikan dampak yang positif bagi perusahaan yang bergerak dibidang industri, penjualan maupun jasa. Dengan keadaan seperti ini, tentu saja tidak menutup kemungkinan perusahaan-perusahaan tersebut akan bersaing ketat dengan perusahaan yang mengeluarkan produk yang sejenis. Perusahaan hendaknya menyadari bahwa dengan adanya persaingan tersebut sangat sulit bagi perusahaan untuk membangun reputasi perusahaan, demikian pula sebaliknya sangat mudah untuk kehilangan reputasi perusahaan tersebut (Supariyani, 2004). Dengan pemasaran jasa yang baik maka akan dapat meningkatkan unit kendaraan service dan merebut pangsa pasar. Jika itu sudah terjadi maka dapat dipastikan perusahaan akan mendapatkan laba yang maksimal. Jika pemasaran yang dilakukan kurang tepat maka akan terjadi penurunan penjualan yang akan memberi dampak penurunan pendapatan yang diterima oleh perusahaan tersebut.

Kata Kunci : Strategi, Persaingan, Produktivitas

I. PENDAHULUAN

Dalam membangun citra merek bengkel resmi yang positif, dapat diciptakan melalui pengalaman langsung dengan produk / jasa bengkel, informasi yang dikomunikasikan (melalui dealer mobil atau bengkel dealer mobil itu sendiri, dengan sumber komersial lainnya, dan melalui mulut-ke-mulut / word-of-mouth), dukungan investasi dari negara pembuat, kecanggihan teknologi peralatan/mesin yang dipakai.

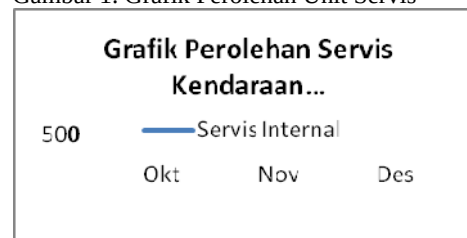
Suatu strategi pemasaran harus dibuat dengan memperhatikan semua lingkungan internal dan eksternal perusahaan. Strategi pemasaran sangat spesifik bagi setiap perusahaan.

PT. Astra International adalah salah satu dealer kendaraan bermotor roda 4 yang menjual produk kendaraan bermerek Toyota. Mengalami suatu masalah dengan terjadinya penurunan unit kendaraan servis pada bengkel Auto 2000 Rajabasa.

Hal ini bisa disebabkan karena strategi pemasaran bengkel yang dilakukan kurang maksimal. Untuk itu diperlukan strategi pemasaran yang tepat agar dapat meningkatkan unit service. Suatu strategi pemasaran harus dibuat dengan memperhatikan semua lingkungan internal dan eksternal perusahaan. Strategi pemasaran sangat spesifik bagi setiap perusahaan.

Dalam Tabel 1, dapat dilihat bahwa produktivitas bengkel selama 3 bulan, rata-rata hanya mencapai 88 % dari target yang ditetapkan oleh pihak manajemen pusat. Tentu saja sangat berpengaruh terhadap pendapatan perusahaan tersebut.

Gambar 1. Grafik Perolehan Unit Servis



Sumber : PT, Astra 2010

Hal ini disebabkan faktor internal dan eksternal perusahaan berbeda bagi setiap perusahaan sebagainya, sehingga persepsi tentang merek bengkel akan melekat dalam ingatan pelanggan (Keller, 1993, yang dikutip dalam Martinez & Pina [9]).

Hanya bengkel mobil yang dapat memberikan nilai pelanggan yang tinggi yang akan dipilih oleh konsumen untuk memenuhi kebutuhan akan perawatan dan perbaikan kendaraan mobilnya, sehingga penciptaan nilai pelanggan yang tinggi (*superior customer value*) terhadap jasa bengkel mobil adalah elemen kunci untuk menjadikan dealer mobil tersebut sukses, *“emphasizethat creation of superior customer value is a key element for ensuring companies’success”* (Higgins *et al.*, 1998; yang dikutip dalam Khalifa [10]). Untuk meningkatkan penjualan jasa pada Bengkel Auto 2000 diperlukan pemasaran yang tepat. Untuk itu maka akan dianalisis strategi pemasaran, yaitu Analisis SWOT. Analisis dilakukan berdasarkan analisis dari kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman dari bengkel auto 2000 dibandingkan Pesaingnya. Setelah dianalisis diharapkan akan diketahui bagaimana pemasaran yang dapat dilakukan oleh Bengkel Auto 2000 berdasarkan strategi pemasaran tersebut, yang dapat digunakan untuk meningkatkan penjualan jasa service kendaraan.

Rumusan Masalah

PT. Astra International, Auto 2000 mempunyai suatu masalah dengan terjadinya penurunan unit service kendaraan. Hal ini bisa disebabkan karena strategi pemasaran bengkel yang digunakan kurang tepat dan belum diketahuinya posisi perusahaan dari segi pertumbuhan dan pangsa pasar. Bagaimana pemasaran yang dapat dilakukan bengkel Auto 2000 berdasarkan analisis SWOT untuk meningkatkan penjualannya Jasa.

Tujuan dan Sasaran

Penelitian ini bertujuan menghasilkan model strategi pemasaran dengan pendekatan kelembagaan yang tepat yang dapat digunakan oleh pengambil keputusan dalam upaya pengembangan perusahaan dalam mencapai tujuannya.

Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian dikembangkan dari latar belakang dan kajian teoritis untuk dapat membahas permasalahan yang dihadapi. Banyak strategi untuk memanfaatkan potensi sebuah perusahaan dengan keunggulan komparatif,

keunggulan kompetitif serta didukung oleh faktor internal dan eksternal. Strategi tersebut umumnya berupa pengembangan dengan pendekatan kelembagaan. Kajian komprehensif diperlukan untuk menetapkan strategi yang paling sesuai dan tipikal perusahaan.

Metodologi

Objek pengamatan pada penelitian ini adalah PT Astra International yang juga dikenal dengan nama Bengkel Auto 2000 yang beralamat di Jln Raya Haji Mena No 2000, adalah dealer yang menjual produk berupa Kendaraan dan melayani pelayanan dan perbaikan kendaraan bermerek Toyota. Kegiatan Penelitian ini dilakukan selama periode Januari sampai dengan Maret 2011 Pendekatan Sistem Pendekatan sistem adalah metode pemecahan masalah yang dimulai dengan identifikasi dan analisis kebutuhan serta diakhiri dengan hasil berupa sistem operasi yang efektif dan efisien. Sistem didefinisikan sebagai seperangkat elemen atau sekumpulan entitas yang saling berkaitan, yang dirancang dan diorganisir untuk mencapai satu atau beberapa tujuan (Eriyatno 1999).

Pengumpulan dan Analisis Data

Jenis data yang digunakan dalam kegiatan ini adalah data primer dan data sekunder yang terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif. Data primer meliputi hasil wawancara terhadap pakar dan praktisi yang terlibat dalam pengembangan Strategi Pemasaran. Data sekunder diperoleh dari studi pustaka serta dari dinas terkait.

Pembahasan Analisis SWOT (Strengths, Weakness, Opportunities, Threats)

Analisis SWOT digunakan untuk merumuskan strategi pemasaran berdasarkan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman pada bengkel Auto 2000 Haji Mena. Tahap analisis dilakukan dengan membuat matrik IFAS (*Internal Strategy Factors Analysis Summary*) dan matrik EFAS (*Eksternal Strategy Factors Analysis Summary*). Matrik IFAS disusun berdasarkan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki oleh perusahaan, sedangkan matrik EFAS disusun berdasarkan peluang dan ancaman yang dihadapi oleh perusahaan.

EFAS Faktor-faktor Eksternal	Bbt	Rat	Bobot x Rat
Peluang :			
1. Banyaknya peminat kendaraan motor	0.15	4	0.6
2. Tingkat pertumbuhan pasar yang cepat	0.15	4	0.6
3. Pangsa pasar yang besar	0.15	4	0.6
4. Hubungan yang baik dengan konsumen	0.1	3	0.3
Ancaman :			
1. Krisis global	0.15	2	0.2
2. Banyaknya pesaing dalam penjualan	0.1	2	0.3
3. Lokasi pesaing lebih strategis	0.1	2	0.2
4. Pesaing lebih sering melakukan promosi	1	2	0.2
Total			3

Sumber : PT. Astra, 2011

Berdasarkan tabel 2, total nilai matrik EFAS adalah sebesar 3. Dalam matrik IE nilai 3 masuk dalam kategori tinggi dalam kekuatan eksternal. Disusun untuk merumuskan faktor-faktor strategis internal perusahaan dalam kerangka *strength and weakness* perusahaan. Diidentifikasi dalam suatu tabel IFAS, seperti yang dapat dilihat pada tabel 2. Setelah diketahui nilai dari matrik IFAS dan matrik EFAS, maka tahap selanjutnya adalah melihat posisi perusahaan berdasarkan nilai matrik IFAS dan matrik EFAS pada matrik IE (*Internal Esternal*) yang digunakan untuk menentukan strategi pemasaran yang dapat digunakan oleh perusahaan. Dalam menganalisis metode-metode strategi pemasaran diperlukan pesaing sebagai pembandingan. Dalam hal ini yang menjadi pesaing adalah bengkel Auto 2000 Raden Intan yang juga menjual produk berupa kendaraan bermerek Toyota Disusun berdasarkan analisis internal (kekuatan dan kelemahan) dan eksternal (peluang dan ancaman) Bengkel Auto 2000 Haji Mena jika dibandingkan dengan Bengkel Auto 2000 Raden Intan. Analisis internal dilakukan dengan membuat matrik IFAS (*Internal Factors Analysis Summary*) dan matrik EFAS (*Eksternal Factors Analysis Summary*). Setelah diketahui nilai dari matrik IFAS dan matrik EFAS, maka dapat dilihat posisi perusahaan berdasarkan nilai matrik IFAS dan matrik EFAS pada matrik IE (*Internal Esternal*) yang digunakan untuk menentukan strategi pemasaran yang dapat digunakan oleh perusahaan.

Tabel 3. Analisis terhadap Faktor Internal

IFAS Faktor-faktor internal	Bbt	Rat	Bobot x Rat
Kekuatan :			
1. Perusahaan memberikan potongan penjualan	0.15	4	0.6
2. Pemberian bonus kepada konsumen	5	3	0.3
3. Pelayanan yang ramah dan cepat	0.1	3	0.45
4. Produk mobil yang dijual bervariasi	0.1	4	0.6
Kelemahan :			
1. Tidak selalu memberikan bonus kepada pegawainya	0.1	2	0.2
2. Kurangnya tenaga pemasaran	5	2	0.2
Bengkel	0.1	2	0.3
3. Promosi tergantung dari pusat	0.1	3	0.3
4. Penerapan teknologi yang kurang	0.1		2.95
Total	0.1		

Sumber : PT. Astra, 2011

Berdasarkan tabel 3, total nilai matrik IFAS bengkel Auto 2000 Haji Mena adalah sebesar 2.95. Berdasarkan tabel 3, bengkel Haji Mena berada dalam sel 2 yang berarti Penjualan Jasa berada dalam strategi pertumbuhan melalui integrasi horizontal. Strategi pemasaran yang dapat digunakan dalam strategi pertumbuhan melalui integrasi horizontal adalah dengan membuat jenis Layanan Extra khusus Penanganan kendaraan service yang dapat dilakukan langsung dirumah pelanggan berupa pelayanan perbaikan ringan.

Setelah diketahui matrik IFAS, matrik EFAS dan matrik IE, maka dapat disusun matrik SWOT. Matrik SWOT disusun untuk menggambarkan bagaimana peluang dan ancaman eksternal yang dihadapi perusahaan dapat disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki perusahaan. Matrik SWOT dapat menghasilkan empat set strategi yang dapat dilakukan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Matrik Analisis SWOT

Matrik SWOT	Strengths :	Weakness :
	1. Perusahaan memberikan potongan Jasa 2. Pemberian bonus kepada para konsumen 3. Pelayanan yang ramah dan cepat 4. Produk mobil yang dijual	1. Tidak selalu memberikan bonus kepada pegawai 2. Kurangnya tenaga pemasaran bengkel 3. Promosi yang

	bervariasi	tergantung dari pusat 4. Komitmen karyawan Penerapan teknologi yang kurang
Opportunities : 1. Banyaknya peminat kendaraan 2. Tingkat pertumbuhan pasar yang cepat 3. Pangsa pasar yang besar 4. Hubungan yang baik dengan konsumen	Strategi SO : 1. (0.6, 0.6) (kuat, kuat) 2. (0.3, 0.6) (lemah, kuat) 3. (0.45, 0.6) (kuat, kuat) 4. (0.6, 0.3) (kuat, lemah) Rata-rata : (0.487, 0.525)	Strategi WO : 1. (0.2, 0.6) (lemah, kuat) 2. (0.2, 0.6) (lemah, kuat) 3. (0.3, 0.6) (lemah, kuat) 4. (0.3, 0.3) (lemah, lemah) Rata-rata : (0.25, 0.525)
Treats: 1. Inflasi tinggi 2. Banyaknya pesaing dalam penjualan 3. Lokasi pesaing lebih strategis 4. Pesaing lebih sering melakukan promosi	Strategi ST : 1. (0.6, 0.2) (kuat, lemah) 2. (0.3, 0.3) (lemah, lemah) 3. (0.45, 0.2) (kuat, lemah) 4. (0.6, 0.2) (kuat, lemah) Rata-rata : (0.487, 0.225)	Strategi WT : 1. (0.2, 0.2) (lemah, lemah) 2. (0.2, 0.3) (lemah, lemah) 3. (0.3, 0.2) (lemah, lemah) 4. (0.3, 0.2) (lemah, lemah) Rata-rata : (0.25, 0.225)

Sumber : PT Astra, 2011

dalam analisis SWOT menunjukkan strategi SO menghasilkan nilai $S < O$, untuk memaksimalkan kekuatan dan peluang yang ada, strategi yang dapat dilakukan adalah menambah pelayanan service dirumah pelanggan atau *Toyota Home Service* (THS), karena penjualan unit kendaraan baru dalam kondisi tingkat pertumbuhan pasar yang cepat dan pangsa pasar yang besar, strategi lain yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan potongan jasa, hal ini dilakukan agar konsumen terus melakukan perbaikan pada bengkel Auto 2000 Hajimena.

Strategi WO menghasilkan nilai $W < O$, untuk memaksimalkan peluang yang ada serta meminimalkan kelemahan, strategi yang dapat dilakukan Bengkel Auto 2000 Hajimena adalah dengan memberikan bonus kepada pegawai untuk menambah motivasi pegawai agar pegawai selalu bersemangat dalam bekerja dan tidak akan melakukan hal-hal yang dapat merugikan perusahaan. Strategi lain yang dapat dilakukan adalah dengan menambah jumlah tenaga pemasaran bengkel yang juga bertugas mengingatkan pelanggan untuk senantiasa melakukan perbaikan dan perawatan kepada pelanggan melalui telp dan pesan singkat. Strategi

ST menghasilkan nilai $S > T$, untuk memaksimalkan kekuatan serta untuk meminimalkan ancaman, strategi yang dapat dilakukan bengkel Auto 2000 adalah dengan terus meningkatkan kualitas dan mutu pelayanan agar konsumen merasa nyaman dan tidak kecewa dengan pelayanan yang diberikan,

strategi lain yang dapat dilakukan adalah dengan membuat Layanan Pusat khusus pelanggan yang akan melakukan service dirumah pelanggan Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi dan melayani pelanggan yang tidak dapat datang ke bengkel karena tidak memiliki waktu dengan kesibukannya. Strategi WT menghasilkan nilai $W > T$, untuk meminimalkan kelemahan dan ancaman. Strategi yang dapat digunakan adalah dengan terus meningkatkan kegiatan-kegiatan promosi agar konsumen menjadi tahu tentang layanan pada bengkel Hajimena, sehingga pelanggan tertarik untuk melakukan perbaikan dibengkel Hajimena. Strategi lain yang dapat digunakan adalah dengan meminimalkan biaya dan operasi yang tidak efisien, seperti meminimalkan penggunaan listrik dan telepon.

Tabel 5. Data Perolehan Unit Servis tahun 2011

Jenis Pekerjaan	Unit perolehan (bulan)			Aktual rata-rata	Target rata-rata	%
	Jan	Feb	Mar			
Servis Internal	78	88	93	86	85	102
Servis Eksternal	210	231	244	228	230	99
Perbaikan Umum	187	201	217	202	190	106

Total Perolehan unit 475 520 554 516 505 102

Sumber : PT. Astra 2011

Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan adanya perubahan baik dari sistem maupun strategi yang ada dapat diketahui bahwa nilai pencapaian untuk produktivitas secara prosentase adalah sebesar 102%. Hal ini tentu memicu kenaikan produktivitas bengkel secara keseluruhan.



Sumber : PT. Astra, 2011

Analisis SWOT pemasaran jasa dapat dilakukan pada strategi-strategi pemasaran dengan catatan harus mempunyai anggaran (*budget*) yang

kuat untuk melaksanakan strategi pemasaran dengan membuka pusat layanan service dirumah pelanggan (THS) dan petugas pemasaran bengkel atau layanan sistem pengingat pesan (*booking and reminder system*).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, maka penulis dapat memberikan kesimpulan :

1. Dari analisis SWOT diketahui nilai Strategi lebih kecil dari pada Opportunity, strategi yang dapat digunakan adalah dengan membuat pusat layanan pelanggan untuk perbaikan atau perawatan kendaraan dirumah pelanggan.
2. Membentuk layanan khusus pemasaran bengkel dengan cara membuat layanan perjanjian service (*booking service*) dan membuat sistem pengingat pesan kepada pelanggan (*massage reminder system*).
3. Nilai Weaknes lebih kecil dari Opportunity, strategi yang dapat digunakan adalah dengan memberikan bonus secara intensif kepada pegawai, dan menambah tenaga pemasaran bengkel.
4. Nilai Strategi lebih besar dari pada Treat, strategi yang dapat digunakan adalah dengan terus meningkatkan kualitas dan mutu pelayanan.
5. Nilai Weakness lebih besar dari pada Treat, strategi yang dapat digunakan adalah dengan terus meningkatkan kegiatan-kegiatan promosi dan dengan meminimalkan biaya dan operasi yang tidak efisien.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2009, Meningkatkan Volume Penjualan Jasa Bengkel pada PT Astra Internasional Tbk, Toyota Sales Operation. Diktat Pemasaran.
- [2] Irawan, Faried, Wijaya dan M.N. Sudjoni, 1998, Pemasaran Prinsip Dan Kasus, Edisi 2, Yogyakarta: BPFE Yogyakarta.
- [3] Iskandar, Putong, 2003, Teknik Pemanfaatan Analisis SWOT Tanpa Skala Industri (A-SWOT-TSI), Jurnal Ekonomi & Bisnis No. 2, Jilid 8, Tahun 2003.
- [4] Lupiyoadi, Rambat dan A. Hamdani, 2006, Manajemen Pemasaran Jasa, Jakarta: Salemba Empat.
- [5] Marcus, Remisa, 2005, Perencanaan Strategis Pemasaran Untuk Menciptakan *Sustainable Competitive Advantage* (Kasus Pada Program Studi Manajemen

Usulan Perbaikan Peningkatan Kualitas Pelayanan Dengan Menggunakan Metode DMAI dan TRIZ

¹Feliks Prasepta S. Surbakti, ¹Temmy Kusuma, ²Ivan Diryana

¹Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya – Jakarta

²Jurusan Teknik Industri, Universitas Widyatama – Bandung

e-mail : feliks.prasepta@atmajaya.ac.id ; kazuya_kyoshiro@hotmail.com,
;ivan.diryana@atmajaya.ac.id

Abstrak---Atma Jaya Catholic University of Indonesia has a canteen which became a place for employees and students to enjoy food and beverages. However, there are several issues contained in the canteen service system. These problems are the seats filled, long service time, hot air, access in and out of narrow, long waiting time, and a dirty table. The existence of these problems should be corrected in order to enhance customer satisfaction canteen itself so that will cause a sense of satisfaction and loyalty of our customers to keep eating and drinking at the canteen Atma Jaya. In this study, researchers used the DMAI method which will describe current conditions as viewed by customers using pareto charts and control charts, then to search out the cause of these problems by using the fishbone diagram. After knowing the current situation and the cause of any problems found, then the stages will be improved to find solutions that can be used to eliminate existing problems. To search this solution were calculated using TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). At that stage TRIZ method, originally created the diagram formulation that would indicate the presence contradiction if there is a problem solving. Then the results from the formulation chart will be used in contradiction table to figure out solutions that can be used to solve the problem. The solutions obtained through TRIZ as very innovative, the example is by reducing the number of food vendors in the canteen which will place it will be used to perform the addition of seating, so as to minimize the occurrence of the problem.

Keywords: TRIZ, DMAI, Canteen, Contradiction, Quality, Service.

I. PENDAHULUAN

Pada suatu Universitas pasti terdapat sebuah kantin yang mana menjadi pusat penjualan

makanan dan minuman. Kantin pada Universitas Atma Jaya sendiri mempunyai tempat yang cukup luas, tetapi tetap saja tidak dapat menampung seluruh mahasiswa maupun dosen yang ingin makan terutama pada jam makan siang. Hal ini terlihat dari penuh sesaknya kantin yang bercampur antara mahasiswa, dosen, maupun karyawan yang bekerja. Tujuan mereka hanya satu, yaitu menikmati hidangan yang terdapat pada kantin. Dari pengamatan juga dapat terlihat bahwa banyak mahasiswa yang menunggu sambil berdiri untuk mendapatkan tempat duduk khususnya pada siang hari. Selain itu, cuaca siang hari yang panas dan juga udara panas akibat kompor maupun tempat pembakaran yang digunakan penjual makanan berkumpul menjadi satu di dalam kantin yang menyebabkan udara menjadi pengap dan panas. Keterlambatan penyajian makanan yang dilakukan oleh pihak penjual juga menjadi faktor yang menyebabkan konsumen berada terlalu lama di kantin sehingga terjadi penumpukan konsumen yang menyebabkan antrian menunggu yang panjang.

Setiap pergantian pelanggan terkadang terdapat sisa-sisa makanan dari pelanggan sebelumnya yang menyebabkan meja menjadi kotor yang tentunya hal ini sangat mengganggu bagi pelanggan yang ingin menikmati hidangan. Tidak adanya sabun untuk mencuci tangan juga menjadi keluhan para pelanggan. Masalah-masalah tersebut juga dilengkapi dengan akses keluar masuk kantin yang terlalu sempit sehingga menyebabkan penumpukan antrian baik konsumen yang ingin masuk ke kantin maupun konsumen yang ingin meninggalkan kantin.

II. METODOLOGI PENELITIAN

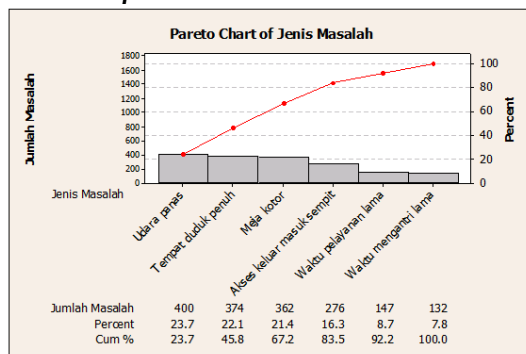
Metodologi penelitian terdiri dari metodologi penelitian keseluruhan, DMAI dan TRIZ. Metodologi penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1,



Gambar 1. Skema Metodologi Penelitian

III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

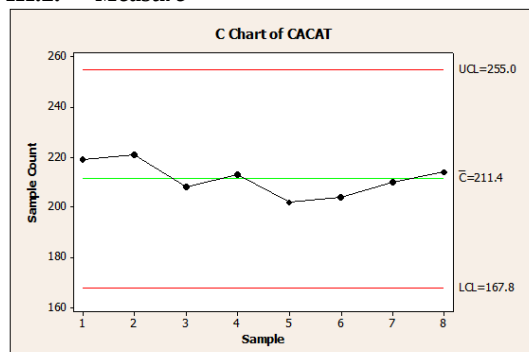
III.1. Define



Gambar 4. Diagram Pareto

Pada diagram pareto ini dapat dilihat masalah apa yang paling sering dirasakan oleh pelanggan.

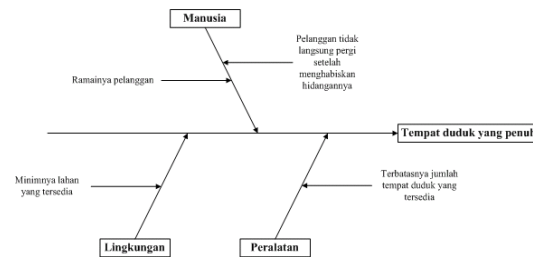
III.2. *Measure*



Gambar 5. Peta Kendali c

Pada tahap *measure* digunakan peta kendali c karena ingin melihat seberapa banyak masalah yang dirasakan oleh pelanggan pada saat menggunakan fasilitas kantin.

III.3. Analyze

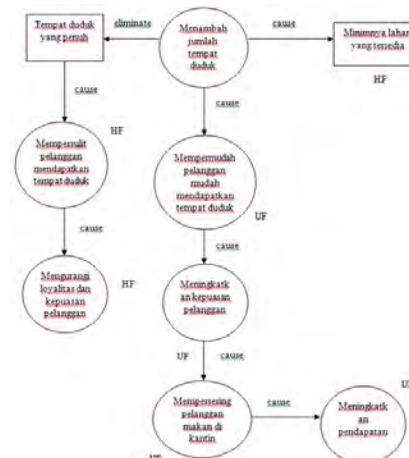


Gambar 6. Diagram Sebab Akibat

Pada diagram sebab akibat diatas dapat diketahui penyebab dari setiap masalah yang timbul dengan mencari akar-akar dari setiap permasalahan yang ada.

III.4. *Improve*

Selanjutnya pada tahapan *improve* akan digunakan metode TRIZ yang mana pada awalnya dibuat diagram formulasi.



Gambar 7. Diagram Formulasi

Setelah membuat diagram formulasi maka akan didapatkan *useful function* dan *harmful function*, maka selanjutnya dicari *feature to change* dan *undesired result* berdasarkan 39 parameter yang telah ada.

Tabel 1. Tabel Permasalahan 39 Parameter

No	Masalah	39 Parameter	Aspek Sifat
1	Tempat duduk yang penuh	FTC UR Amount of Substance Area of Nonmoving Object	Pemenuhan tempat duduk
2	Waktu pelayanan yang lama	FTC UR Speed Harmful Factors Acting on Object	Kecepatan yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan Akan timbul faktor negatif dimana pelanggan akan tidak nyaman untuk memesan makanan
3	Udara yang panas	FTC UR Temperature Harmful Side Effects	Suhu kantin yang dipengaruhi oleh kondisi alam dan efek dari memasak makanan Akan timbul sisi negatif dimana pelanggan akan merasa tidak nyaman di kantin
4	Akses keluar masuk yang sempit	FTC UR Area of Nonmoving Object Power	Melakukan pelepasan akses keluar masuk kantin Menimbulkan biaya yang besar
5	Waktu menunggu yang terlalu lama	FTC UR Speed Pressure	Kecepatan yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan Tekanan akibat terus menerus melayani pelanggan dengan cepat Dibutuhkan tenaga untuk membersihkan meja setiap kali pelanggan selesai makan
6	Meja yang kotor	FTC UR Power Tension/Pressure	Tekanan untuk terus menerus membersihkan meja

Keterangan : FTC = Feature to Change
UR = Undesired Results

Setelah didapatkan parameter yang sesuai, maka selanjutnya akan dicari tahu solusi yang sesuai dengan menggunakan tabel kontradiksi berdasarkan dengan 40 principles yang ada.

Tabel 2. Tabel Angka Solusi Alternatif

No	Masalah	39 Parameter	No. Solusi pada 40 Principles
1	Tempat duduk yang penuh	FTC UR Amount of Substance Area of Nonmoving Object	2,18,40,4
2	Waktu pelayanan yang lama	FTC UR Speed Harmful Factors Acting on Object	1,28,35,23
3	Udara yang panas	FTC UR Temperature Harmful Side Effects	22,35,2,24
4	Akses keluar masuk yang terlalu sempit	FTC UR Area of Nonmoving Object Power	17,32
5	Waktu menunggu yang lama untuk mendapatkan pelayanan	FTC UR Speed Pressure	6,18,38,40
6	Meja yang kotor	FTC UR Strength Tension/Pressure	10,3,18,40

Keterangan : FTC = Feature to Change
UR = Undesired Results

Setelah mengetahui solusi berdasarkan TRIZ, peneliti mendapatkan beberapa solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas pelayanan pada kantin, yaitu :

1. Masalah tempat duduk yang penuh .

Solusi no 2,18,40,4 : Dilakukan pengeluaran terhadap barang-barang atau komponen-komponen yang tidak terpakai pada kantin. Contohnya adalah pot tanaman.

Mengeluarkan bagian penting dari kantin itu sendiri yang tidak lain adalah tempat menjual makanan. Saat ini terdapat sekian banyak penjual makanan ataupun minuman yang terdapat di kantin. Berdasarkan solusi yang terdapat pada TRIZ, maka sebaiknya dilakukan penyempitan area jualan sehingga tempatnya dapat digunakan untuk penambahan tempat duduk.

2. Masalah waktu pelayanan yang lama.

Solusi no 1,28,35,23: Menggunakan meja pelayanan yang berbentuk seperti conveyor dimana meja akan terus bergerak sehingga memacu pelanggan untuk lebih cepat dalam memilih/menentukan makanannya.

Penjual makanan sebaiknya meminta *feedback* kepada pelanggan setelah pelanggan membeli atau mencicipi makanannya. *Feedback* ini berfungsi untuk mengetahui seberapa besar kepuasan pelanggan terhadap pelayanan maupun rasa dari makanan itu sendiri. Dengan adanya *feedback* tersebut diharapkan para penjual dapat memperbaiki sistem pelayanan atau kualitas makanan mereka jika ternyata *feedback* yang diberikan pelanggan bernilai kurang baik. *Feedback* tersebut dapat berupa saran yang dapat diberikan oleh pelanggan terhadap sistem yang ada sekarang ini.

Memberikan keluasan pada pelanggan untuk menyiapkan makanannya sendiri. Hal ini sering disebut juga dengan “*self service*”, dimana para pembeli dapat memilih sendiri dan mengambil makanan yang diinginkannya sendiri tanpa harus berinteraksi dengan operator.

3. Masalah udara yang panas.

Solusi no 22,35,2,24 Mengeluarkan objek yang sangat penting dari suatu sistem yang mampu untuk menimbulkan cuaca panas di kantin, misalnya adalah dengan melarang pihak penjual kantin untuk melakukan aktifitas memasak pada kantin yang mana dapat menimbulkan cuaca panas. Aktifitas memasak ini dapat dihilangkan dan diganti dengan diijinkannya melakukan proses penghangatan makanan yang dimana tidak akan menimbulkan efek yang terlalu panas.

Menggabungkan tempat memasak para penyedia makanan di suatu tempat sehingga udara panas hanya akan terfokus pada satu tempat saja dan sebaiknya tempat tersebut agak jauh dari tempat para pelanggan menikmati makanannya sehingga udara tidak menjadi terlalu panas.

Menggunakan genteng yang terbuat dari tanah liat untuk mengurangi panas yang disebabkan oleh sinar matahari.

IV. ANALISA

Analisa Kelebihan dan Kelemahan Solusi TRIZ

1. Solusi masalah tempat duduk yang sempit

Kelebihan dari solusi yang diberikan TRIZ adalah lebih luasnya lahan yang tersedia yang dapat digunakan untuk menambah tempat duduk sehingga para pelanggan yang tidak lain adalah mahasiswa/i dapat dengan mudah mencari tempat duduk untuk menikmati makanan/minuman.

Sedangkan kelemahan solusi ini adalah semakin sedikitnya variasi makanan yang terdapat pada kantin yang diakibatkan oleh pengurangan jumlah penyedia makanan. Selain itu pengeluaran

pot tanaman dari kantin akan menyebabkan udara menjadi sedikit lebih panas dan pengap. Dengan dilakukannya penambahan tempat duduk juga akan menambah biaya dari pihak pengelola kantin yang mana harus mengeluarkan uang untuk membeli kursi baru.

2. Masalah waktu pelayanan yang lama

Dari solusi yang ada, kelebihanannya adalah dapat mempersingkat waktu yang dibutuhkan pelanggan untuk mendapat makanannya melalui *conveyor* yang dimana makanan akan tersedia secara langsung dan pembeli dapat langsung mengambilnya. Selain itu juga penjual dapat memperoleh solusi dari pelanggan mengenai solusi dari waktu pelayanan yang lama, hal ini dapat dilakukan dengan pemberian *feedback* untuk pelanggan. Ada juga solusi lain yang dimana para pelanggan diberikan kebebasan untuk mengambil makanannya sendiri. Hal ini menyebabkan para pelanggan lebih leluasa dan lebih bebas untuk menentukan makanan mana yang ingin dipilih dan menghemat waktu karena tidak perlu untuk memerintah operator untuk mengambilkan makanan yang diinginkannya.

Solusi-solusi tersebut mempunyai kelemahan-kelemahan yang diantaranya adalah pihak penjual akan membutuhkan biaya yang cukup besar untuk dapat menggunakan meja *conveyor*. Lalu, pemberian *feedback* kepada pelanggan akan secara tidak langsung mengusik kebebasan pelanggan, terlebih lagi jika pelanggan tersebut sedang tergesa-gesa. Sedangkan untuk pelayanan secara “*self service*” dapat menyebabkan tempat atau meja penyajian makanan akan menjadi kotor karena jika pelanggan yang mengambil makanan sendiri akan memungkinkannya makanan yang diambil terjatuh karena pelanggan tidak terbiasa dengan hal tersebut.

3. Masalah udara yang panas

Dari solusi yang didapat, kelebihan dari solusi tersebut adalah dapat mengurangi udara yang panas akibat proses memasak yang dilakukan oleh pihak penjual. Lalu dengan adanya penggabungan tempat memasak akan mengkonsentrasikan udara panas di suatu tempat. Penggantian bahan dari atap kantin yang digunakan juga diharapkan dapat mengurangi faktor panas yang ditimbulkan oleh sinar matahari.

Kelemahan dari solusi ini adalah dengan tidak diijinkannya pihak penjual untuk memasak di kantin akan menyulitkan para penjual yang khususnya para penyedia makanan yang menggunakan sistem *make to order*. Contohnya

disini adalah penjual mi ayam. Jika hal ini terjadi maka penjual mi ayam akan sangat terganggu karena tidak mungkin mi dimasak terlebih dahulu karena akan membuat mi tersebut menjadi tidak enak. Hal ini juga dirasakan oleh para penjual makanan yang lainnya yang mana akan menurunkan kualitas dari makanan tersebut terutama dalam hal rasa. Kemudian, penggantian atap berbahan tanah liat akan mengakibatkan penambahan biaya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Setelah melewati tahapan-tahapan awal hingga pengolahan data, peneliti dapat menyimpulkan beberapa hal :

- Terdapat enam masalah vital yang sering dirasakan pelanggan pada saat menikmati hidangan di kanti.
- Masalah yang paling dirasakan oleh pelanggan adalah udara yang panas.
- Sebanyak 400 responden dari total 400 responden setuju bahwa udara di kantin panas.
- Masalah kedua adalah tempat duduk yang penuh, dilanjutkan oleh meja yang kotor, akses keluar masuk yang sempit, waktu pelayanan lama, dan waktu mengantri lama.

V.2. Saran

Pada penelitian ini, peneliti memberikan saran-saran untuk dipertimbangkan oleh pihak pengelola kantin, diantaranya adalah :

- Pengelola tidak perlu mengeluarkan biaya lebih untuk meningkatkan kualitas, seperti contohnya adalah untuk masalah udara yang panas dapat dilakukan dengan membuat peraturan untuk melarang penjual memasak makanannya di kantin sehingga dapat mengurangi udara panas yang timbul akibat proses memasak.
- Pengelola kantin sebaiknya melakukan penataan terhadap tata letak pabrik sehingga menjadi lebih efisien daripada sekarang ini, contohnya adalah dengan mengumpulkan seluruh proses memasak yang dilakukan oleh penjual di satu tempat. Hal ini menguntungkan yang mana jika hal tersebut dilakukan dapat mengkonsentrasikan udara panas di satu tempat saja dan mengurangi udara panas yang akan timbul.

DAFTAR PUSTAKA

- o Tjiptono, F., Diana, A. (2001). *Total Quality Management*, Ed Revisi. Penerbit Andi, Yogyakarta.

- o Institut Teknologi Telkom. “TRIZ,” 2009 (tersedia di: http://www.itelkom.ac.id/library/index.php?view=article&catid=25%3Aindustri&id=456%3Atriz-&option=com_content&Itemid=15).
- o Jogiyanto, H.M. (2008). *Metodologi Penelitian Sistem Informasi*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- o Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- o Terninko, J., Zusman, A., Zlotin, B. (1998). *Systematic Innovation An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)*. Penerbit CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- o Limiarto, C.P. (2007). *Perancangan Ulang Desain Meja Dan Bangku Kerja Dengan Menggunakan Metodologi TRIZ (Studi Kasus: Bagian Grup Repair PT.X)*. Skripsi. Jakarta. Program Pasca Sarjana Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- o Setyanto, N.W., Rahman. A. (2010). Upaya Peningkatan Kualitas Hasil Produksi Penyulingan Minyak Daun Nilam Dengan Menggunakan Konsep Six Sigma. *Proceeding Seminar Nasional IV Manajemen & Rekayasa Kualitas 2010*. Bandung.

Analisa Keseimbangan Lintas Perakitan pada *Product Family* di PT. X dengan Mempertimbangkan Keterbatasan Alat Bantu

Fitra Lestari

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sain dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Riau

E-mail : fitra_lestari@yahoo.com

Abstrak – Lintas perakitan suatu *product family* pada PT.X terdiri dari sekelompok orang yang bekerja menggunakan alat bantu dalam merakit suatu produk secara skuensial. Permasalahan yang terjadi pada lintas perakitan adalah adanya perbedaan kecepatan produksi dalam setiap operasi sehingga beban kerja dengan kapasitas produksi lintas perakitan yang dimiliki perusahaan tidak seimbang. Permasalahan diatas dapat diatasi dengan cara menyeimbangkan beban kerja pada setiap operasi, sehingga operasi pada lintas perakitan dapat mempunyai kecepatan yang sama. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah ini adalah keseimbangan lintas perakitan. Hasil pengolahan data memperlihatkan bahwa nilai efisiensi lintas perakitan sekarang sebesar 71.44%. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya sumberdaya yang tidak termanfaatkan secara optimal. Setelah dilakukannya penyeimbangan beban kerja diperoleh efisiensi lintas perakitan usulan sebesar 80.75%. Perbaikan efisiensi lintas perakitan dapat mengurangi total space yang tersedia sebesar 21.9%. Perbaikan ini tidak mempengaruhi jumlah output yang dihasilkan, meskipun terjadinya pengurangan jumlah operator dari 75 operator menjadi 63 operator.

Kata kunci : *product family*, efisiensi, keseimbangan lintas perakitan, alat bantu

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber daya yang tidak optimal memberikan dampak terhadap daya saing perusahaan di dunia industri. Ketidakeimbangan ini dikarenakan tidak efisiennya sumber daya yang digunakan, sehingga mengakibatkan tidak tepatnya dalam mengelola permintaan pasar. Sumber daya yang optimal dapat diperoleh dengan menyeimbangkan kapasitas dan beban kerja. Kapasitas merupakan kemampuan produktif maksimum dari suatu fasilitas sedangkan beban kerja adalah banyaknya kerja yang dijadwalkan untuk fasilitas manufaktur [1]. Keseimbangan antara beban kerja dan kapasitas dapat

menghasilkan suatu aliran produksi yang lancar pada lintas perakitan [2].

Contactor merupakan salah satu famili produk yang dihasilkan oleh PT. X. Sebagai suatu famili produk *Contactor* terdiri dari 3 varian, yaitu *Size1 (S1)*, *Size2 (S2)* dan *Version 6 (V6)*. *Contactor* berfungsi sebagai alat pengatur arus listrik pada industri manufaktur. Produk ini dirakit pada suatu lintas perakitan yang disebut *Line Tesys*. Lintas perakitan ini terdiri dari 27 operasi. Setiap stasiun kerja terdiri dari satu operasi yang dikerjakan pada suatu *bench* spesifik untuk operasi tersebut. *Bench-bench* yang mempunyai kesamaan fungsi disusun saling berdekatan, sehingga tipe tataletak dari lintas perakitan saat ini ditentukan berdasarkan *process layout* [3].

Line Tesys memiliki alat bantu spesifik pada setiap *bench* untuk melakukan aktifitas perakitan, sehingga elemen pekerjaan bergantung pada kondisi masing-masing alat bantu tersebut. 3 metode untuk menyeimbangkan beban kerja seperti metode bobot posisi, metode pembebanan berurut dan metode wilayah [4] tidak bisa digunakan karena keterbatasan posisi alat bantu. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah menyeimbangkan beban kerja pada setiap operasi dengan mengukur waktu kerja operator pada setiap *bench*.

Beberapa faktor yang menjadi pembatas dalam menyeimbangkan beban kerja yang terjadi pada lintasan perakitan *Line Tesys* [5], yaitu : 1) Pembatas teknologi (*technological restriction*), Merupakan pembatas dikarenakan suatu proses tidak mungkin dikerjakan bila proses sebelumnya belum dikerjakan. 2) Pembatas fasilitas (*facility restriction*), Pembatas akibat adanya fasilitas atau mesin yang tidak dapat dipindahkan. 3) Pembatas posisi (*positional restriction*), Membatasi pengelompokan elemen-elemen kerja karena orientasi terhadap operasi yang telah ditentukan. 4) Batasan daerah (*zoning constraints*), elemen pekerjaan tertentu harus ditempatkan saling berdekatan dalam stasiun kerja yang sama.

Secara singkat tujuan dari makalah ini adalah untuk (a) menentukan beban kerja setiap operasi, (b) merancang keseimbangan lintasan perakitan

dengan mempertimbangkan efisiensi lintasan, jumlah operator dan jumlah *bench* yang tersedia, dan (c) merancang ulang tataletak lintasan perakitan.

II. MODEL OPTIMASI LINTASAN

Tujuan formulasi ini adalah untuk menyeimbangkan beban kerja pada setiap operasi serta menentukan pemanfaatan sumberdaya yang dimiliki pada lintasan *Line Tesys* berupa jumlah operator dan *bench*. Berikut formulasi matematis yang digunakan dalam penelitian ini [6][7]:

$$W_n = W_s \times p \quad (1)$$

$$W_b = W_n \times (1 + l) \quad (2)$$

$$\text{kapasitas produksi operasi} = \frac{t \times s}{W_{bi}} \times Be \quad (3)$$

$$\text{efisiensi operasi} = \frac{K_i}{K_s} \times 100 \% \quad (4)$$

$$\text{efisiensi lintasan} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} \times 100 \% \quad (5)$$

Keterangan :

W_s : Waktu siklus

W_n : Waktu normal

p : faktor penyesuaian

W_b : Waktu baku

W_{bi} : Waktu baku operasi ke-i

l : faktor kelonggaran

t : waktu kerja dalam satu jam (detik)

s : Jumlah item per set – up

Be : jumlah *bench*

K_s : Kapasitas Perakitan

K_i : kapasitas operasi

n : jumlah stasiun kerja

W_i : efisiensi operasi ke-i

Formulasi (1) dan (2) digunakan setelah menghitung waktu siklus dengan metode pengukuran langsung menggunakan jam henti (stopwatch). Waktu normal ditentukan berdasarkan waktu elemen pekerjaan dan penentuan waktu baku operasi dilakukan berdasarkan beberapa elemen pekerjaan yang terkait dengan alat bantu / *bench* pada masing-masing operasi. Formulasi (3) bertujuan untuk menghitung kapasitas atau kemampuan produksi masing-masing operasi yang terdiri dari beberapa *bench*. Formulasi (4) dan (5) bertujuan untuk menentukan seberapa besar sumberdaya telah termanfaatkan dengan optimal pada setiap operasi dan lintasan perakitan

III. METODE PENELITIAN

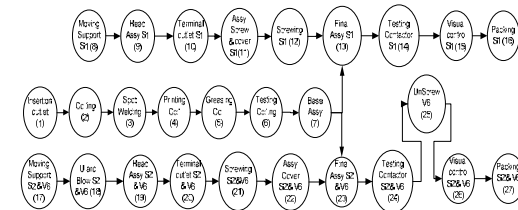
Perbaikan lintas perakitan mengikuti metodologi dibawah ini [8] :

1. Pembuatan *Operation Process Chart*, *Assembly Chart* dan *Precedence diagram* untuk proses perakitan

2. Penentuan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran
3. Pengambilan data waktu elemen kerja
4. Perhitungan waktu normal dan waktu baku
5. Pengambilan data jenis alat bantu, luasan yang tersedia dan aliran proses.
6. Mengolah data keseimbangan lintasan
7. Perancangan ulang tataletak lintas perakitan. perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan luas teteletak yang tersedia berdasarkan jumlah alat bantu, dimensi *bench* dan jarak antar *bench*.

IV. STUDI KASUS

PT. X menghasilkan alat-alat elektronik dengan jenis usaha *General Assembler* yang menerima order dari berbagai pengguna elektronik di dunia. Perusahaan ini memiliki banyak lintas perakitan, salah satunya *Line Tesys* yang memproduksi alat-alat pengatur arus listrik. Alat-alat ini dirakit dengan bantuan manusia dan ditambah alat bantu perakitan. Sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan ke dalam beberapa pusat pekerjaan yang disebut *bench*. Urutan operasi *product family* lintas perakitan *Line Tesys* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Precedence Diagram*

Line Tesys Terdapat 27 operasi dimana setiap operasi dilakukan pada satu atau lebih *bench*. Masing-masing *bench* terdiri dari 1 orang operator yang bekerja menggunakan alat bantu yang spesifik untuk setiap operasi. Elemen pekerjaan yang dilakukan oleh operator bergantung dengan aktivitas dari alat bantu. Adapun elemen pekerjaan pada *Line Tesys* terdiri dari 144 elemen pekerjaan. Daftar elemen pekerjaan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Elemen Pekerjaan

Tabel 2. Perhitungan Efisiensi Lintasan sekarang

Berdasarkan tabel diatas diperoleh hasil perihitungaan efisiensi lintasan 71.44%. hasil ini menunjukan masih belum seimbangnnya beban kerja pada setiap operasi yang dikerjakan oleh operator yang menggunakan alat bantu.

V. PERBAIKAN KESEIMBANGAN LINTASAN

Perbaikan lintas perakitan dilakukan dengan cara menentukan jumlah kapasitas *Line Tesys* untuk setiap jamnya. Hasil perhitungan kapasitas lintasan diperoleh *product family Line Tesys* memproduksi 672 unit/jam. Karena ketergantungan elemen pekerjaan terhadap alat bantu yang tersedia, maka penyeimbangan beban kerja dilakukan dengan cara menghitung beban kerja setiap operasi serta menyeimbangkan dengan kapasitas lintasan.

Penyusunan tataletak usulan dilakukan berdasarkan jumlah ketersediaan operator dan *bench* dalam setiap operasi. Hasil perbaikan keseimbangan lintasan diperoleh 63 operator yang kerja pada setiap *bench*. Perhitungan perbaikan keseimbangan lintasan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbaikan Efisiensi Lintasan

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

1. Kapasitas *product family Line Tesys* untuk *product variant S1, S2 dan V6* adalah 672 unit/jam.
2. Hasil pengolahan data diperoleh efisiensi lintas perakitan sekarang sebesar 71.44%. hal ini menunjukkan bahwa tidak termanfaatkannya sumberdaya secara optimal. Setelah dilakukan perbaikan, diperoleh efisiensi lintas perakitan menjadi 80.75%.
3. Lintas perakitan sekarang membutuhkan 75 *bench* untuk melakukan aktivitas produksi. Setelah dilakukan penyeimbangan beban kerja, maka lintas perakitan usulan membutuhkan 63 *bench*.

4. Total *space* tataletak yang tersedia pada lintas perakitan sekarang adalah 437.88 m². Tataletak usulan membutuhkan *space* sebesar 341.94 m². Hal ini menunjukan terjadi pengurangan *space* sebesar 21.9% dari *space* yang tersedia.

Perbaikan keseimbangan lintas perakitan *Line Tesys* belum optimal karena lintasan ini masih mengadopsi strategi *push system*. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode *pull system*. Hal ini bertujuan untuk meminimasi waktu menganggur operator pada lantai produksi. Pencapaian efisiensi lintas perakitan 100% dapat dicapai apabila sumberdaya pada lintas perakitan termanfaatkan secara optimal. Hal ini dapat dicapai dengan penerapn sistem *Just In Time* pada Lintas perakitan *Line Tesys*

VII. DAFTAR PUSTAKA

1. Gasperz, Vincent. (2001). *Production Planning and Inventory Control*. PT Gramedia. Jakarta
2. Dian, R.S dan Anastasia, L.M., (2005). Perancangan Keseimbangan Lintas dan Layout PT.X dengan Mempertimbangkan Ketersediaan Jumlah Operator dan Mesin. *Seminar Sistem Produksi VII 2005*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya.
3. Tompkins, J.A. White, J.A/Brozer Y.A, Frazalle. E.H, Tanchoco, J.M.A, Trevino. (1996). *Facilities Planning*. Second Edition, John Willy & Sons Inc. USA.
4. Kusuma, Hendra. (2004). *Menejemen Produksi. Perencanaan & Pengendalian Produksi*, ANDI Yogyakarta. Yogyakarta
5. Bedworth, David D, James E. Bailey, (1987). *Integrated Production Control System. Management, Analysis, Design 2E*. Arizona. Jhon Wiley & Son.
6. Satalaksana. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja*. Jurusan Teknik Industri ITB. Bandung.
7. Wignjosobroto, Sritomo. (2000). *Ergonomi, Study Gerakan Dan Waktu*. Prima Printing. Surabaya.
8. Didier, Ardeley. (2005). *Line Architecture Design Methodology*. Schneider Production System.

Perbaikan Faktor Mesin dengan Tinjauan RCFA pada Bagian Body Preparation Industri Keramik

Indra Almahdy¹, Hery Pramono²

Teknik Industri, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

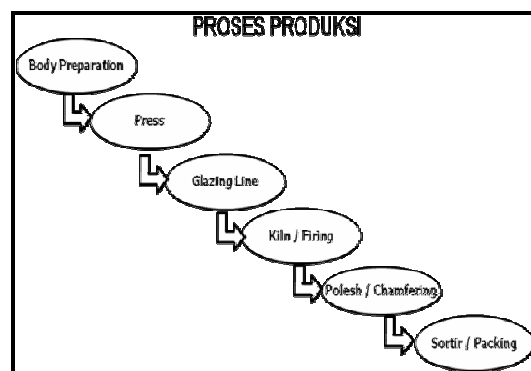
Abstract-- Body preparation as the earliest process of making ceramic must absolutely maintain quality so that it is not to damage the next process. At the beginning, three largest problems, Granulation 35 Mesh, Water Levels, and Iron Oxide Contamination must be resolved. Numerous supporting basic tools such as pareto diagrams, scatter analysis, fishbone, factor tree analysis, 5 Why's, 5W1H, to the specific Root Causes Failure Analysis (RCFA). Activities were limited in machine factor / equipment subsystem, where the results show reduction of Corrective Action (TP, tindakan perbaikan) at QC, and increase the ratio of KW1 up to 4.052% during two-year examinations

Keywords: Quality improvement, problem solving, RCFA, 5W1H, 5 Why's

I. PENDAHULUAN

Proses Pembuatan Keramik

Proses pembuatan keramik granite meliputi 5 tahap yaitu tahap persiapan bahan, pencetakan, pengeringan, pembakaran dan pemolesan.



Gambar 1. Tahapan Proses Pembuatan Keramik Granito

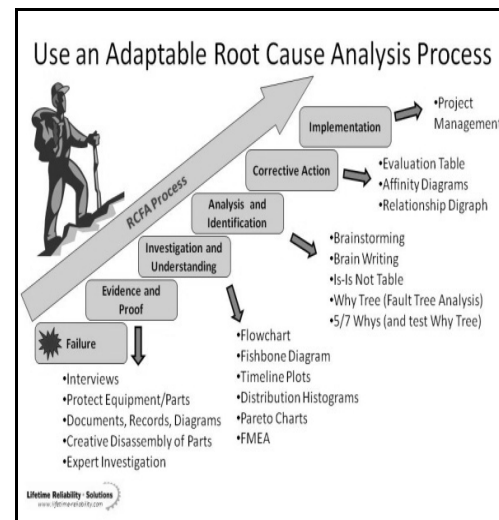
Kualitas produk sudah mulai ditentukan dari tahap pertama persiapan bahan. Bahan yang masih berupa adonan slip dalam Slip Tank/Colour Tank, akan disemprotkan dalam chamber spray drier untuk menjalani Proses Atomisasi. Dalam proses penyemprotan tersebut, banyak dijumpai masalah

yang sering terjadi dan terulang, antara lain: Ketidakstabilan densitas adonan yang berpengaruh terhadap keberhasilan pencapaian warna. Dengan demikian losses waktu dan material sulit ditekan. Dan bila dipaksakan, akan berpengaruh terhadap kualitas akhir produk. Selanjutnya adalah kapasitas produksi sering tidak sesuai dengan perencanaan, efisiensi, efektifitas, kualitas, dan produktifitas yang diharapkan. .

II. TEORI

Root Cause Failure Analysis (RCFA)

Menyiratkan suatu tindakan analisa yang komprehensif terhadap semua aspek akar penyebab (Fisik, Manusia, Laten), tapi konotasi analisisnya lebih ke arah hal-hal mekanis saja. Bagi kebanyakan orang, kata "Failure" memiliki konotasi mekanis. Analisa akar penyebab kegagalan pemakaiannya lebih luas dari sekedar situasi mekanis saja. Paradigma yang salah ini sudah seharusnya diluruskan. (Latino, 2002)



Gambar 2 RCFA Process

III. PERBAIKAN

Data akumulasi TP (Tindakan Perbaikan) yang dikeluarkan oleh bagian QC kepada bagian Body Preparation sebagaimana pada tabel. Rasio Non KW1 Departemen Manufacturing. Data diolah, akumulasi dan prosentase totalnya diurutkan

berdasarkan frekuensi terbesar. Pareto Graph dibuat untuk menentukan Major Cause yang perlu mendapat perhatian sebagai berikut Semuanya ditunjukkan pada beberapa table dan gambar.

Tabel 1 Klasifikasi TP (Tindakan Perbaikan)
Body Preparation

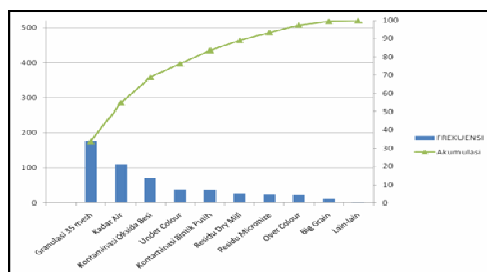
NO.	JENIS MASALAH	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	Granulasi 35 mesh	12	16	16	19	12	14	15	11	13	11	22	15
2	Kadar Air	9	5	8	5	8	9	8	14	9	12	14	9
3	Kontaminasi Oksida Besi	7	6	5	7	8	4	9	9	4	6	2	5
4	Under Colour	3	5	3	3	4	3	2	3	2	4	2	5
5	Kontaminasi Bintik Putih/Hitam	2	2	4	5	4	3	5	2	3	3	1	4
6	Residu Dry Mill	3	4	0	2	6	1	1	0	7	2	1	1
7	Residu Micronize	3	2	3	2	3	2	3	0	3	1	0	1
8	Over Colour	2	3	5	1	0	7	0	0	1	3	0	0
9	Big Grain	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	2	2
10	Lain-lain	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JUMLAH TP		43	43	45	44	45	44	44	41	43	43	44	42

Tabel 2. Rasio Non KW1 Departemen
Manufacturing

No	Pembandingan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sep	Oktr	Nop	Des	Avg
1.	KW V	2,9	3,1	4,9	3,7	4,1	4,7	5,1	3,9	4,2	4,9	4,3	3,7	4,125
2.	KW S	0,3	0,5	0,5	0,4	1,1	0,8	0,4	0,3	0,7	0,5	0,2	0,6	0,525
3.	KW SS	5,1	3,5	4,7	4,3	3,1	3,1	3,8	2,8	2,7	2,5	3,9	3,1	3,55
4.	Rejet Poles	1,2	1,1	0,9	0,8	1,5	1,6	0,9	0,7	1,4	1,3	1,4	1,3	1,175
5.	Rejet Kiln	1,1	0,9	0,6	0,9	1,2	1,1	0,9	1,5	0,9	1,4	1,3	1,1	1,075
6.	Scrap Poles	2,5	3,4	3,7	2,9	2,7	2,1	3,2	2,7	2,9	3,1	2,3	2,7	2,85
7.	Scrap Kiln	0,7	0,8	0,5	0,8	1,3	0,9	0,7	0,3	0,5	0,7	1,1	0,4	0,725
8.	Waze GT Press	2,3	3	2,8	2,7	2,9	2,4	2,1	1,9	2,1	2,3	2,7	1,9	2,425
9.	Waze GT Kiln	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,2	0,9	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,875
	Total Non KW 1	17	17,1	18,4	17,4	19	17,9	18	14,9	16,1	17,6	17,9	15,6	17,325
	Rasio KW 1	83	82,9	80,6	82,6	81	82,1	82	85,1	83,9	82,4	82,1	84,4	82,675

Tabel 3 Akumulasi TP (Tindakan Perbaikan)
Body Preparation

NO.	JENIS MASALAH	FREKUENSI	(%)
1	Granulasi 35 mesh	176	33,78
2	Kadar Air	110	21,11
3	Kontaminasi Oksida Besi	72	13,82
4	Under Colour	39	7,49
5	Kontaminasi Bintik Putih/Hitam	38	7,29
6	Residu Dry Mill	28	5,37
7	Residu Micronize	23	4,41
8	Over Colour	22	4,22
9	Big Grain	11	2,11
10	Lain-lain	2	0,38
JUMLAH		521	100



Gambar 3 Pareto Graph Akumulasi TP Body Preparation

Dari data tabel Rasio Non KW1 Departemen Manufacturing terlihat bahwa pencapaian target rasio KW1 sebesar 85 % tidak berhasil dicapai.

Bila diperhatikan dengan seksama, terlihat bahwa prosentase KW V menempati posisi rasio tertinggi penyebab Hasil Non KW1, dengan average rata-rata 4,125 % dari total hasil produksi perbulan.

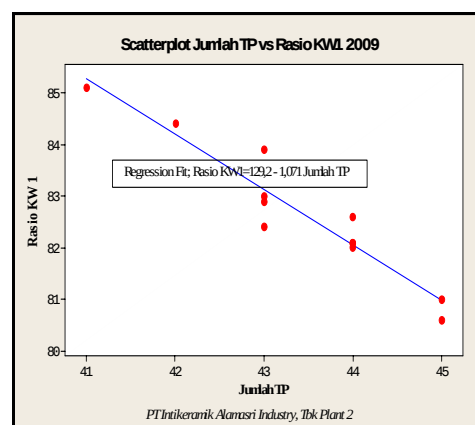
KW V adalah produk non KW1 yang disebabkan karena masalah cacat visual (shading, colour, corak, dll), sementara kondisi fisiknya sebenarnya tidak ada cacat fisik (gompel, retak, planar, dll) sesuai standar produk KW1. Bila ditelusuri, proses persiapan bahan dan pewarnaan material di awal proses sering menjadi penyebabnya.

Dengan demikian, sesuai asumsi awal bahwa dengan menyelesaikan masalah-masalah yang timbul di awal proses persiapan material, diharapkan dapat membantu menurunkan rasio Non KW1 terhadap KW1 dan mampu memenuhi target 85 % Rasio KW1 yang diinginkan dianggap telah tepat sasaran. Untuk lebih meyakinkan, test korelasi menggunakan Scatter Diagram, dilakukan dengan menggunakan Minitab Release 14

Tabel nilai X sebagai Jumlah TP dan Y sebagai Rasio KW1. Untuk angka yang berwarna merah pada deretan baris terbawah adalah nilai total dari kolom di atasnya. Dengan membandingkan dan menghubungkan jumlah TP yang dikeluarkan oleh QC kepada bagian Body Preparation terhadap kenaikan dan penurunan Rasio KW1 produk.

Tabel 4. Nilai X dan Y uji korelasi Jumlah TP terhadap Rasio KW1

X=Jumlah TP	Y=Rasio KW 1	X ²	Y ²	XY
43	83	1849	6889	3569
43	82,9	1849	6872,41	3564,7
45	80,6	2025	6496,36	3627
44	82,6	1936	6822,76	3634,4
45	81	2025	6561	3645
44	82,1	1936	6740,41	3612,4
44	82	1936	6724	3608
41	85,1	1681	7242,01	3489,1
43	83,9	1849	7039,21	3607,7
43	82,4	1849	6789,76	3543,2
44	82,1	1936	6740,41	3612,4
42	84,4	1764	7123,36	3544,8
521	992,1	22635	82040,69	43057,7



Gambar 4 Scatterplot Jumlah TP vs Rasio KW

Variabel yang telah diperoleh digunakan untuk analisis uji korelasi (r).

PERHITUNGAN KOEFISIEN KORELASI	
Rumus dari Analisa korelasi adalah :	
$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$	$= \frac{-191,7}{\sqrt{40430,7}} = \frac{-191,7}{201,074}$
dimana :	
r : Koefisien korelasi	= -0,95338
n : Banyaknya pasangan data x dan y	= 12
$\sum x$: Jumlah nilai-nilai variabel x	= 521
$\sum y$: Jumlah nilai-nilai variabel y	= 992,1
$\sum x^2$: Jumlah kuadrat nilai-nilai variabel x	= 22635
$\sum y^2$: Jumlah kuadrat nilai-nilai variabel y	= 82040,7
$\sum xy$: Jumlah hasil kali nilai variabel x dan y	= 43057,7
ANALISA	
Nilai r mendekati (-1), menunjukkan bahwa variabel x dan y memiliki korelasi negatif yang kuat	
Berarti : semakin banyak jumlah TP yang ditemukan, semakin kecil rasio produk KW1 terhadap total produksi	

Gambar 5 Hasil perhitungan koefisien korelasi sebelum perbaikan

Diperoleh hasil koefisien korelasi yang kuat antara Jumlah Temuan TP yang dikeluarkan oleh QC kepada Departemen Body Preparation dengan Perbandingan Rasio Produk KW1 terhadap hasil produksi total.

Diketahui bahwa 68,74% dari jumlah TP yang dikeluarkan oleh QC kepada Bagian Body Preparation disebabkan oleh 30% dari 10 penyebabnya. 3 penyebab utama adalah: Granulasi 35 Mesh, Kadar Air, dan Kontaminasi Oksida Besi.

Granulasi 35 Mesh adalah temuan masalah oleh QC pada proses Vibrating Screen Atomisasi Spray Drier yang disebabkan oleh residu material yang dihasilkan terlalu kasar atau terlalu halus. Dari data TP ditemukan 176 kali kejadian yang menempatkannya pada urutan teratas penyebab masalah kualitas material di Body Preparation.

TP Kadar Air kering atau basah dikeluarkan oleh QC bila kadar air powder material yang dihasilkan oleh Spray Drier kurang dari atau lebih dari standar yang telah ditetapkan QC untuk jenis material tersebut. Kurang lebih berkisar antara 5% hingga 6% tergantung dari jenis material yang dibuat. Pengecekan kadar air material tersebut menggunakan Speedy Moisture Tester (alat tes kadar air) buatan Ashworth Instrumentation, England. Menggunakan rumus :

$Ka = (Wo - Wt) / Wt \times 100\%$, dimana :

Ka = prosentase kadar air

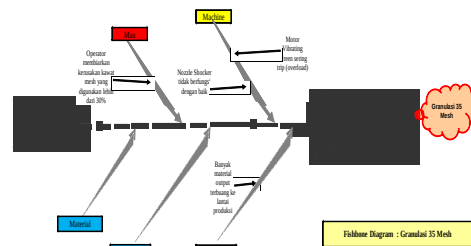
Wo = berat mula-mula

Wt = berat setelah dikeringkan

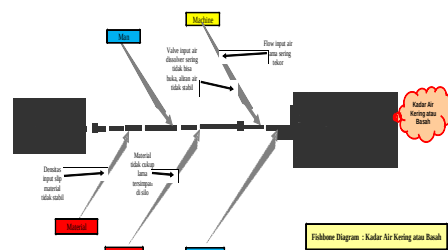
Kontaminasi Oksida Besi merupakan temuan masalah QC pada Body Preparation yang disebabkan oleh masalah pada mesin Magnet Separator. Oksida Besi yang tidak dikehendaki secara efektif dapat menyebabkan timbulnya penggelapan warna pada proses pemutihan keramik.

Beberapa target yang ditetapkan adalah: Menurunkan jumlah TP BP untuk menaikkan rasio Produk KW1, Rasio Average KW1 naik dari 82,675% menjadi 85%

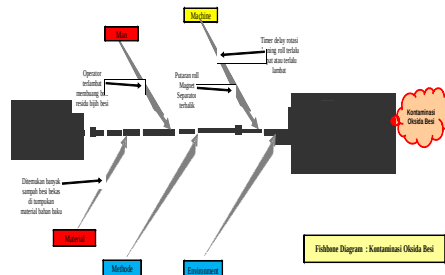
Temuan di lapangan dengan potensi masalah yang ditimbulkan dikelompokkan berdasarkan Faktor Man, Machine, Material, Methode, Medium / Environment, menggunakan Fishbone Diagram.



Gambar 6 Fishbone Diagram Granulasi 35 Mesh



Gambar 7 Fishbone Diagram Kadar Air



Gambar 8 Fishbone Diagram Kontaminasi Oksida Besi

Selanjutnya dilakukan proses screening menggunakan Factor Tree Analysis mengacu pada kelima faktor *Man, Machine, Material, Methode, dan Environment*. Tujuannya untuk membandingkan kondisi ideal dan kondisi nyata terhadap faktor-faktor dari 5M yang akan diinvestigasi lebih lanjut dengan 5 Why's, ditunjukkan pada table. Dari tabel 5 M, ada beberapa masalah yang seharusnya ditindaklanjuti, dari faktor *Man, Machine, dan Environment*. Namun faktor *Machine* saja, sementara *Man* dan *Environment* dieliminasi di luar batas masalah. Secara khusus masalah nozzle shocker tidak berfungsi dan motor vibrating sering trip yang ditindaklanjuti.

Tabel 5. Screening Factor Tree Analysis
Granulasi 35 Mesh

Problem : Granulasi 35 Mesh									
NO FAKTOR	TEMUAN	VISUALISASI	POTENSI MASALAH	DATA KERUSAKAN	QUALITY JUDGMENT	DECISION			
				Freq % Ket					
1 MESIN	Nozzle Shocker tidak berfungsi dengan baik		Timbul pengumpulan pada ujung nozzle yang serakibat ketidakstabilan samburan material	54 24,22	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Proceed to 5 Why's Analysis		
2 MANU- SIA	Operator membiarkan kerusakan kawat mesh yang digunakan lebih dari 30%	No Picture	Banyak partikel over size yang lolos dari ayakan	33 14,8	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Uncontrollable cause		
3 MESIN	Motor Vibrating Screen sering trip (overload)		Flow material menumpuk di atas vibrating screen, operator harus menghentikan aliran material	53 23,77	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Proceed to 5 Why's Analysis		
4 MATERI AL	Tidak ada temuan	No Picture	Tidak ada	0 0	Databas e Daily Report Prod & Eng	O	No Action		
5 METOD E	Tidak ada temuan	No Picture	Tidak ada	0 0	Databas e Daily Report Prod & Eng	O	No Action		
6 MEDIU M / ENVIRO NMENT	Banyak material output terbuang ke lantai produksi	No Picture	Produktivitas turun, waste material tinggi	83 37,22	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Uncontrollable cause		

Tabel 6. Screening Factor Tree Analysis Kadar Air

Problem : Kadar air kering atau basah									
NO FAKTOR	TEMUAN	VISUALISASI	POTENSI MASALAH	DATA KERUSAKAN	QUALITY JUDGMENT	DECISION			
				Freq % Ket					
1 MESIN	Valve input air dissolve sering tidak bisa buka, aliran air tidak stabil		Densitas material yang dikembalikan oleh dissolve ke slip tank tidak stabil	36 35,64	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Proceed to 5 Why's Analysis		
2 MESIN	Flow input air utama sering tekor		Tekanan piston pump tidak stabil, standar 18-20 bar sulit dicapai. Hasil powder terlalu sering	28 27,72	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Proceed to 5 Why's Analysis		
3 MANU- SIA	Tidak ada temuan	No Picture	Tidak ada	0 0	Databas e Daily Report Prod & Eng	O	No Action		
4 MATERI AL	Densitas input slip material tidak stabil	No Picture	Operator harus menyesuaikan temperatur burner dan tekanan piston pump. Kadar air powder tidak stabil	23 22,77	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Uncontrollable cause		
5 METOD E	Material tidak cukup lama tersimpan di silo	No Picture	Kadar air material masih basah di atas 6%	14 13,86	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Uncontrollable cause		
6 MEDIU M / ENVIRO NMENT	Tidak ada temuan	No Picture	Tidak ada	0 0	Databas e Daily Report Prod & Eng	O	No Action		

Temuan masalah mengenai valve air yang sering tidak bisa buka dan flow input air utama yang sering tekor yang ditindaklanjuti.

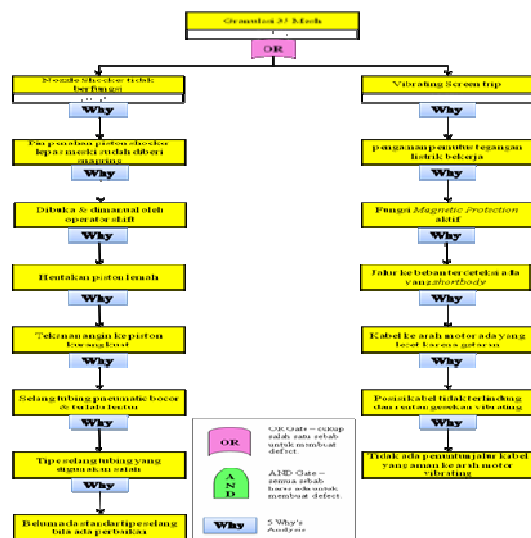
Sementara untuk screening factor tree analysis Kontaminasi Oksida Besi diperoleh hasil sebagaimana pada table.

Dalam hal ini, hanya temuan masalah putaran roll magnet separator terbalik dan timer delay rotasi cleaning roll terlalu cepat atau terlalu lambat yang akan ditindaklanjuti.

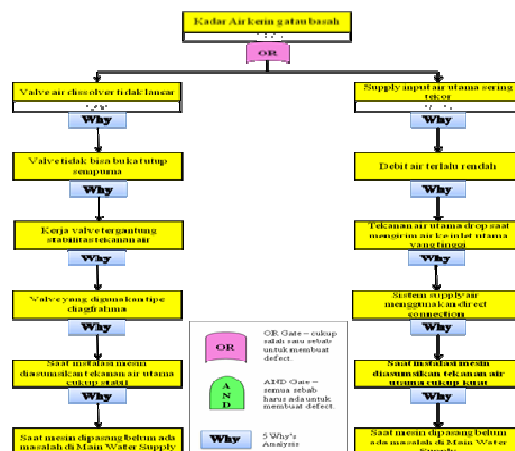
Selanjutnya digunakan tools 5 Why's dan proses sosialisasi berpikir ilmiah dengan papan technical information

Tabel 7. Screening Factor Tree Analysis
Kontaminasi Oksida Besi

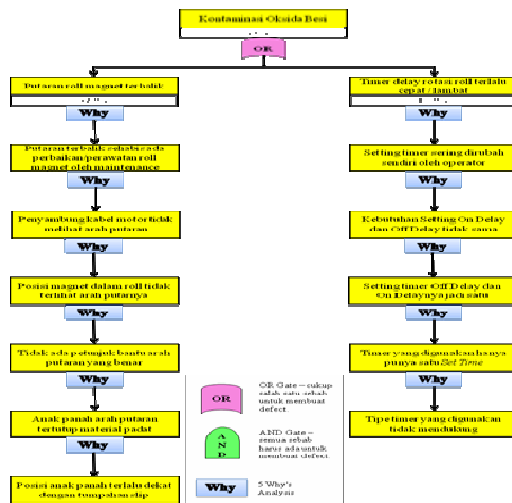
Problem : Kontaminasi Oksida Besi									
NO FAKTOR	TEMUAN	VISUALISASI	POTENSI MASALAH	DATA KERUSAKAN	QUALITY JUDGMENT	DECISION			
				Freq % Ket					
1 MESIN	Putaran roll Magnet Separator terbalik		Bijih besi yang diangap roll magnet tidak terbuang dengan baik	36 37,5	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Proceed to 5 Why's Analysis		
2 MATERI AL	Ditemukan banyak sampah besi bekas di tungkapan material bahan baku	No Picture	Peluang bijih besi yang ikut tergores semakin besar. Kerja magnet separator semakin berat	12 12,5	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Uncontrollable cause		
3 MESIN	Timer delay rotasi cleaning roll terlalu cepat atau terlalu lambat		Tingkat kelulusan bijih besi semakin besar, pembangunan hand angkapan bijih besi tidak sempurna	41 42,71	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Proceed to 5 Why's Analysis		
4 MANU- SIA	Operator terlambat membuang box residu bijih besi		Residu bijih besi bisa kembali masuk ke dalam slip tank	7 7,292	Databas e Daily Report Prod & Eng	X	Uncontrollable cause		
5 METOD E	Tidak ada temuan	No Picture	Tidak ada	0 0	Databas e Daily Report Prod & Eng	O	No Action		
6 MEDIU M / ENVIRO NMENT	Tidak ada temuan	No Picture	Tidak ada	0 0	Databas e Daily Report Prod & Eng	O	No Action		



Gambar 9 Penelusuran Akar Masalah Granulasi 35 Mesh Kasar/Halus



Gambar 10 Penelusuran Akar Masalah Kadar Air Kering / Basah



Gambar 11. Penelusuran Akar Masalah Kontaminasi Oksida Besi

Selanjutnya dibuat program perbaikan secepatnya berdasarkan prinsip 5W1H, agar lebih terarah dan terencana dengan baik, pada Tabel.

Rencana penanggulangan kemudian direalisasikan secara bertahap sesuai dengan *time phase* yang sudah direncanakan. Menyelesaikan hanya satu root cause tidak menjamin seluruh persoalan terselesaikan. Keenam butir perbaikan yang sudah direncanakan dilaksanakan semua untuk menyelesaikan ketiga masalah utama tersebut.

Uraian pekerjaan perbaikan yang telah dilakukan sebagai berikut :

1. Penggantian tipe selang tubing PU (Polyurethane) yang digunakan pada sistem pneumatic nozzle shocker karena kurang tahan terhadap lingkungan yang panas dan hanya memiliki temperature range -30 to 90° C saja. Sementara temperature dinding luar chamber bisa mencapai 95°C pada siang hari. Pengganti yang paling mungkin adalah selang tubing PTFE (Polytetrafluorethylene) berbahan dasar teflon yang memiliki temperature range lebih lebar yaitu -180 to 270°C.
2. Pemasangan pipa penuntun jalur kabel ke arah motor Vibrating Screen adalah pekerjaan yang pertama kali diselesaikan karena terkait dengan faktor safety equipment dan operator. Cukup membutuhkan pipa ½ inch untuk kabel power sebanyak satu setengah batang (6 meter) untuk melakukan pekerjaan ini. Yang menjadi perhatian utama adalah penempatan jalur pipa sebagai pelindung kabel harus bisa efektif mengurangi kerusakan kabel akibat gesekan dan getaran body vibrating screen.
3. Penggantian tipe valve air *Dissolver* model SIRAI tipe L 182-NPT port 1 inch, 2/2 NC (Normally Closed), Pilot Operated, karena menggunakan sistem *diagrahm operated* yang rentan terhadap perubahan tekanan air inlet di

bawah 1 bar. Alternatif pengganti dipilih model KITZ *double acting pneumatic actuator valve FA-1 port 1 inch* yang menggunakan sistem *pneumatic operated* sehingga kinerjanya tidak terpengaruh oleh tekanan air

Tabel 8. Rencana Perbaikan Body Preparation

Rencana Perbaikan Body Preparation		WHAT	WHY	HOW	WHERE	WHO	WHEN	HOW MANY
Factor	Problem	Penyebab & Solusi	Alasan & Target	Detail Aktivitas	Tempat	PIC	Kapan	Jumlah Part
Machine	Granulasi 35 Mesh	Penyebab: Nozzle Shocker tidak berfungsi Solusi: Penggantian tipe selang pemanas dari PU ke PTFE yang lebih tahan temperature hingga 270°C	Alasan: Agar tambahan material dapat lebih stabil Target: Jumlah TP problem granulasi 35 Mesh dapat diurankan	1. Pendataan jumlah nozzle shocker yang masih menggunakan selang tubing PU 2. Order Part Selang Tubing PTFE Nylon 3. Penggantian Part 4. Evaluasi hasil	Spray Drier Body Preparation	Heri Pramono Liam Swie King Kuat Priyati	Mid Februari '10	3 Mesin x 10 Lusin x 1,5 m = 45 meter selang tubing PTFE
Machine	Granulasi 35 Mesh	Penyebab: Vibrating Screen sering trip Solusi: Pemasangan pipa penuntun jalur kabel yang aman ke arah Motor Vibrating Screen	Alasan: Agar proses produksi di Spray Drier sering tidak terbeli riba-riba Target: Jumlah TP problem granulasi 35 Mesh dapat diurankan	1. Penentuan jalur yang aman buat kabel motor 2. Penghitungan kebutuhan pipa 3. Order part 4. Pemasangan pipa 5. Evaluasi hasil	Spray Drier Body Preparation	Heri Pramono Liam Swie King Kuat Priyati	End Januari '10	3 Mesin x 1 Vibrating Screen x 6 meter = 18 meter pipa kabel
Machine	Kadar Air	Penyebab: Valve air Dissolver tidak lancar Solusi: Penggantian jenis valve dari sistem diafragma menjadi sistem pneumatic actuator	Alasan: Agar proses supply Dissolver lebih lancar Target: TP problem kadar air kering/basah dapat diurankan	1. Pendataan jumlah valve yang akan diganti 2. Order Part Pneumatic Actuator butterfly Valve 3. Pemasangan Part 4. Evaluasi hasil	Spray Drier Body Preparation	Heri Pramono Liam Swie King Kuat Priyati	End Februari '10	3 Mesin x 2 Valve = 6 pcs pneumatic actuator valve KITZ 1 inch double acting
Machine	Kadar Air	Penyebab: Suplai input air utama sering ubur Solusi: Pemindahan tangki air reservoir sebelum Inlet Air Utama menentang jalur pipa yang tadinya Direct Connection	Alasan: Agar kebutuhan air main tetap tercukupi Target: TP problem kadar air kering/basah dapat diurankan	1. Perancangan posisi pemasangan tangki reservoir 2. Order Part 3. Pemasangan Tangki reservoir 4. Penambahan pelampung otomatis 5. Evaluasi hasil	Spray Drier Body Preparation	Heri Pramono Liam Swie King Kuat Priyati	Mid March '10	3 Mesin x 1 Tangki = 3 pcs reservoir kapasitas 1000 liter = 3 pcs sistem pelampung otomatis
Machine	Oksida Besi	Penyebab: Putaran roll magnet terlalu cepat atau terlalu lambat Solusi: Pemindahan posisi anak panah arah putaran ke tempat yang tidak mudah tertutup tumpahan material	Alasan: Agar result serbuk besi yang tertinggal dapat terhisap maksimal Target: TP problem kontaminasi oksida besi dapat diurankan	1. Penentuan posisi yang tepat untuk penunjuk arah putaran 2. Pembuatan anak panah arah putaran 3. Evaluasi hasil	Magnet Separator Body Preparation	Heri Pramono Liam Swie King Kuat Priyati	End Januari '10	2 Mesin x 2 anak panah = 4 pcs anak panah baru
Machine	Oksida Besi	Penyebab: Timer delay rotasi roll terlalu cepat atau terlalu lambat Solusi: Penggantian tipe timer delay Omron HOCR-AB dengan tipe Omron HOCR-FB yang memiliki fitur Twin Timer	Alasan: Untuk memperkecil jomok kebekasan serbuk besi Target: TP problem kontaminasi oksida besi dapat diurankan	1. Verifikasi dan adaptasi sistem timer yang sudah ada dgn timer pengantinya 2. Order Part 3. Penggantian Part 4. Pemeliharaan sepoint standar 5. Evaluasi hasil	Magnet Separator Body Preparation	Heri Pramono Liam Swie King Kuat Priyati	Mid Februari '10	2 Mesin x 1 Timer = 2 pcs Timer HOCR-FB coil 220 Vac

4. Pekerjaan penambahan tangki air inlet utama spray drier adalah pekerjaan yang sedikit lebih berat dibanding pekerjaan yang lain. Karena itu penulis meminta bantuan bagian mekanik untuk teknis pemasangannya. Sebab ide pemasangan tangki reservoir inipun sebenarnya berasal dari mereka. Berbekal referensi dari mereka pula maka dipilih tangki reservoir kapasitas 1000 liter untuk dipasang memotong jalur pipa inlet utama yang tadinya tersambung langsung dengan valve inlet air mesin. Demi menjaga agar air tidak luber bila proses spray tidak sedang membutuhkan air, maka dipasang juga sistem pelampung otomatis yang mematikan suplai air bila tangki reservoir sudah penuh.
5. Pemindahan posisi anak panah penunjuk arah putaran ke posisi yang aman dari tumpahan material slip bukan suatu hal yang mudah pada mesin magnet separator. Area yang selalu

basah dan dikelilingi lumpur material hampir tidak memungkinkan adanya area atau bagian mesin yang bebas dari tumpahan material. Setelah berdiskusi dan mendapat masukan dari operator sebagai pengguna mesin, diputuskan untuk menempatkan penunjuk arah yang baru pada tutup kipas motor roll magnet. Dengan pertimbangan bahwa daerah itu tergolong daerah paling bersih karena paling jauh jaraknya dengan sumber tumpahan material.

6. Pelaksanaan penggantian timer rotasi roll magnet dari tipe OMRON H3CR-A8 menjadi tipe OMRON H3CR-F8 yang memiliki fitur *Twin Timer*, sedikit meleset dari jadwal semula karena ketidakterediaan spare part yang dibutuhkan dan harus indent kurang lebih 3 minggu untuk mendatangkan spare part tersebut. Setelah part datang dan dilakukan penggantian part langkah selanjutnya adalah membakukan setpoint baru tersebut ke dalam SOP.

IV. EVALUASI

Perbaikan kecil dan penyesuaian-penyesuaian dari pekerjaan yang sudah dilaksanakan terus dilakukan untuk menjamin terus tercapainya target yang diinginkan. Data rincian jumlah TP yang dikeluarkan kepada bagian Body Preparation ditunjukkan pada tabel:

Bila dilihat, ketiga masalah utama yang menjadi object penelitian mengalami penurunan jumlah claim TP yang cukup signifikan dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Posisi "Kontaminasi Oksida Besi" berhasil turun pada posisi 6 dengan prosentase penurunan sebesar 20,04%, Granulasi 35 Mesh dengan prosentase penurunan sebesar 41,29%, lalu Kadar Air dengan prosentase penurunan sebesar 39,60%.

Kecenderungan korelasi antara perbaikan-perbaikan yang dilakukan terhadap Penurunan Rasio Non-KW1 (Peningkatan Rasio KW1) tetap kuat. Dari hasil perhitungan di atas, masih didapatkan hasil koefisien korelasi yang kuat (-0,96545) antara Jumlah Temuan TP yang dikeluarkan oleh QC kepada Departemen Body Preparation dengan Perbandingan Rasio Produk KW1 terhadap total produksi. Dan bila diasumsikan, dengan tanpa adanya perbaikan dianggap rasio KW1 tetap sama dengan tahun sebelumnya, maka pencapaian real rasio KW1 sebesar 86,025% atau selisih KW1 sebesar 3,35% dari tahun sebelumnya. Secara potensial terdapat kontribusi tambahan pemasukan sebesar $(3,35\% \times 2.154.246 \text{ m}^2 \text{ total produksi tahunan}) \times \text{Rp.150.000}$ harga rata-rata keramik KW1 = Rp. 10.825.086.150

V. KESIMPULAN

1. Peningkatan prosentase rasio KW1 terhadap total hasil produksi sebesar 86,025%, melebihi target 85%. Atau terjadi peningkatan sebesar 4,052%
2. Masalah Kontaminasi Oksida Besi turun pada posisi 6 dengan prosentase penurunan sebesar 20,04%, Granulasi 35 Mesh dengan prosentase penurunan sebesar 41,29%, lalu Kadar Air dengan prosentase penurunan sebesar 39,60% dibanding tahun sebelumnya. Dengan demikian terbukti bahwa penggunaan metode RCFA dalam proses problem solving dapat menghasilkan penurunan jumlah TP yang dikeluarkan QC kepada Bagian Body Preparation secara cukup signifikan.
3. Hasil perhitungan koefisien korelasi antara jumlah TP yang dikeluarkan QC dengan pencapaian Rasio KW1 Departemen Manufacturing, terbukti secara konsisten mampu memberikan pengaruh yang kuat (koefisien korelasi mendekati (1) terhadap peningkatan kualitas keramik
4. Pencapaian rasio KW1 sebesar 86,025% atau selisih KW1 sebesar 3,35% berpotensi pada kontribusi tambahan pemasukan sebesar Rp. 10.825.086.150

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariani, Dorothea Wahyu. (1999). *Manajemen Kualitas*. Universitas Atmajaya Press. Jakarta.
- [2] Astuti. (1994). *Ilmu Pengetahuan Keramik*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [3] Dewan Standarisasi Nasional, Ubin Granito. (1996). *SNI 01-4061, Standar Nasional Indonesia*, Jakarta.
- [4] H. Van Vlack, Lawrence. (2005). *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*. Ed. 5. Erlangga. Jakarta.
- [5] Hartono. (1995). *Pengendalian Bahan Mentah Keramik*. Balai Besar Industri Keramik, Bandung.
- [6] IKAI Annual Report. (2008).
- [7] Liker, Jeffrey K., and Meier, David. (2006) *The Toyota Way Fieldbook: a Practical Guide for Implementing Toyota's 4 P*. McGraw Hill Companies.
- [8] Masters, K. (1985) *Spray Drying Handbook*. Ed 4, New York, 1985.
- [9] McCabe, Warren L., (1999). *Operasi Teknik Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Sarwono. (1987). *Ilmu Tanah*. PT. Melton. Jakarta.

Pemanfaatan Batubara Dalam Sektor Industri

Isworo Pujotomo

Sekolah Tinggi Teknik PLN,

d/a Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750

E-mail : isworop@yahoo.com,

Abstrak---Sejalan dengan kebijakan diversifikasi energi maka batubara diharapkan dapat berperan sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi yang diperkirakan oleh para ahli akan habis secara ekonomi pada tahun 2020. Adanya perkembangan yang pesat dari pemakaian bahan baku minyak dan gas bumi sebagai bahan bakar maupun sebagai bahan baku industri menimbulkan permasalahan tersendiri pada masa mendatang mengingat keterbatasan sumber daya alam berupa minyak dan gas bumi. Oleh karena itu sudah sewajarnya permasalahan ini diatasi dengan mencari alternatif untuk menggantikan peranan minyak bumi dan gas bumi sebagai bahan baku industri. Alternatif-alternatif yang ada dapat berupa pemakaian batubara yang mempunyai jumlah banyak di Indonesia. Sampai saat ini sebagian besar batubara dimanfaatkan sebagai bahan bakar PLTU dan untuk masa-masa mendatang diperkirakan penggunaan batubara untuk bahan bakar pembangkit listrik semakin dominan. Selain sebagai energi untuk pembangkit listrik, batubara juga telah dimanfaatkan pada industri semen, industri kecil dan rumah tangga, briket dan sebagainya. Dalam upaya mengoptimalkan pemakaian batubara sebagai bahan baku industri, dalam tulisan ini akan dibahas tentang pemanfaatan batubara yang meliputi potensi dan proses teknologi yang sesuai dengan peluang pasar.

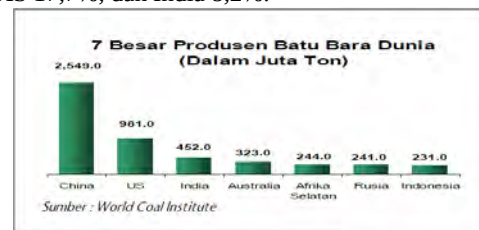
Kata kunci : pemanfaatan batubara

1. PENDAHULUAN

Konsumsi batubara dalam beberapa tahun terakhir mengalami kenaikan yang sangat pesat. Bila pada 1990 total konsumsi batubara dunia baru mencapai 3.461 juta ton, pada 2007 meningkat menjadi 5.522 juta ton atau meningkat sebesar 59,5%, atau rata-rata 3,5% per tahun. *International Energy Agency* (IEA) memperkirakan konsumsi batubara dunia akan tumbuh rata-rata 2,6% per tahun antara periode 2005-2015 dan kemudian melambat menjadi rata-rata 1,7% per tahun sepanjang 2015-2030. Meningkatnya konsumsi batubara dunia tidak terlepas dari meningkat pesatnya permintaan energi dunia dimana batubara merupakan pemasok energi kedua terbesar setelah

minyak dengan kontribusi 26%. Peran ini diperkirakan akan meningkat menjadi 29% pada 2030. Sedangkan kontribusinya sebagai pembangkit listrik diperkirakan juga akan meningkat dari 41% pada 2006 menjadi 46% pada 2030. Meningkatnya peran batubara sebagai pemasok energi di masa-masa mendatang membuat industri ini memiliki daya tarik yang sangat besar bagi para investor tak terkecuali di Indonesia.

Produsen batubara terbesar dunia tercatat China, AS, India, Australia, Afrika Selatan dan Indonesia. Pada 2007, ketujuh negara produsen ini menghasilkan sekitar 90,6% dari total produksi batubara dunia. China merupakan produsen terbesar yang menyumbang hampir separuh produksi dunia yakni 46% pada 2007, diikuti oleh AS 17,7%, dan India 8,2%.

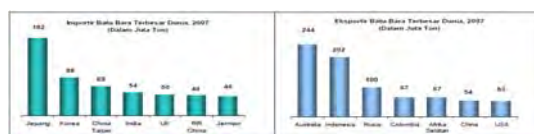


Gambar Diagram 7 Besar Produsen Batu Bara Dunia

(93%), Afrika Selatan (93%), Australia (80%), China (78%), India (69%), Maroko (69%), Khazastan (70%), dan Indonesia (71%). Disamping pembangkit listrik, batubara juga banyak digunakan pada industri baja. Sekitar 13% dari produksi batubara ketel uap (hard coal) dialokasikan untuk industri ini dan hampir 70% dari produksi baja global tergantung kepada batubara.

Pasar batubara terbesar adalah Asia yang mengkonsumsi sekitar 54% dari konsumsi batubara dunia. Tingginya konsumsi batubara negara-negara Asia menyebabkan impor batubara terbesar berasal 34,4%. Sedangkan sebagai pembangkit listrik batubara memberikan kontribusi paling besar (41%) diantara sumber energi lainnya seperti gas (20,1%), hydro (16%), nuklir (14,8%), dan minyak (5,8%). Di sejumlah negara peran batubara sebagai pembangkit listrik bahkan sangat dominan seperti di Polandia.

Batubara memainkan peran yang semakin baik sebagai sumber energi primer maupun pembangkit tenaga listrik. Pada 2006, batubara memberikan kontribusi sebesar 26% sebagai pemasok energi primer, kedua terbesar setelah minyak yang sebesar dari negara-negara Asia, seperti Jepang, Korea, China Taipei, India dan China. Jepang adalah negara pengimpor batubara terbesar di dunia dengan volume impor 182 juta ton pada 2007, diikuti Korea 88 juta ton dan China Taipei 69 juta ton. *International Energy Agency* (IEA) memproyeksikan permintaan energi dunia akan meningkat sebesar 45% selama periode 2006-



Sumber : IEA

Industri Batubara Indonesia

Dalam beberapa tahun terakhir, batubara telah memainkan peran yang cukup penting bagi perekonomian Indonesia. Sektor ini memberikan sumbangan yang cukup besar terhadap penerimaan negara yang jumlahnya meningkat setiap tahun. Pada 2004 misalnya, penerimaan negara dari sektor batubara ini mencapai Rp 2,57 triliun, pada 2007 telah meningkat menjadi Rp 8,7 triliun, dan diperkirakan mencapai Rp 10,2 triliun pada 2008 dan lebih dari Rp 20 triliun pada 2009. Sementara itu, perannya sebagai sumber energi pembangkit juga semakin besar. Saat ini sekitar 71,1% dari konsumsi batubara domestik diserap oleh pembangkit listrik, 17% untuk industri semen dan 10,1% untuk industri tekstil dan kertas.

Indonesia sendiri mengalami pertumbuhan konsumsi batubara yang cukup spektakuler dalam sepuluh tahun terakhir, yakni dari 13,2 juta ton pada 1997 menjadi 45,3 juta ton pada 2007, atau meningkat lebih dari 3 kali lipat (243%). Peningkatan jumlah konsumsi yang sangat tajam tersebut disebabkan meningkat tajamnya permintaan batubara sebagai sumber energi terutama untuk pembangkit listrik, baik di dalam negeri maupun di negara-negara importir.

Pada periode yang sama, menurut data World Energy Council, Indonesia memiliki cadangan batubara terbukti sebesar 4,3 miliar ton atau 0,5% dari total cadangan batubara terbukti dunia. Sekitar 83% terdapat di Kalimantan, 13% di Sumatera, dan sisanya di pulau lainnya. Cadangan batubara Indonesia didominasi oleh jenis lignite (kandungan kalori rendah) sebesar 59% dan sub-bituminous (kandungan kalori sedang) sebesar 27%.

2030. Batubara akan menduduki posisi kedua terpenting sebagai pemasok sumber energi setelah minyak dan mengalami peningkatan permintaan hingga tiga kali lipat pada 2030. Sebesar 97% pemakaian batubara akan berasal dari negara-negara non OECD (Organization For Economic Cooperation and Development) dimana dua pertiganya dikonsumsi oleh China. Meningkatnya peran batubara sebagai sumber energi sejalan dengan meningkatnya permintaan pembangunan pembangkit listrik di sejumlah kawasan yang didorong oleh pertumbuhan ekonomi dan pendapatan

Sementara jenis bituminous mencapai 14% dan anthracite 0,5%. Tidak mengherankan apabila sejalan dengan itu jumlah perusahaan pertambangan batubara di Indonesia pun tumbuh pesat khususnya dalam beberapa tahun terakhir. Sampai dengan 2003 misalnya tercatat 251 perusahaan penambangan batubara di Indonesia.

Proses pengolahan dan pemanfaatan batubara sebagai sumber energi lebih mudah dibandingkan minyak bumi dan gas bumi, teknologinya juga lebih mudah daripada energi terbarukan seperti gelombang laut, panas bumi dsb. Teknologi dalam mengatasi kelemahan sebagai bahan bakar padat juga sudah ada dan berkembang, yaitu dengan mengkonversi ke bentuk cair ataupun gas dalam rangka meningkatkan efisiensi dalam proses pembakaran. Batubara juga mudah dalam penyimpanan dan transportasinya, karena tidak memerlukan tempat penyimpanan yang khusus seperti minyak bumi dan gas bumi, sehingga mudah dipindah pindahkan dengan biaya rendah. Sebagai pengganti minyak bumi dan gas bumi untuk bahan baku di sektor industri, secara garis besar batubara dapat diubah menjadi gas, minyak ringan, tar dan kokas. Bahan-bahan tersebut dihasilkan melalui proses-proses karbonisasi, pirolisa, pencairan dan gasifikasi. Hasil pemrosesan batubara, selanjutnya dapat dimanfaatkan antara lain di dalam industri pupuk, tekstil dan petrokimia lainnya.

II. BATASAN PERMASALAHAN

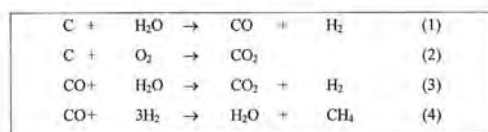
Dalam tulisan ini akan memberikan gambaran mengenai kemampuan dari sumber energi batubara sebagai pengganti sumber energi minyak dan gas bumi dengan jalan mengkonversikan batubara menjadi bahan bakar padat, cair, maupun gas. Makalah ini juga akan memberikan gambaran mengenai pemanfaatan batubara terutama untuk sektor industri.

III. PROSES KONVERSI SUMBER ENERGI BATUBARA

Batubara dapat digunakan sebagai bahan baku pada sektor industri maupun sebagai bahan bakar melalui proses konversi antara lain :

1. Gasifikasi (*Gasification*)
2. Pirolisa (*Pyrolysis/Carbonation*)
3. Sintesis
4. Hidrogenasi langsung (*Direct Liquefaction*)
5. Ekstraksi (*Solvent Extraction*).

3.1. Gasifikasi



Gambar Reaksi yang terjadi pada Proses Gasifikasi

Reaksi 1 antara karbon dan steam menghasilkan CO dan H₂ yang memerlukan panas tinggi yang diperoleh dari reaksi pembakaran dari sebagian batubara (reaksi 2) yang akan menghasilkan gas kalor rendah dan menengah. Untuk mendapatkan gas kalor tinggi yaitu menaikkan rasio H₂/CO dengan menambahkan steam sehingga akan terjadi *water gas shift reaction* (reaksi 3). Setelah melalui treatment pemisahan sulfur, dilanjutkan dengan reaksi

3.2. Pirolisa (*Pyrolysis/Carbonation*)

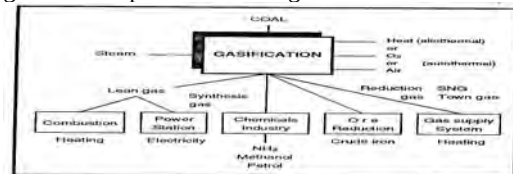
Pada proses pirolisa atau karbonasi, batubara dipanaskan dalam keadaan tanpa udara sampai terjadi dekomposisi menjadi gas dan cair yang mempunyai kandungan hidrogen yang lebih banyak daripada padatnya yang berupa karbon. Pada temperatur tinggi (> 900°C) akan menghasilkan berupa residu padat yang banyak mengandung karbon, mudah terbakar (*coke*) dan mengandung gas, sedangkan pada temperatur rendah (< 800°C) hasilnya berupa cairan kaya-hidrogen (*tar*). *Tar* dapat dipakai secara langsung, dan dapat diubah menjadi minyak mentah sintetis melalui proses hydrotreatment.

3.3. Sintesis

Sintesis ini merupakan metode konversi batubara yang didahului proses gasifikasi dengan menggunakan medium oksigen dan uap air. Gas yang dihasilkan terutama gas CO dan H₂, kemudian dimurnikan dan dilewatkan katalisator sehingga diperoleh produk cair hidrokarbon bermolekul tinggi (minyak hidrokarbon) atau

Gasifikasi merupakan proses konversi batubara menjadi gas. Proses gasifikasi merupakan proses oksidasi parsial yang menghasilkan produk gas dengan komponen utamanya *methane*, H₂, CO dan CO₂. Jika digunakan media gasifikasi campuran udara dan uap air akan dihasilkan gas kalor rendah, sedangkan bila digunakan media campuran oksigen dan uap air diperoleh gas kalor menengah. Gas dengan kalor yang lebih tinggi dapat diperoleh dengan melakukan reaksi methanasi. Reaksi yang terjadi pada proses gasifikasi seperti terlihat pada gambar dibawah.

yang biasa disebut dengan methanol. dari proses gasifikasi dapat dilihat dari gambar dibawah.



Gambar Aplikasi Pemanfaatan Batubara hasil Gasifikasi

methanasi, yang akan menghasilkan methane (reaksi 4). Air yang terbentuk dihilangkan dengan dehidrasi.

Produk-produk yang dihasilkan dari proses gasifikasi dapat berupa SNG (*Substitute Natural Gas*), gas sintesa (CO+H₂), gas pereduksi dan gas berkalori rendah (*lean gas*), aplikasi dari pemanfaatan batubara

3.4. drogenasi Langsung (*Direct Liquefaction*)

Merupakan proses pencairan batubara melalui hidrogenasi langsung yaitu mereaksikan batubara dengan hidrogen pada tekanan dan temperatur tinggi dengan bantuan katalisator, sehingga akan diperoleh produk cair seperti seperti heavy fuel oil (waktu reaksi singkat) dan fraksi ringan (pada tekanan lebih tinggi dan waktu reaksi lebih lama). Fraksi cairan didestilasi dan dibiarkan terkomposisi untuk memisahkan zat padat. Fraksi minyak berat mengandung sisa batubara yang tidak bereaksi. Fraksi padat dikonversi menjadi gas untuk menghasilkan hidrogen yang diperlukan untuk proses hidrogenasi. Penambahan hidrogen dalam proses pencairan batubara bertujuan untuk melepaskan ikatan reaktif dalam batubara yang mempunyai berat molekul yang sangat tinggi, sehingga akan terbentuk senyawa hidrokarbon dengan berat molekul yang lebih rendah.

3.5. Ekstraksi (*Solvent Extraction*)

Proses ekstraksi merupakan metoda konversi batubara yang melarutkan sebagian atau

seluruhnya batubara sehingga kemurnian batubara menjadi tinggi. Pelarut yang digunakan dapat berupa hidrogen atau bahan organik yang berasal dari batubara pula. Jika tidak digunakan katalisator maka hasilnya bahan bakar padat atau bahan bakar cair berat. Jika digunakan katalisator maka hasilnya adalah *liquid fuel oil*, *synthetic crude oil*, atau *nafta*.

IV. PEMANFAATAN BATUBARA PADA SEKTOR INDUSTRI

Energi mempunyai peran sangat strategis dalam berbagai kegiatan ekonomis dan kehidupan masyarakat. Oleh karena itu, kebutuhan energi akan senantiasa meningkat, seiring dengan peningkatan kegiatan ekonomi, pertumbuhan jumlah penduduk, serta peningkatan standar dan aspirasi masyarakat.

Potensi cadangan batubara Indonesia diketahui sangat besar dan disertai dengan kualitas yang baik, memiliki peluang paling besar untuk mengambil alih peranan minyak bumi sebagai sumber energi utama di dalam negeri dimasa

mendatang. Selain itu kebijaksanaan energi nasional juga telah memberikan jaminan kemantapan untuk memanfaatkan batubara sebesar-besarnya sebagai energi alternatif di dalam negeri pada saat ini dan dimasa mendatang.

Kekhawatiran Indonesia akan menjadi negara net importir minyak bumi pada akhir abad ini, telah mendorong pemerintah untuk lebih jauh memanfaatkan batubara tidak saja sebagai energi di berbagai kegiatan ekonomi dan industri (termasuk industri kecil), namun juga sebagai bahan bakar dalam rumah tangga.

Proyeksi Kebutuhan Batubara di Indonesia

Produksi batubara Indonesia mencapai 215 juta ton 2008, meningkat 90,3% dibanding 2003. Peningkatan produksi 2008 didorong oleh meningkatnya impor batubara oleh China menjadi 3 kali lipat atau 14,5 juta ton pasca pemangkasan impor dari Australia sebanyak 34% karena aturan pengiriman barang dengan kapal angkut yang lebih.

Tabel Proyeksi Pemakaian Batubara Tahun 2000/2020

TAHUN	Industri (juta SBM)	Listrik (juta SBM)	Komersial (juta SBM)	Rumah Tangga (juta SBM)
2000	20.429	45.501	1.279	0.243
2001	21.889	55.268	1.498	0.286
2002	24.273	67.941	1.754	0.347
2003	27.397	84.069	2.06	0.433
2004	29.958	102.192	2.397	0.529
2005	32.513	117.558	2.768	0.636
2006	35.214	134.289	3.175	0.754
2007	38.109	152.459	3.622	0.885
2008	41.223	172.145	4.113	1.03
2009	44.571	193.422	4.65	1.19
2010	48.172	205.634	5.237	1.366
2011	52.043	218.398	5.879	1.56
2012	56.218	233.316	6.58	1.773
2013	60.693	248.979	7.344	2.007
2014	65.489	265.498	8.178	2.263
2015	70.657	281.611	9.085	2.543
2016	76.185	298.391	10.073	2.847
2017	82.11	315.988	11.147	3.179
2018	88.476	334.309	12.314	3.539
2019	95.286	353.356	13.582	3.93
2020	102.568	372.916	14.959	4.353

Sumber : Indonesia 2000, *Energy Outlook and Statistics*

Tabel Proyeksi Kebutuhan Batubara Untuk Industri Kecil dan

Rumah Tangga di P Jawa dan Madura

No.	U R A I A N	2008 / 2009	2014 / 2015
1.	INDUSTRI KECIL Peranan batubara sebagai bahan bakar.	50% 2,71	100% 6,86
2.	Kebutuhan batubara (juta ton). RUMAH TANGGA Peranan Batubara sebagai bahan bakar. Kebutuhan batubara (juta ton).	35% 4,8	65% 13,3

Sumber : Direktorat Batubara

batubara dapat dihasilkan produk-produk benzena, toluene, nafta, tar dan kokas. Senyawa-senyawa tersebut dihasilkan melalui proses karbonisasi atau pirolisa, pencairan, ekstraksi pelarut (*solvent extraction*) dan gasifikasi seperti yang telah diuraikan sebelumnya.

Dari keempat proses konversi batubara tersebut diatas, proses gasifikasi sampai saat ini masih merupakan yang terbaik. Pada proses ini dihasilkan gas sintesa ($\text{CO} + \text{H}_2$) yang selanjutnya oleh katalis dikonversi menjadi senyawa-senyawa kimia. Dalam hal ini, gas sintesa yang dihasilkan

sangat fleksibel dan dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan kimia untuk industri petrokimia.

V. ANALISIS POTENSI BATUBARA

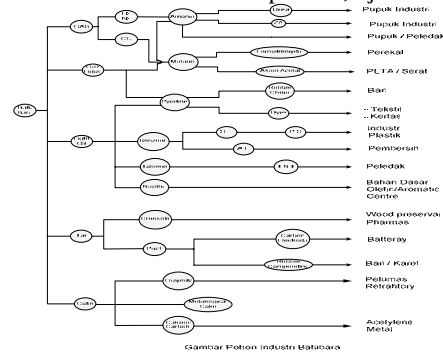
Melihat potensi batubara yang dimiliki Indonesia dan penggunaan batubara sampai saat ini masih terbatas, sedangkan sumber minyak bumi dan gas bumi semakin menipis, serta peningkatan kebutuhan batubara baik untuk industri semen maupun industri petrokimia yang terus meningkat pesat, maka perlu upaya pemanfaatan batubara secara optimal.

Khusus dalam pemanfaatan batubara untuk bahan baku di sektor industri, perlu dikaji lebih mendalam tentang proses teknologi yang sesuai dengan kualitas batubara yang ada. Pada dunia industri khususnya industri kimia, batubara diolah menjadi senyawa-senyawa gas untuk menghasilkan methanol dan amoniak, light oil dan senyawa lainnya. Selain itu dari

Kecenderungan teknologi baru dalam pemanfaatan batubara adalah terfokus pada upaya untuk meningkatkan produksi pengganti gas bumi (gas sintetis). Proses yang dianggap berhasil adalah proses yang menghasilkan banyak gas dan sedikit cairan. Hal ini mencerminkan kepentingan penghasil energi yang menginginkan tingkat efisien tinggi. Potensi batubara sebagai pengganti minyak bumi dan gas bumi dapat terlihat dalam gambar pohon industri batubara.

Pembangkit tenaga listrik di Indonesia selain diselenggarakan oleh PT. PLN (Persero), juga dilakukan oleh perusahaan listrik swasta. Menurut studi yang dilakukan *Japan Technical Cooperation Centre For coal Resources Development* pada awal tahun 1997, pembangunan PLTU Batubara

pada tahun 1993/1994 hanya 2.530 MW dan diperkirakan pada tahun 2020/2021 akan mencapai 45.906 MW. Begitu juga diperkirakan pada tahun 1993/1994 konsumsi batubara untuk PLTU batubara hanya 5,4 juta ton, dan diperkirakan pada tahun 2020/2021 akan mencapai 127,1 juta ton.



Beberapa industri yang bergerak di bidang kertas, besi/baja, makanan, pulp, genteng, keramik mengkonsumsi batubara untuk produksinya dengan alasan lebih murah dan efisien. Menurut penelitian JICA (Japan International Cooperation Agency) dan Mitsui Mining Engineering pada tahun 1996 batubara yang dikonsumsi untuk industri pada tahun 2003/04 hanya 0,5 juta ton dan diperkirakan pada tahun

V. KESIMPULAN

1. Proses pengolahan dan pemanfaatan batubara sebagai sumber energi lebih mudah dibandingkan minyak bumi dan gas bumi, teknologinya juga lebih mudah daripada energi terbarukan seperti gelombang laut, panas bumi dsb. Batubara juga mudah dalam penyimpanan dan transportasinya, karena tidak memerlukan tempat penyimpanan yang khusus seperti minyak bumi dan gas bumi, sehingga mudah dipindah-pindahkan dengan biaya rendah.
2. Batubara dapat diubah melalui proses konversi menjadi gas, minyak ringan, tar dan kokas. Bahan-bahan tersebut dihasilkan melalui proses-proses karbonisasi, pirolisa, pencairan dan gasifikasi. Hasil pemrosesan batubara, selanjutnya dapat dimanfaatkan antara lain di

dalam industri pupuk, tekstil, plastik dan petrokimia lainnya.

3. sumber daya alam batubara yang sudah tersedia di bumi Indonesia semaksimal mungkin sangat tergantung dari kemauan dan kemampuan sumber daya manusia kita sendiri.
4. Memperkirakan kebutuhan batubara di era globalisasi pada tahun 2020 adalah suatu upaya untuk mengantisipasi dan berpikir ke depan supaya batubara Indonesia dapat dimanfaatkan secara efisien dan berwawasan lingkungan serta berkesinambungan.
5. Dari gambaran pemanfaatan sumber energi batubara diatas, selain sebagai energi untuk pembangkit listrik, batubara juga telah dimanfaatkan pada industri semen, industri kimia, industri kecil dan rumah tangga, briket dan sebagainya. Pemanfaatan 2020/21

mencapai 14,6 juta ton dengan kenaikan antara 27% sampai dengan 50% setiap lima tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir, “ Energi, Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi “, Penerbit Universitas Indonesia, Edisi kedua cetakan pertama, Jakarta, 1995
- [2] Herman Hidayat, “ Pemanfaatan Batubara Peringkat Rendah Indonesia Melalui Proses Pirolisis “, Lokakarya Energi KNI-WEC, Jakarta, 9-11 September 1997.

Teknologi Pencucian Batubara

Isworo Pujotomo –Dosen STTPLN

Menara PLN Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi Cengkareng Jakarta Barat

E-mail: isworop@yahoo.com

Abstrak -- Batubara kualitas rendah merupakan bahan bakar fosil yang cadangannya cukup besar dan tersebar di seluruh dunia. Sekitar 60 % batubara Indonesia masuk dalam kategori ini. Dibandingkan bahan bakar fosil lain, batubara berdampak negatif terhadap lingkungan terutama dari segi buangan cerobongnya. Buangan cerobong PLTU batubara yang dapat

mengganggu ekosistem dan kesehatan manusia antara lain SO₂ (dioksida sulfur), abu, NO_x (oksida nitrogen) dan CO₂ (dioksida karbon). Dengan teknologi pencucian batubara aliran pusar bubur kental magnetit, kadar abu dan sulfur batubara lignit masing – masing berkurang 7,12% % dan 0,03% %

Keyword : mengurangi emisi batubara

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sekitar 60 % batubara Indonesia merupakan batubara lignit, yaitu batubara dengan kadar air dan abu yang tinggi serta kadar karbon dan nilai kalori yang rendah.

Cadangan batubara lignit di Sumatera adalah sebanyak 21,3 milyar ton. Batubara kualitas rendah ini memiliki kandungan air rata-rata lebih besar dari 35 % dan nilai kalor antara 3400 – 5000 CO₂ (dioksida karbon). Gas SO₂ dan NO_x merupakan penyebab terjadinya hujan asam, iritasi mata dan kanker, sementara gas CO₂ merupakan penyumbang efek rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global. Selain itu abu karena harganya rendah, menimbulkan polusi bila dibakar, ketiadaan permintaan pasar ekspor, selain itu fasilitas pengangkutannya banyak yang masih belum tersedia.

Untuk mengurangi polusi batubara kualitas rendah perlu diterapkan teknologi bernilai tambah seperti teknologi pencucian batubara aliran pusar bubur kental magnetit.

Batubara tambang terbuka (*run-of-mine coal*), kualitas fisik maupun kimianya jarang yang memenuhi persyaratan bahan bakar PLTU, karena memiliki kadar abu dan sulfur yang besar saat dibakar, sehingga perlu dicuci lebih dulu.

1.2. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah membahas pemanfaatan batubara lignit untuk PLTU mulut tambang.

II. BATUBARA LIGNIT UNTUK BAHAN BAKAR PLTU

2.1. Jenis dan Spesifikasi Batubara

kkal/kg. Untuk mengangkutnya ke luar Sumatera diperlukan sarana transportasi yang khusus sehingga banyak tambang-tambang yang hingga kini belum beroperasi dan berproduksi.

Seperti pada pembakaran minyak, batubara menimbulkan polusi terutama polusi udara. Buangan cerobong PLTU batubara yang dapat mengganggu ekosistem dan kesehatan manusia antara lain SO₂ (dioksida sulfur), abu, NO_x (oksida nitrogen) dan buang PLTU batubara yang sangat banyak juga dapat menjadi sumber pencemar.

Batubara kualitas rendah seperti lignit belum banyak dimanfaatkan

Pencucian batubara, akan menghilangkan bahan-bahan mineral dari batubara sehingga diperoleh batubara bersih dengan kualitas dan nilai kalor meningkat. Bahan-bahan mineral yang terkandung dalam batubara dibersihkan secara fisik dengan pencucian atau secara mekanik misalnya dengan teknologi Baum Jig Plant.

Dalam kaitan ini pemanfaatan batubara lignit untuk pembangkit listrik mulut tambang, selain akan menjamin kelangsungan hidup tambang batubara lignit juga dapat mengatasi krisis listrik.

1.3. Batasan Pembahasan

Tulisan ini membahas mengenai pemanfaatan batubara lignit dan batubara lignit cuci sebagai bahan bakar PLTU mulut tambang.

Batubara, bahan bakar fosil terbanyak didunia, adalah tumbuh-tumbuhan yang berubah menjadi fosil selama jutaan tahun. Paling tidak diperlukan lapisan tumbuh-tumbuhan setebal 20 kaki yang dipadatkan dengan tekanan tinggi untuk

memperoleh lapisan batubara setebal 1 kaki. Tumbuh-tumbuhan yang telah dipadatkan ini, tanpa adanya udara dan dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan yang tinggi, akan berubah menjadi tumbuhan-tumbuhan lapuk (*turf*), yang merupakan bahan bakar kualitas terendah, kemudian berturut-turut berubah menjadi batubara coklat (*brown coal*), lignit, subbituminus,

bituminus dan terakhir antrasit. Dengan proses penuaan, batubara mengeras, kadar hidrogen, oksigen dan airnya menurun serta kadar karbonnya meningkat.

Pada tabel 2.1 tercantum klasifikasi Dewan Energi Dunia (*World Energy Council*), untuk berbagai jenis batubara berdasarkan kadar air dan nilai kalornya.

Tabel 2.1. Klasifikasi Batubara Dewan Energi Dunia

Jenis Batubara	Kadar Air (%)	Nilai Kalor (kcal/kg)
Lignit	≥ 28	3400 - 5000
Batubara Subbituminus	23,4 – 28,0	5181 - 6780
Batubara Bituminus	5 - 18	6800 - 7999
Antrasit	3	> 8000

Sumber : [Archie W. Culp, Darwin Sitompul, 1991], [World Energy Council, 2001]

Parameter utama penentu jenis batubara untuk pembangkit listrik adalah nilai kalornya yang tinggi selain itu juga kadar abu dan sulphurnya yang rendah. Cadangan berbagai jenis batubara Indonesia yang terdapat di Sumatera dan Kalimantan ditunjukkan pada tabel 2.2. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa cadangan lignit terbesar diantara semua jenis batubara yang ada. Padahal bahan bakar pembangkit listrik dan ekspor adalah bituminus dan subbituminus. Dalam waktu dekat

pemanfaatan lignit untuk pembangkit listrik perlu, karena bituminus dan subbituminus lama-lama akan habis.

Fasilitas pengangkutan di beberapa bakal tambang lignit masih belum tersedia, sehingga ada bakal tambang lignit yang hingga kini masih belum beroperasi dan berproduksi. Karena itu pembangunan PLTU di mulut tambang patut dipertimbangkan.

Tabel 2.2. Cadangan Batubara di Sumatera dan Kalimantan

(dalam juta ton)

Jenis Batubara	Sumatera	Kalimantan	Total	Prosentase
Antrasit	132	-	132	0,4
Bituminus	651	4561	5212	14,4
Subbituminus	2584	6940	9524	26,3
Lignit	21309	4	21313	58,9
Jumlah	24676	11505	36181	100
Sumber : Direktorat Batubara, [Zuhai, 1995]				

2.2. Teknologi Pencucian Batubara

Meskipun batubara tetap merupakan salah satu pilihan utama bahan bakar pembangkit listrik, pembakaran batubara menyebabkan gas-gas

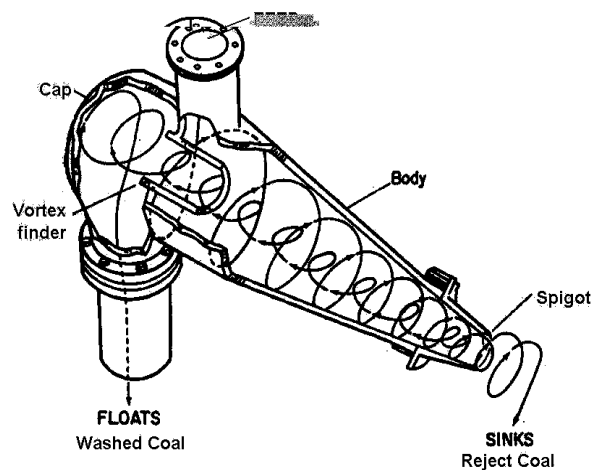
polutan dan partikel halus abu terlepas ke udara yang berdampak pada lingkungan.

Dampak ini memacu para pengguna batubara untuk mengembangkan berbagai teknologi pembersihan batubara, diantaranya teknologi pencucian batubara aliran pusar bubur kental magnetit.

Teknologi ini memanfaatkan alat yang dinamakan siklon (*cyclone*) berbentuk kerucut terpenggal, lihat gambar 2.1. Batubara yang dipompakan melalui lubang masuk (*feed*) memasuki aliran pusar dan bersinggungan dengan badan pusaran (*body*), menimbulkan dua pola aliran. Batubara di pusaran luar terpinil ke arah *spigot*, batubara di pusaran dalam terpinil ke arah

vortex finder. Adanya dua pola aliran yang bergerak dalam arah yang berlawanan menunjukkan bahwa terdapat suatu zona dengan kecepatan vertikal.

Batubara dengan kepadatan lebih besar dari kepadatan media pemisah magnetit bergerak di pusaran luar dan dibuang melalui *spigot* sebagai batubara buang (*reject coal*) sedangkan batubara dengan kepadatan lebih kecil dari kepadatan magnetit bergerak di pusaran dalam ke arah *vortex finder* dan keluar sebagai batubara tercuci (*washed coal*).



Gambar 2.1. Siklon pencuci batubara

2.3. Media Pemisah Magnetite

Sebagian besar standar industri proses pencucian batubara di dunia menggunakan bubur kental berbasah dasar magnetit padat halus.

Magnetit, merupakan bahan tambang dasar alami untuk pembersihan batubara, sedangkan silikon besi atau campuran magnetit dan silikon besi untuk pemisahan bijih tambang berkepadatan besar. Magnetit yang biasanya yang dikemas secara rapat. Ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} lebih besar daripada ion oksigen sehingga Fe^{2+} dan Fe^{3+} cocok untuk lubang (atau tempat kedudukan) pada kisi-kisi oksigen.^[6]

Spesifikasi umum magnetit dunia adalah sebagai berikut :

- kepadatan relatif : 4,9 – 5,2 g/cm³;
- kandungan bahan magnet : $\geq 95\%$ menurut beratnya.
- Analisis kimia khususnya :
Fe : 68,00 % min

digunakan mempunyai kepadatan 1.35 g/cm³, dibawah kepadatan tersebut kestabilannya akan hilang dengan cepat, diatasnya sampai sekitar 1.80 g/cm³; kekentalan akan menjadi masalah.

Magnetit mempunyai struktur kristal kubik, masuk dalam keluarga spinel dengan rumus kimia $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$. Struktur kimianya didasarkan pada kisi-kisi oksigen kubik

P	: 0,09 % maks
S	: 0,05 % maks
SiO_2	: 2,50 % maks
Al_2O_3	: 0,60 % maks
Cu	: 0,03 % maks
Ti	: 0,23 % maks
Na + K	: 0,13 % maks
H_2O	: 10,00 % maks

Lain-lain : 0,15 % maks

Kelahiran teknologi pencucian batubara aliran pusar bubuk kental magnetit dibandingkan dengan teknologi pencucian batubara *baum jig plant*,

terletak pada kemampuannya mencuci batubara berbagai ukuran dengan hasil yang baik, karena teknologi ini menggunakan media pemisah bubuk kental magnetit yang kepadatannya dapat disesuaikan dengan kepadatan batubara.

2.4. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Batubara Cuci

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas batubara cuci saat ditransportasikan dari tambang ke pemakai adalah :

- sarana transportasi batubara antara tambang dan pabrik pencucian;
- perlakuan terhadap batubara, seperti pemecahan serta pemisahan batubara dan non-batubara;
- penimbunan, penyeragaman dan pencampuran di pabrik pencucian;
- proses pencucian;

- penimbunan, penyeragaman dan pencampuran batubara setelah dicuci;
- penimbunan, penyeragaman dan pencampuran dengan batubara setelah dicuci dari tempat lain di terminal akhir batubara;
- transportasi batubara setelah dicuci dari pabrik pencucian ke pemakai.

Seperti diketahui batubara dengan nilai kalor lebih tinggi dan polusi lebih rendah dapat diperoleh dengan proses pencucian lebih dulu.

2.5. Pencucian Batubara Lignit

Pada tulisan ini batubara lignit yang dicuci berasal dari desa Asam – asam Kalimantan Timur. Serta pada tabel 2.3., dapat dilihat kadar

abu, sulfur dan air batubara lignit dan batubara lignit cuci.

Tabel 2.3
Kadar abu, sulfur dan air batubara lignit dan lignit cuci

BULAN	BATUBARA							
	Batubara lignit (ton)	Batubara lignit cuci (ton)	Kadar abu		Kadar sulfur		Kadar air	
			lignit	lignit cuci	lignit	lignit cuci	lignit	lignit cuci
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Sept'02	110530	90599	21,19	11,96	1,29	1,15	28,13	28,27
Okt'02	96345	70076	23,10	12,05	1,16	0,98	27,74	27,85
Nop'02	95115	68898	26,53	11,89	1,07	0,83	28,95	29,01
Des'02	34269	26517	24,98	11,87	1,17	0,87	28,1	28,13
Januari' 03	100184	80115	23,88	11,26	1,21	0,82	28,2	28,26
Peb'03	74837	58772	23,37	10,86	1,09	0,79	28,65	28,71
Maret' 03	121903	99170	23,47	11,88	1,04	0,80	28,45	28,53
April' 03	115513	93616	24,01	11,57	1,23	0,88	28,29	28,39
Mei' 03	99314	77719	24,37	11,84	1,20	0,81	28,2	28,27
Juni' 03	114276	90032	24,86	11,78	1,12	0,84	27,74	27,85
Rata-rata	96228,60	75551,40	23,98	11,70	1,16	0,88	28,25	28,33

Sumber : olahan berdasarkan *Table Production Report* of PT BHPMI

III. PERHITUNGAN KADAR ABU, SULFUR DAN AIR DARI BATUBARA LIGNIT DAN LIGNIT CUCI

Dari tabel 2.3, dapat dilihat bahwa batubara lignit dengan berat rata-rata 75.551,40 ton memiliki kadar abu terdistribusi rata sebesar (75.551,40 /

96.228,6) x 23,98% = 18,82%. atau seberat 14.221,9 ton. Kadar abu batubara lignit cuci rata-rata adalah sebesar 11,70% atau seberat 8.844,34

ton, sehingga ada pengurangan kadar abu batubara sebesar : $(18,82 - 11,70)\% = 7,12\%$ atau pengurangan berat : $(14.221,9 - 8.844,34) \text{ ton} = 5.377,56 \text{ ton}$. Batubara lignit dengan berat rata-rata 75.551,40 ton akan memiliki kadar sulfur terdistribusi rata sebesar $(75.551,40 / 96.228,6) \times 1,16\% = 0,91\%$ atau seberat 689,81 ton. Kadar sulfur batubara lignit cuci rata-rata sebesar 0,88% atau seberat 665,54 ton, sehingga

ada pengurangan kadar sulfur batubara sebesar : $(0,91 - 0,88)\% = 0,03\%$ atau pengurangan berat : $(689,81 - 665,54) \text{ ton} = 24,27 \text{ ton}$. Batubara lignit dengan berat rata-rata 75.551,40 ton akan memiliki kadar air terdistribusi rata sebesar $(75.551,40 / 96.228,6) \times 28,25\% = 22,18\%$ dan kadar air batubara lignit cuci rata-rata sebesar 28,33%.

3.1. Analisa Dampak Lingkungan

Kadar abu batubara lignit cuci berkurang sebesar 7,12% dari 18,82% menjadi 11,70%, kadar

sulphurnya sebesar 0,03% dari 0,91% menjadi 0,88%.

IV. KESIMPULAN

1. Batubara jenis lignit sangat potensial dipakai sebagai bahan bakar pengganti Minyak dan Gas, karena mempunyai cadangan di Indonesia sebanyak kurang lebih 21,3 milyar ton atau 60% dari total cadangan batubara di Indonesia
2. Batubara jenis lignit ini memiliki kandungan air rata-rata besar yaitu 35 %

dan nilai kalor antara 3400 – 5000 kkal/kg. Sehingga perlu mengalami penanganan lebih lanjut untuk dapat dipakai sebagai bahan bakar dari PLTU.

3. Melalui teknologi pencucian batubara, Batubara jenis lignit mengalami perubahan pada, kadar abu dan sulfur batubara lignit masing – masing berkurang 7,12% dan 0,03% .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Australian Coal Industry Research Laboratories, 1996, "Dense Medium Cyclone Circuit Operator Training", New South Wales, Australia, 14 – 17 May.
- [2] BPP-Teknologi / Deputi Bidang Pengembangan Kekayaan Alam, 1995, " Mine Mouth Power Plant Pilot Project Prefeasibility Report ", Jakarta.
- [3] Culp Archie W, Jr., Darwin Sitompul, 1991, "Prinsip-Prinsip Konversi Energi", Terjemahan, PT. Gelora Aksara Pratama, cetakan ketiga.
- [4] D.G. Osborne, 2005, "Coal Preparation Technology", Volume 1 & 2, British Library Cataloguing in Publication Data.
- [5] Direktorat Jenderal Listrik dan Pengembangan Energi, 2007, " Statistik Dan Informasi Ketenagalistrikan Dan Energi Tahun 2006/2007", Jakarta, Desember.
- [6] Kadir Abdul, 2005, "Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekonomi", Edisi Kedua/Revisi, cetakan pertama, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- [7] Monenco Indoconsult, 2007, " Draft Final Report, Coal Policy Study For Indonesia ", Maret.
- [8] Partowidagdo Widjajono, 2003, "Alternatif Kebijakan Energi Berwawasan Lingkungan Di Indonesia", Jakarta, Oktober.
- [9] Petrus Panaka, Nur R. Iskandar, 2002, "Pemanfaatan Lignit dengan Teknologi Batubara Bersih untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Mulut Tambang", Hasil-Hasil Seminar energi V 1997 Komite Nasional Indonesia World Energy Council, Jakarta, 9 – 11 September.
- [10] World Energy Council, "Indonesia General Features of Energy Economy", Extract from The International Energy Data Report 1998, Copyright 1999-2001.
- [11] Zuhail, 1995, "Ketenagalistrikan Indonesia", PT Ganeça Prima, cetakan pertama, April

A

Pengaruh Harga Terhadap Kepuasan Pelayanan Dan Loyalitas Pelanggan

¹Ivan Diryana, ²Feliks Prasepta S. Surbakti, ²Samuel Tanus

¹Jurusan Teknik Industri, Universitas Widyatama – Bandung

²Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya – Jakarta

e-mail : ivan.diryana@widyatama.ac.id ; feliks.prasepta@atmajaya.ac.id ;

muel_1789@hotmail.com

Abstrak -- School pick-up delivery is a service business where customer satisfaction plays an important role that will, inturn, determines customer loyalty to the certain company. This research focuses on the effect of price towards customer satisfaction and loyalty to the certain company. It is due to the fact there is frequently unhealthy competition among the companies by offering a much lower price that will naturally attrack the customers. For this reason the researchis made to observe the effect of price offered towards customer satisfaction and loyalty. This research wil show the performance of price, overall satisfaction, and customer loyalty towards school pick up delivery providers. In this research, loyalty will be reflected in two dimensions, namely, price and overall satisfaction. The hypothesis test applies the concept of SEM based on LISREL software. Based on the result of data processing, all indicators have good values, however, there is still a lot of improvement required in order to increase customer satisfaction. From the two dimensions tested there is some effects of the two dimensions towards customer loyalty. It indicates that some have strong correlation, less strong, and even weak. It means that in the future, school pick up delivery service providers can improve their service to meet the customers most satisfaction.

Keywords : Loyalty, School Pick Up delivery Service, SEM, LISREL

I. PENDAHULUAN

Bisnis antar jemput anak sekolah merupakan suatu usaha yang bergerak di bidang jasa dimana pada usaha di bidang jasa kepuasan konsumen menjadi suatu hal yang sangat penting dan juga berujung pada loyalitas konsumen tersebut terhadap perusahaan jasa tersebut. Pada realita yang terjadi pada bisnis antar jemput antara yang satu dengan yang lain sering terjadi persaingan yang kurang sehat dengan penurunan harga yang sangat drastis dibandingkan dengan harga pasaran, hal ini biasanya di lakukan oleh oknum yang dikenal dengan jemputan ilegal/ jemputan gelap. Penurunan harga secara drastis dapat dilakukan oleh oknum yang dikenal sebagai jemputan ilegal tersebut karena oknum tersebut tidak terdaftar

sebagai antar jemput resmi sekolah sehingga tidak perlu membayar setoran per bulan kepada badan koperasi armada antar jemput sebagai organisasi tempat antar jemput legal bernaung, oleh sebab itu oknum tersebut dapat menawarkan harga yang tentu saja relatif lebih murah.

Berdasarkan realita yang terjadi pada bisnis antar jemput anak sekolah dapat dilihat faktor harga menjadi salah satu faktor yang penting dalam menentukan ketertarikan pelanggan terhadap suatu jasa yang ditawarkan, dalam hal ini jasa antar jemput anak sekolah. Oleh sebab itu hendak dilakukan penelitian mengenai pengaruh dari harga yang ditawarkan tersebut bagi kepuasan pelanggan dan juga loyalitas pelanggan.

Permasalahan yang terjadi dalam hal ini ialah pemberi jasa antar jemput anak sekolah ini tidak mengetahui sebenarnya bagaimana ukuran tingkat kepuasan yang diharapkan oleh para pelanggan baik dari segi harga, segi pelayanan ataupun dari fasilitas yang ditawarkan. Oleh sebab itu pelanggan terkadang merasa kecewa atau kurang puas dengan pelayanan ataupun fasilitas yang ditawarkan oleh pemberi jasa.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menilai performansi dari harga, *overall satisfaction* dan juga *customer loyalty*, mengidentifikasi hubungan antara harga dengan kepuasan dari pelanggan dan juga dengan loyalitas pelanggan terhadap suatu pemberi jasa sehingga pemberi jasa dapat berkembang dengan semakin mendekati keinginan dari pelanggan untuk ke depannya.

Agar penelitian dapat dilakukan dengan baik, maka diperlukan pembatasan mengenai masalah yang akan dibahas. Adapun batasan-batasan masalah yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan untuk kepuasan pelanggan berdasarkan harga yang ditawarkan pemberi jasa
2. Populasi yang diteliti merupakan siswa-siswi yang memakai jasa antar jemput
3. Penelitian dilakukan di beberapa sekolah swasta yaitu: DonBosco I, DonBosco II, St.Paulus, St. Caroline, St. Monica, KPS Kelapa Gading, Ipeka Sunter
4. Penelitian dilakukan selama bulan Oktober sampai November 2010

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji model kepuasan dan loyalitas pelanggan dimana kedua model dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, *overall satisfaction*, *customer loyalty*, dan *price*. Penelitian ini dilakukan bagi penyedia layanan jasa antar jemput anak sekolah sehingga diharapkan tujuan dari penelitian ini dapat menggambarkan model kepuasan yang diharapkan pelanggan antar jemput sekolah terhadap penyedia jasa antar jemput sehingga menunjukkan model loyalitas pelanggan terhadap penyedia jasa antar jemput sekolah.

Secara umum penelitian ini melalui tahapan studi pendahuluan, pengembangan model dan hipotesis penelitian, pengumpulan dan pengolahan data sehingga akhirnya di dapat kesimpulan sebagai hasil interpretasi analisis.

Pengambilan sampel penelitian ini menggunakan teknik judgmental sampling, yaitu cara pengambilan sampel dimana sampel yang diambil merupakan sampel yang dianggap paling baik untuk dijadikan sampel penelitian akan tetapi untuk menyelaraskan sampel yang diambil untuk ke 7 sekolah maka dilakukan teknik multi state. Karena pada penelitian hendak diteliti mengenai antar jemput sekolah, maka sampel penelitian yang paling tepat adalah siswa-siswi yang menggunakan antar jemput karena dianggap paling mengerti mengenai jasa yang ditawarkan oleh jasa antar jemput sekolah.

Pada bagian pengumpulan data terdapat 2 tahapan pengumpulan yaitu melalui kuesioner pendahuluan (32 kuesioner) yang kemudian diuji validitas dan reliabilitas dengan menggunakan spss. Setelah diuji validitas dan reliabilitas berlanjut kepada penyebaran kuesioner utama sebanyak 400 kuesioner yang kemudian dilanjutkan dengan prosedur SEM dengan menggunakan software LISREL. Tahapan dalam SEM ialah :

1. Spesifikasi model
2. Identifikasi
3. Estimasi
4. Uji Kecocokan
5. Respesifikasi

Dalam pengembangan model penelitian dilakukan pengidentifikasian variabel – variabel penelitian berdasarkan perumusan masalah, tujuan penelitian dan didukung landasan – landasan teori yang diperoleh melalui studi pustaka. Berikut merupakan model penelitian yang didapatkan pada penelitian sebelumnya Setelah itu diformulasikan suatu model penelitian yang menggambarkan hubungan antar tiap variabel penelitian. Untuk keperluan perancangan kuesioner yang digunakan dalam memperoleh data, maka dikembangkan identifikasi elemen – elemen dari setiap variabel penelitian, dimana model penelitian digambarkan di bawah :

Gambar 1 Model Penelitian

Dari model penelitian diatas dapat dibangkitkan dugaan / hipotesa, antara lain :

H1 : *Price/* harga mempengaruhi *overall satisfaction*

H2 : *Price/harga* mempengaruhi *customer loyalty*

H3 : *overall satisfaction* mempengaruhi *customer loyalty*

Price/ harga memiliki beberapa indikator yaitu jarak tempuh, fasilitas, tingkatan pendidikan dan juga kebijakan koperasi armada

Customer loyalty memiliki beberapa indikator yaitu penggunaan kembali, prioritas utama dan juga rekomendasi kepada orang lain.

Untuk mendapatkan dari hipotesis yang telah dibuat apakah di terima atau di tolak selanjutnya dilakukan dengan menggunakan tahapan-tahapan pada SEM dengan software LISREL.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu pengaruh dari variabel harga terhadap Kepuasan pelayanan dan terhadap loyalitas pelanggan, dimana variabel harga tersebut terdiri dari beberapa indikator seperti jarak tempuh, fasilitas, pelanggan, dan juga kebijakan manajemen.

Setelah didapatkan kuesioner untuk mengukur faktor – faktor yang mempengaruhi loyalitas pelanggan langkah selanjutnya adalah pernyataan - pernyataan yang telah dibuat diuji cobakan terlebih dahulu hal ini dilakukan untuk mengurangi ambiguitas dan kesalahan persepsi, uji coba dilakukan terhadap siswa-siswi pengguna antar jemput sebanyak 30 orang.

Berikut merupakan rekap hasil pengujian validitas dan reliabilitas pada kuisisioner pendahuluan:

Tabel 1 Hasil Uji Validitas Kuesioner Awal

SubVariabel	Simbol	r_{xy}
1	HG 1	0.375
2	HG 2	0.47
3	HG 3	0.354
4	HG 4	0.688
5	HG 5	0.657
6	OS 6	0.919
7	OS 7	0.658
8	OS 8	0.699
9	LY 9	0.883
10	LY 10	0.816
11	LY 11	0.836
12	LY 12	0.889

Dari Hasil Uji Validitas Dari hasil pengolahan data tahap pertama menggunakan software SPSS untuk uji validitas ini diperoleh hasil yang valid untuk semua pertanyaan dalam kuesioner sehingga tidak perlu ada pertanyaan yang dihapus.

$$r_{xy} > r_{\text{tabel}} (0.349)$$

Tabel 2 Hasil Uji Reliabilitas Kuesioner Utama

SubVariabel	Simbol	Alpha Cronbach
1	HG 1	0.643
2	HG 2	
3	HG 3	
4	HG 4	
5	HG 5	
6	OS 6	0.843
7	OS 7	
8	OS 8	
9	LY 9	0.889
10	LY 10	
11	LY 11	
12	LY 12	
overall		0.836

Dari hasil pengolahan data tahap pertama menggunakan software SPSS untuk uji reliabilitas ini diperoleh hasil yang reliabel untuk semua pertanyaan dalam kuesioner. Pernyataan reliabel apabila Nilai Alpha cronbach apabila $> 0,6$ (Imam Ghazali, 2002, Aplikasi Analisis Multivariat dengan Program SPSS, Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, hlm. 133)

Setelah dilakukan penyebaran terhadap berbagai responden, terdapat revisi kuesioner yang menyangkut tata bahasa, sehingga dilakukan

perbaikan agar persepsi responden mengenai pernyataan yang terdapat di dalam kuesioner sesuai dengan persepsi peneliti.

Pada kuesioner Utama setelah disebar kemudian di rekap hasil kuesioner dan kemudian diolah dengan melalui tahapan prosedur SEM sebagai berikut. Untuk mengawali penggunaan SEM (*Structural Equation Modelling*) pada tahapan awal dilakukan suatu spesifikasi model pengukuran dan juga spesifikasi model struktural. Setelah melakukan kedua spesifikasi tersebut kemudian dilanjutkan dengan melakukan uji kecocokan model yang terdiri dari uji kecocokan keseluruhan model dilanjutkan dengan uji kecocokan model pengukuran dan uji kecocokan model struktural. Spesifikasi model penelitian dilakukan terhadap model pengukuran yang menjelaskan mengenai variabel-variabel laten, indikator dan model struktural yang menjelaskan hubungan antara variabel eksogen dan variabel endogen, selain itu untuk mempermudah digambarkan analisis jalur, dapat di lihat di gambar 2.

Gambar 2 Spesifikasi Model Pengukuran

Berdasarkan pada hasil pengolahan data seluruh model untuk setiap dimensi memiliki hasil tingkat kecocokan yang baik (*good fit*). Maka hasil dari uji kecocokan keseluruhan model menunjukkan bahwa keseluruhan model memiliki kecocokan yang baik (*good fit*). Sehingga berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa data memiliki kecocokan yang baik dengan model yang dibentuk. Iterasi dilakukan untuk membuang pernyataan yang tidak valid, sehingga didapatkan model yang memiliki kecocokan yang baik. Setelah dilakukan pembuangan pada beberapa pernyataan yang ditunjukkan oleh nilai T-Value dan hasil uji kecocokan keseluruhan, dilakukan iterasi selanjutnya hingga seluruh model memiliki kecocokan yang baik.

Setelah uji kecocokan selanjutnya merupakan uji validitas dan reliabilitas konstruk yang menghasilkan path diagram output sebagai contoh merupakan *variable overall satisfaction*

Tabel 3 *Standardized Solution Dimensi Overall Satisfaction*

Gambar 3 T-Value Dimensi Overall Satisfaction

Berdasarkan hasil output tersebut kemudian di rekap dalam bentuk table untuk uji validitas sebagai berikut:

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Validitas dan Reliabilitas Konstruk

Dimensi	Kode Item	Bobot Faktor	T-Value Bobot Faktor
HG iterasi 1	HG1	0.83	11.54
	HG2	0.44	7.55
	HG3	0.57	9.26

Dimensi	Tingkat Kecocokan		Kesimpulan
	Kurang Baik	Baik	
HG iterasi 1	4	11	baik
HG iterasi 2	0	15	baik
OS	0	15	baik
LY	0	15	baik

	HG4	0.15	2.59
	HG5	0.23	3.91
HG iterasi 2	HG1	1	28.25
	HG3	1	28.25
OS	OS1	0.64	11.18
	OS2	0.69	11.91
	OS3	0.66	11.46
LY	LY9	0.51	8.06
	LY10	0.54	8.74
	LY11	0.62	9.84
	LY12	0.54	8.76

Untuk perhitungan reliabilitas untuk masing-masing dimensi menggunakan rumus sebagai berikut, dimana contoh merupakan perhitungan reliabilitas untuk dimensi harga pada iterasi ke 2:

Reliabel bila $CR \geq 0,7$ atau $VE \geq 0,5$

Dimana kemudian dari hasil perhitungan untuk tiap-tiap dimensi direkapitulasi sebagai berikut:

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Validitas dan Reliabilitas Konstruk Dimensi *Price/Harga* iterasi 2

Dimensi	Kode Item	Bobot Faktor	T-Value Bobot Faktor	Varian Error	T-Value Varian Error	Construct Reliability (CE)	Variance Extracted (VE)
HG	HG1	1	28.25	0	0	1	1
	HG3	1	28.25	0	0		

Dari Tabel 5 ditunjukkan setiap dimensi – dimensi yang terbentuk memiliki faktor loading / estimasi lebih dari 0.5 dan t-value sebesar 1.96. Sehingga dapat dinyatakan bahwa variabel – variabel yang ada di dalam model penelitian valid dan reliabel.

Pada variabel *price/harga* dilakukan proses pengujian validitas dan reliabilitas sebanyak dua kali. Hal ini dikarenakan nilai dari T-value dan bobot faktor masih berada di luar batas yang ditentukan. Pengujian dilakukan hingga seluruh nilai dari T-value dan bobot faktor mencapai dari batas yang ditentukan, yaitu lebih besar dari 1,96 untuk nilai T-value dan lebih besar dari 0,5 untuk bobot faktor. Pernyataan yang berada diluar batas yang ditentukan adalah HG2, HG4, dan HG5. Setelah pernyataan tersebut dibuang dan diujikan kembali, maka menghasilkan nilai T-value dan bobot faktor yang telah memenuhi syarat valid dan reliabel.

Pada variabel *overall satisfaction* dan *customer loyalty* hanya dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas sebanyak satu kali. Hal ini disebabkan karena pada pengujian validitas dan reliabilitas pertama semua item telah dinyatakan valid dan reliabel, sehingga tidak diperlukan adanya iterasi lebih lanjut.

Tahap selanjutnya merupakan uji kecocokan model struktural dimana menghasilkan output sebagai berikut :

Gambar 4. T-Value Dimensi Analisis Model Struktural *Price/Harga-Overall Satisfaction-Customer Loyalty*

Dari hasil output berupa *path diagram* kemudian di rekap untuk melihat hasil dari hubungan antar variable berdasarkan hipotesis penelitian:

Tabel 6 Evaluasi Terhadap Koefisien Model Struktural dan Kaitannya dengan Hipotesis Penelitian

Path	Estimasi	Nilai - t	Kesimpulan
HG → OS	0.58	8.6	diterima
HG → LY	0.44	4.83	diterima
OS→LY	0.19	2.26	diterima

Tabel 6 memberikan informasi mengenai data yang menggunakan *software* LISREL untuk hipotesis satu hingga tiga. Nilai tersebut merupakan nilai yang berfungsi menjawab dihasilkan dari hasil perhitungan struktural hipotesis yang telah dibuat pada bab sebelumnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yang dapat menjawab tujuan penelitian. Adapun kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil kuesioner dapat diketahui bahwa secara keseluruhan dari rata-rata modus yang didapat pada Price/Harga sebesar 4, maka dapat disimpulkan secara keseluruhan harga yang diberikan oleh penyedia jasa antar jemput sekolah terjangkau.
2. Dari hasil kuisisioner dapat diketahui bahwa secara keseluruhan dari rata-rata modus yang didapat pada overall satisfaction sebesar 4, maka dapat disimpulkan secara keseluruhan pelanggan antar jemput sekolah puas dengan jasa antar jemput sekolah.
3. Dari nilai rata-rata modus yang didapat dari kuisisioner diketahui bahwa nilai loyalitas pelanggan adalah 4, yang berarti pelanggan sudah loyal.
4. Adanya pengaruh harga, terhadap *overall satisfaction* pelanggan jasa antar jemput sekolah
5. Adanya pengaruh harga terhadap *customer loyalty* dari pelanggan antar jemput sekolah akan tetapi korelasinya tidak kuat
6. Adanya pengaruh dari *overall satisfaction* terhadap *customer loyalty* dari pelanggan antar jemput sekolah akan tetapi korelasinya lemah
7. Dimensi harga dan *overall satisfaction* berpengaruh positif terhadap dimensi loyalitas, namun keduanya tidak memiliki nilai yang signifikan.

V. SARAN

Penelitian yang telah dilakukan ini tentu memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu masih perlu dilakukan penyempurnaan agar

diperoleh hasil yang lebih tepat sehingga dapat digunakan sebagai bahan masukan bagi pengelola jasa antar jemput sekolah agar untuk ke depannya dapat terus berkembang dan lebih maju lagi. Adapun penelitian lanjutan yang disarankan adalah

1. Perlu dipelajari kemungkinan adanya dimensi lain selain *Price/Harga*, *overall satisfaction*, yang mempengaruhi *customer loyalty*
2. Penelitian lanjutan yang lebih mendalam dengan tema serupa tetapi sampel yang lebih luas dengan mempertimbangkan karakteristik demografi dan profesi serta segmentasi pasar yang berbeda sehingga dapat dilakukan klasifikasi pelayanan yang dapat digunakan untuk menyusun strategi pemasaran sesuai dengan segmentasi pasarnya.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya melibatkan responden yang lebih besar lagi meliputi sekolah-sekolah mungkin tidak hanya di Jakarta tapi juga di beberapa kota besar di Indonesia
4. Demi meningkatkan pelayanan, kenyamanan, dan loyalitas yang diberikan perlu dilakukan penelitian berkala sehingga diperlukan adanya penelitian secara berkala untuk memonitor perkembangan layanan jasa antar jemput sekolah.

Dengan memperhatikan hasil penelitian serta jawaban responden dan analisis hubungan dan pengaruhnya terhadap masing-masing variabel, maka pihak pengelola jasa antar jemput sekolah dapat mempertimbangkan sebagai bahan masukan dalam aktivitas bisnisnya. Adapun saran pemanfaatan hasil penelitian ini adalah

1. Harga merupakan faktor Utama yang mempengaruhi kepuasan dari pelanggan dalam menggunakan jasa antar jemput sekolah ini, oleh sebab itu penyedia jasa antar jemput disarankan untuk memberikan harga yang bersaing dengan penyedia jasa lain dan juga memberikan bonus-bonus kecil sehingga dapat menarik konsumen.
2. Meratakan pelayanan yang diberikan terhadap pelanggan sehingga kepuasan pelanggan dapat meningkat.
3. Meningkatkan fasilitas kendaraan dan kinerja para supir antar jemput agar pelanggan lebih puas dengan pelayanan yang diberikan

DAFTAR PUSTAKA

1. Diputra, B.Y. 2007. Analisis Pengaruh Kualitas Pelayanan Jasa dan Penetapan Harga Terhadap Loyalitas Konsumen Pada Hotel Arwana Di Jakarta. *Skripsi Ekonomi. Universitas Negeri Semarang*.
2. Mulyades, Oki. (2008). Pengaruh Kualitas Jasa, Kepuasan Pelanggan, Kepercayaan, Biaya Peralihan, Citra Perusahaan dan Komitmen

- Terhadap Loyalitas Pelanggan. *Skripsi Teknik Industri. Institut Teknologi Bandung*
3. Mutaqin, Ahmad.2006. Pengaruh Kualitas Pelayanan dan Fasilitas Terhadap Kepuasan Pelanggan Bus Po.Timbul Jaya Di Wonogiri. *Skripsi Ekonomi. Universitas Negeri Semarang.*
 4. Pignier, Lea. 2005. *An Exploratory Study On The Role Of Emotions In Service Satisfaction And Loyalty Behaviors.* Thesis of Industrial Engineering. National University Of Singapore
 5. Samuel dan Foedjiawati. (2005). Pengaruh Kepuasan Konsumen Terhadap Kesetiaan Merek Studi Kasus Restoran *The Prime Steak & Ribs* Surabaya. *Jurnal Manajemen & Kewirausahaan, Vol. 7, No. 1, Maret 2005: 74-82*
 6. Uyanto, Stanislaus. 2009. Pedoman Analisis Data Dengan SPSS. Jakarta : Erlangga.
 7. Wijanto, S.H. (2008). *Structural Equation Modeling.* Graha Ilmu, Yogyakarta.
 8. Yanto.(2007). Teknik Menulis dan Mempresentasikan Karya Ilmiah : Thesis, Tugas akhir, Kerja Praktek dan Makalah. Diktat Mata Kuliah TKI-315 Metode Penelitian dan Penulisan Ilmiah. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, UNIKA Atma Jaya. Jakarta.

Pengendalian Kualitas Pada Lini Produksi Pick Up dengan Metode Six Sigma Pada PT. SEIN

Muhammad Kholil¹, Dian Prasetyo²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

E-mail : m.kholil2009@gmail.com¹, dian_dodol@yahoo.com²,

Abstrak -- PT SEIN merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang elektronik yang merupakan anak perusahaan terkemuka di Korea. Produk-produk yang dihasilkan bermacam-macam yang berfokus pada *home appliance* dan pick up adalah salah satu diantaranya. Semua produk yang dihasilkan dipasarkan baik untuk pasar domestik maupun ekspor atau pasar luar negeri. Melihat kondisi yang seperti ini maka perlu adanya pengendalian kualitas dari pada mutu produk guna menjaga dan meningkatkan kualitas produksi, sehingga konsumen merasa puas. Pendekatan pemecahan masalah yang diambil salah satunya dengan menggunakan metode Six Sigma dengan menggunakan beberapa macam *quality tool* seperti *Control Chart*, *pareto chart* & *CE diagram*. Penggunaan *tool-tool* ini dibantu dengan menggunakan software Minitab untuk proses analisa. Berdasarkan data yang diambil selama 3 bulan dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata cacat yang terjadi sebesar 6711 ppm sehingga perlu dilakukan perbaikan pada lini produksi pick up tersebut.

Kata Kunci : Six Sigma

1. Pendahuluan

Pembahasan tentang kualitas melibatkan permasalahan bagaimana mendefinisikan, bagaimana mengukur dan bagaimana menghubungkannya dengan laba. Ada banyak sekali bahasan tentang kualitas tetapi tidak ada satupun yang dapat menjelaskan dengan tepat apa sebenarnya kualitas itu. Kualitas suatu produk menggambarkan kualitas yang melekat pada produk meliputi *ta, pilan*, *appearance*, *reliabilitas* atau ketahanan produk dan juga kemudahan dalam penggunaan. Dimensi kualitas untuk industri manufaktur (Garvin, 1996), meliputi:

- **Performance**: kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri
- **Feature**: ciri khas produk yang membedakan dari produk lain
- **Reliability**: kepercayaan pelanggan terhadap produk karena kehandalannya atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah.

- **Conformance**: kesesuaian produk dengan syarat, ukuran, karakteristik desain, dan operasi yang ditetapkan
- **Durability**: tingkat ketahanan/awet produk atau lama umur produk.
- **Serviceability**, yaitu kemudahan perbaikan atau ketersediaan komponen produk
- **Aesthetic**: keindahan atau daya tarik produk.
- **Perception**: fanatisme konsumen akan merek suatu produk tertentu karena citra atau reputasinya.

Kualitas adalah sebuah konsep yang luas yang mencakup tingkat kesempurnaan dan kesesuaian dengan spesifikasi atau standar perbandingan yang dapat diukur sehingga hasilnya dapat ditunjukkan secara konsistensi.

Ada beberapa definisi kualitas yang dinyatakan oleh beberapa ahli berikut diantaranya:

- **Deming** : Mendefinisikan kualitas adalah apapun yang menjadi kebutuhan dan keinginan konsumen
- **Crosby** : Mempresipikan kualitas adalah apapun yang menjadi kebutuhan dan keinginan konsumen
- **Juran** : Mendefinisikan mutu sebagai kesesuaian terhadap spesifikasi
- **Scherkenbach (1991)**: kualitas ditentukan oleh pelanggan; pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan dan harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut.
- **Elliot (1993)**: kualitas adalah sesuatu yang berbeda untuk orang yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengan tujuan.
- **Goetch dan Davis (1995)**: kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan.
- **Perbendaharaan istilah ISO 8402 dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991)**: kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak

maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.

Six Sigma merupakan sebuah metodologi terstruktur untuk memperbaiki proses yang difokuskan pada usaha mengurangi variasi proses (*process variances*) sekaligus mengurangi cacat (produk/jasa yang diluar spesifikasi) dengan menggunakan statistik dan *problem solving tools* secara intensif.

Secara harfiah, Six Sigma (6σ) adalah suatu besaran yang bisa kita terjemahkan secara gampang sebagai sebuah proses yang memiliki **kemungkinan cacat (*defects opportunity*) sebanyak 3.4 buah dalam satu juta produk/jasa**. Ada banyak kontroversi di sekitar penurunan angka Six Sigma menjadi 3.4 dpmo (*defects per million opportunities*). Namun bagi kita, yang penting intinya adalah Six Sigma sebagai *metrics* merupakan sebuah referensi untuk mencapai suatu keadaan yang nyaris bebas cacat. Sehingga menjadikan metode Six Sigma ini sangat baik digunakan untuk proses pengendalian kualitas. Ada 5 karakteristik Six Sigma yang sangat mendukung dalam hal pengendalian kualitas:

1. Berpusat pada konsumen
2. Fokus pada proses
3. Metode pemecahan masalah secara ilmiah
4. Pengembangan tenaga kerja yang sistematis
5. Perbaikan yang berhubungan langsung dengan finansial

1.2 Latar Belakang Penelitian

Pada era globalisasi seperti sekarang ini dimana konsumen semakin kritis dan juga semakin jeli dalam memilih produk. Hal ini mulai membuat industri manufaktur harus bisa bergerak cepat untuk bisa menyediakan barang dan jasa yang sesuai dengan yang diinginkan konsumen. Hal ini juga memicu industri manufaktur untuk bisa meningkatkan pencapaian perencanaan dengan tingkat keberhasilan lebih efektif dan efisien guna menghadapi persaingan pasar. Persaingan baik di pasar domestik maupun di pasar internasional, setiap industri manufaktur harus bisa membuat keputusan yang benar dalam segala hal terutama dalam hal kualitas produksi. Terutama pada industri elektronik dimana peranan kualitas atau mutu produk mempunyai pengaruh yang sangat penting dalam hal kepuasan pelanggan. Oleh karena itu perusahaan manufaktur dituntut untuk dapat mengantisipasinya yaitu dengan menjaga mutu produk.

Untuk bisa menghasilkan mutu yang baik dan sesuai dengan harapan konsumen maka diperlukan pengendalian kualitas yang berkesinambungan pada setiap elemen pengendali kualitas yaitu pengendalian kualitas dari material yang digunakan dan pengendalian kualitas pada lini produksi.

Dengan melihat kondisi cacat yang terjadi pada 3 bulan terakhir di PT SEIN ini dimana cacat rata-rata yang terjadi dalam 3 bulan terakhir sebanyak 6711 ppm, maka dipilihlah penelitian dengan judul **“Pengendalian Kualitas Pada Lini Produksi Pick Up Dengan Metode Six Sigma Di PT. SEIN”**

1.3 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada timbul suatu permasalahan yaitu bagaimana PT SEIN harus mengurangi angka kerusakan atau cacat. Karena dengan tingginya angka cacat maka akan menambah pekerjaan dan juga biaya produksi yang sangat tinggi.

Pokok permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengetahui jenis-jenis cacat produk pada pembuatan Optical Pick Up Unit
2. Analisa data cacat produksi dengan menggunakan metode statistik (*Six Sigma*)
3. Analisa perbaikan dari cacat produk yang mempunyai pengaruh signifikan berdasarkan analisa statistik.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan dalam menyusun laporan ini adalah:

1. Mengetahui jumlah cacat produk pada produksi pick up
2. Untuk mengetahui penyimpangan yang terjadi dan menelusuri sebab akibat terjadinya penyimpangan selama proses berlangsung.
3. Memberikan usulan perbaikan kepada perusahaan dalam melakukan kontrol kualitas produk.

1.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

1.5.1 Tahap Define

Proyek ini dilaksanakan dikarenakan defect pada triwulan pertama sangat tinggi cacat produksi rata-rata untuk triwulan pertama sebanyak 216 dari rata-rata produksi 32168 atau sebesar 6711 ppm. Oleh karena itu manajemen PT SEIN menargetkan pencapaian itu bisa diturunkan hingga 50% pada kuartal selanjutnya dari 6711 ppm menjadi 3129 ppm.



Diagram 1.1 Rata-rata cacat 3 bulan terakhir

1. Optical Line

Lini produksi ini merupakan lini assembly dimana proses perakitan lensa-lensa berlangsung. Lensa-lensa tersebut dipasang secara manual dengan target-target yang sudah ditetapkan

2. Actuator Line

Actuator ini merupakan bagian terpenting dimana lensa utama untuk Blue Ray Lens dan DVD CD Lens dipasang.

3. Adjustment Line

Fungsi dari lini produksi ini adalah melakukan penyesuaian terhadap Pick Up setelah Optical dan Actuator disatukan. Lini produksi ini merupakan CTQ Unit atau lini produksi yang paling penting. Pada lini produksi ini ada 5 tahapan proses yakni :

a. BD Spot Skew

Pada proses ini actuator yang telah dipasang akan disesuaikan posisinya dengan bagian optical sehingga pantulan yang didapat dari bagian optical dan actuator bisa tegak lurus.

b. DVD CD Laser Skew

Pada proses ini Lens untuk DVD CD dipasang secara semi auto guna mendapatkan pantulan yang tegak lurus terhadap disc dimana halnya dengan proses BD Spot Skew. Item penyesuaian untuk proses skew ada 3 macam yakni:

- Skew R
- Skew T
- FOUT

c. BD Adjust

Pada proses ini dilakukan penyesuaian antara bagian Elektrikal (LD atau *Laser Diode*) dengan posisi optical. Item penyesuaian yang terdapat pada proses ini adalah :

- Defocus
- Phase
- One Track
- PDB-X
- PDB-Y

d. DVD CD Adjust

Sama halnya dengan BD Adjust item penyesuaiannya pun sama hanya saja perbedaan jenis penyesuaiannya saja.

e. Variable Resistor Adjust (VR Adjust)

Pada proses ini nilai pancaran yang dihasilkan diatur berdasarkan besarnya nilai Variable Resistor pada rangkaian PCB. Ada 3 Variable Resistor yang perlu diatur BD, DVD dan CD.

f. PDIC Bonding

Pada proses ini PDIC yang sudah dilakukan penyesuaian pada proses BD adjust dan DVD CD adjust di keraskan dengan menggunakan Bonding Cair yang dipanaskan dan dikeraskan dengan menggunakan sinar UV. Proses ini sangat berpengaruh terhadap nilai PDB-X dan PDB-Y. Besar kecilnya kuantiti dari Bonding dan juga posisi dari pancaran sinar UV bisa mempengaruhi posisi dari PDIC.

1.5.2 Tahap Measure

1.5.2.1 P-Chart

Berikut ini adalah data cacat perminggu selama 3 bulan. Data tersebut digunakan untuk mendapatkan

Table 1.1 Data Peta Kendali Cacat 3 Bulan

Periode	Sample (n)	Cacat (np)	P	UCL	CL	LCL
Wk-1	2268	22	0.0097	0.01185	0.00671	0.00157
Wk-2	2650	18	0.00679	0.01147	0.00671	0.00195
Wk-3	2703	16	0.00592	0.01142	0.00671	0.002
Wk-4	2102	19	0.0094	0.01205	0.00671	0.00137
Wk-5	2390	17	0.00711	0.01172	0.00671	0.0017
Wk-6	2608	16	0.00613	0.01151	0.00671	0.00192
Wk-7	2589	18	0.00695	0.01153	0.00671	0.0019
Wk-8	2465	22	0.00892	0.01164	0.00671	0.00178
Wk-9	3686	21	0.00570	0.01057	0.00671	0.00268
Wk-10	2810	10	0.00356	0.01133	0.00671	0.00209
Wk-11	3005	20	0.00666	0.01118	0.00671	0.00224
Wk-12	2908	17	0.00585	0.01125	0.00671	0.00217

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut diatas dimana semua nilai P berada di daerah antara UCL dan LCL sehingga bisa dijelaskan bahwa kapabilitas proses berjalan normal namun walaupun begitu tetap masih perlu adanya pengontrolan secara ketat sehingga hasil bisa terus stabil.

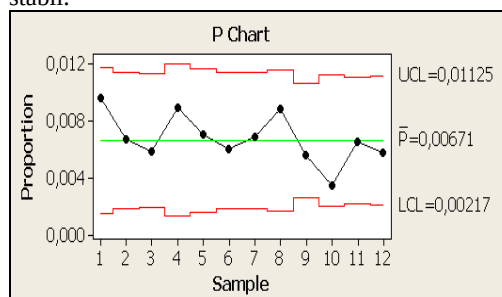


Diagram 1.2 P-Chart Analisis

$$CL = \frac{\sum np}{\sum n} = \frac{216}{32184} = 0.00671$$

$$P = \frac{np}{n} = \frac{22}{2268} = 0.0097$$

$$UCL = CL + 3 \sqrt{\frac{CL \times (1 - CL)}{n}}$$

$$UCL = 0.000671 + 3 \sqrt{\frac{0.000671 \times (1 - 0.000671)}{2268}} = 0.000671$$

$$UCL = CL - 3 \sqrt{\frac{CL \times (1 - CL)}{n}}$$

$$LCL = 0.000671 - 3 \sqrt{\frac{0.000671 \times (1 - 0.000671)}{2268}} = 0.000671$$

Berdasarkan data produksi yang didapat dari bulan Januari hingga Maret dimana diketahui data sebagai berikut:

Jumlah Prod : 32168
Jumlah Cacat : 216

$$DPMO = \frac{216}{32168} \times 1000000$$

$$DPMO = 6711$$

Berikut adalah perhitungan sigma level dengan menggunakan metode MS Excel :

$$DPO = \frac{6711}{1000000}$$

$$DPO = 0.006711$$

$$Z_{LT} = NORMSINV(1-DPO)$$

$$= NORMSINV(1-0.006711)$$

$$= 2.47$$

$$Z_{ST} = Z_{LT} + Z_{Shift}$$

$$= 2.47 + 1.5$$

$$= 3.97$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diketahui nilai sigma level untuk cacat pada OPU adalah sebesar 3.97.

1.5.2.2 Pareto Chart

Fungsi dari diagram *Pareto* ini adalah guna mengurutkan kondisi cacat berdasarkan jumlah cacat. Dengan bantuan aplikasi Minitab maka data akan didapatkan secara otomatis mengenai persentasi data cacat sesuai dengan urutan dari jumlah cacat yang paling sering terjadi. Berikut adalah trend defect yang terjadi selama 3 bulan terakhir :

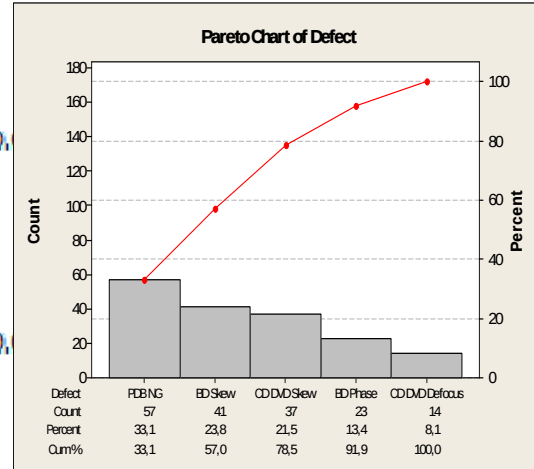


Diagram 1.3 Diagram Pareto

Berikut adalah data hasil dari analisa diagram pareto dengan menggunakan Minitab :

Tabel 1.2

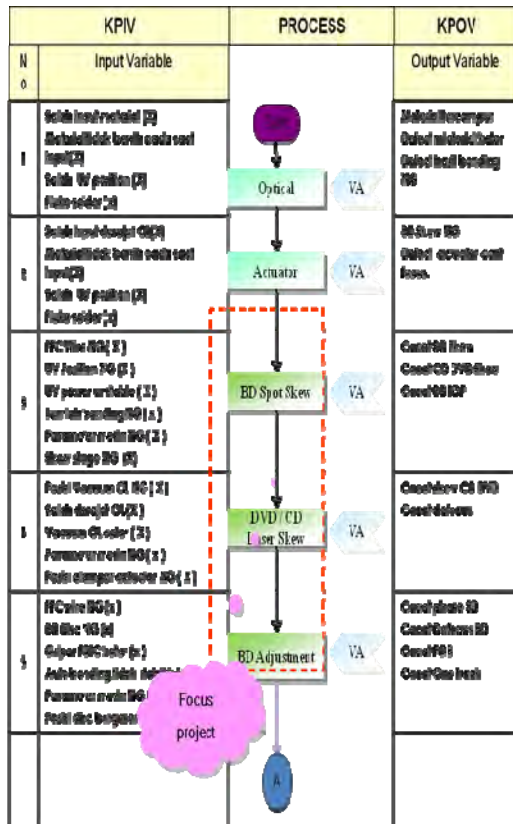
No	Jenis Cacat	Jumlah Prod.	Jumlah Cacat	Persentase Cacat (%)	Akumulatif Cacat (%)
1	PDB NG	32184	57	33.1	33.1
2	BD Skew	32184	41	23.8	57.0
3	CD/DVD Skew	32184	37	21.5	78.5
4	BD Phase	32184	23	13.4	91.9
5	CD/DVD Defocus	32184	14	8.1	100

1.5.2.3 Diagram Proses

Diagram proses merupakan metode penganalisaan masalah berdasarkan tiap-tiap proses yang terjadi. Dengan diagram ini akan dicari faktor *Potential (X)* dimana *Potential (X)* ini merupakan faktor-faktor penyebab timbulnya cacat pada produk UPU. Pada diagram ini dikenal ada 2 istilah yakni KPIV (*Key Process Input Variable*) dan KPOV (*Key Process Output Variable*).

KPOV adalah langkah pertama sebelum mencari faktor penyebab atau *Potential (X)*, pertama yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi cacat apa saja yang mungkin timbul pada masing-masing proses. Setelah itu barulah bisa dilakukan penyusunan KPIV.

KPIV merupakan faktor-faktor atau variable-variable yang menjadi *Potential (X)* dimana faktor-faktor ini merupakan penyebab dari timbulnya cacat. KPIV diidentifikasi berdasarkan KPOV pada tiap-tiap proses. Berikut ini adalah diagram proses sebagai analisa cacat yang terjadi pada OPU.



1.5.2.4 Cause-Effect Diagram

Diagram sebab-akibat (*Cause & Effect Chart*) digunakan untuk mengorganisasi hasil informasi brainstorming dari sebab-sebab suatu masalah. Diagram ini sering disebut juga dengan diagram *fishbone* karena bentuknya yang mirip dengan tulang ikan, atau diagram ishikawa untuk menghormati sang penemu.

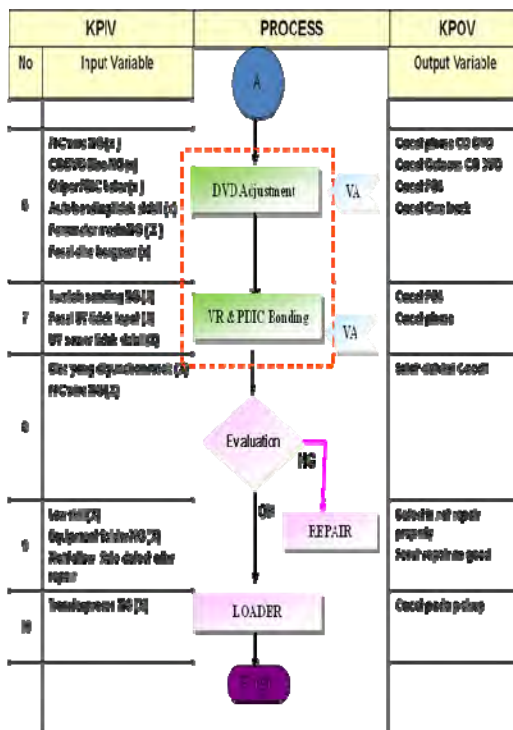


Diagram 1.6 Fishbone Diagram

Gambar diatas merupakan hasil dari *brainstorming* dengan menganalisa cacat Opu berdasarkan 5M+1E. Dengan menggunakan diagram ini maka proses analisa dan identifikasi masalah bisa menjadi lebih efektif.

1.5.2.5 Function Development Matrix

Sebuah penyebaran sederhana yang digunakan untuk memprioritaskan KPIV dan mengidentifikasi hubungan antara KPIV dan KPOV yang menjawab kritik dari pelanggan. FDM dikenal pula dengan nama lain X-Y matrix. Ini memprioritaskan KPIV yang mempengaruhi KPOV. Berikut ini adalah analisa FDM untuk masalah cacat OPU:



X	KPIV	NO	1	2	3	4	5	Ranking	rangking table
		KPIOV	PDB NG	BD Skew	CD DVD Skew	BD phase	CD DVD Defocus		
		Rank	10	9	8	7	6		
X1	Parameter mesin NG (x)		9	7	9	7	7	316	14
X2	Posisi UV tidak tepat (X)		8	8	8	8	7	314	14
X3	Jumlah bonding NG (x)		9	7	7	8	8	313	14
X4	UV power tidak stabil (X)		8	7	7	7	7	290	13
X5	FFC wire NG (x)		8	9	0	8	7	259	11
X6	Skew stage NG (X)		0	8	7	0	0	128	6
X7	Auto bonding tidak stabil (x)		0	0	0	9	9	117	5
X8	Posisi disc bergeser (x)		0	0	0	9	9	117	5
X9	Griper PDIC kotor (x)		9	0	0	0	0	90	4
X10	Posisi clamper actuator NG (X)		0	0	9	0	0	72	3
X11	Posisi Vacuum OL NG (X)		0	0	9	0	0	72	3
X12	Vacuum OL kotor (X)		0	0	9	0	0	72	3
X13	Salah derajat OL (X)		0	7	0	0	0	63	3
X14	BD Disc NG (x)		0	0	0	9	0	63	3
								2286	100

Diagram 1.7 FDM Matriks

Dari ke-14 potensial X yang telah dianalisa dengan menggunakan FDM matriks ditemukan ada 9 potensial X yang mempunyai nilai persentase diatas 4% sehingga berdasarkan analisa FDM maka untuk 9 potensial X tersebut akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya dalam sixsigma yaitu *Phase Analyze* dimana pada tahap ini akan digunakan metode hipotesa dengan tool 2-proportion test pada aplikasi Minitab.

Sedangkan untuk 5 potensial X lainnya bisa dilakukan metode *Quick Fix*. Metode *quick fix* ini adalah metode perbaikan yang bisa dilakukan secara langsung tanpa perlu adanya analisa lebih lanjut. Untuk saran perikan bagi ke 5 potensial X tersebut akan dibahas lebih lanjut lagi pada tahap *Phase Improve*.

1.6 Tahap Pemecahan Masalah

1.6.1 Tahap Analisa

Pada tahap atau fase ini akan dilakukan proses analisa lebih lanjut untuk 9 potensial X yang ditemukan pada fase *Measure*. metode yang digunakan pada *Phase Analyze* ini adalah metode hipotesa dengan bantuan tool 2 proportion test pada aplikasi Minitab.

Ada 3 langkah yang harus dilakukan pada tahap analisa ini, yaitu:

1. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data guna melakukan pengujian ulang terhadap OPU berdasarkan potensial X yang telah ditemukan.

2. Menganalisa data

Metode analisa yang digunakan adalah dengan menggunakan hipotesa. Dimana terdapat H_0

yang menyatakan bahwa potensial X merupakan bukan penyebab terjadinya cacat, sedangkan H1 merupakan penyebab terjadinya cacat. Untuk menentukan apakah hipotesa mana yang benar maka dilakukan analisa 2 proportion test. Jika hasil pengukuran p-value 0.05 maka dapat disimpulkan pernyataan H0 adalah benar, begitu pula

sebaliknya jika p-value 0.05 maka pernyataan H1 adalah benar.

3. Menentukan *Vital Few X*

Yang dimaksud dengan *Vital Few X* adalah bahwa potensial X tersebut adalah potensial vital dan sangat penting untuk di lakukan perbaikan guna memperbaiki cacat produksi pada OPU.

Tabel 1.3 Analisa POTENSIAL X

X's	Potential X's List	Tools to be Used			Improve Action
			P-Value	Conclusion	
X1	Parameter Mesin NG	Two Proportion	0.02	Vital View	Alternative
X2	Posisi UV tidak tepat	Two Proportion	0.013	Vital View	Alternative
X3	Jumlah bonding tidak tepat	Two Proportion	0.044	Vital View	Alternative
X4	FFC Rusak	Two Proportion	0.023	Vital View	Alternative
X5	UV power tidak stabil	Two Proportion	0.023	Vital View	Alternative
X6	Skew stage NG	Two Proportion	0.156	Not Vital View	Alternative
X7	Auto bonding tidak stabil	Two Proportion	0.001	Vital View	Alternative
X8	Disk bergeser	Two Proportion	0.017	Vital View	Alternative
X9	Gripper PDIC kotor	Two Proportion	0.152	Not Vital View	Alternative

1.6.2 Tahap Perbaikan

Tindakan-tindakan ini dapat dijadikan sebagai langkah ke depan untuk pencapaian target yang sudah ditentukan sehingga diperoleh hasil yang stabil:

- Melakukan schedule maintenance
- Melaksanakan Internal Audit
- Menyediakan spare part mesin
- Pembuatan parameter dan penandaan untuk setiap parameter program dan juga parameter mekanik mesin

- Memberikan pelatihan-pelatihan kepada operator mesin tentang pemahaman arti kualitas sehingga bisa meningkatkan crisis awarness dari operator

1.6.3 Tahap Kontrol

Merupakan tahap analisis terakhir dari proyek *six sigma* yang menekankan pada pendokumentasian dan penyebarluasan dari tindakan yang telah dilakukan meliputi:

1. Melakukan perawatan mesin dan perbaikan mesin secara berkala.
2. Melakukan pengawasan terhadap bahan baku dan karyawan bagian produksi agar mutu barang yang dihasilkan lebih baik.
3. Melakukan pencatatan dan pengukuran produk catat setiap hari dari masing-masing jenis dan mesin, yang dilakukan oleh karyawan masing-masing bagian.
4. Melaporkan hasil pengukuran produk cacat berdasarkan *type* produk catat kepada supervisor.
5. Modifikasi *working instruction* pada masing-masing proses.
6. Membuat *check sheet* untuk setiap parameter mesin dan takaran bahan yang digunakan.

1.6.4 Pengukuran Proses Setelah Implementasi

Berikut adalah hasil yang telah dicapai setelah dilakukan perbaikan pada beberapa proses :

Tabel 1.4 Pencapaian Setelah Perbaikan

Category	Baseline	Target	Result	Unit
Defect	0.67	0.31	0.47	%
DPMO	6711	3129	4682	Ppm
Sigma Level	4.0	4.2	4.1	Σ
COPQ	6.328	2717	2813	USD

Berikut ini adalah perhitungan dari penghematan yang dihasilkan setelah dilakukan perbaikan dengan menggunakan metode six sigma:

Tabel 1.5 Saving Cost

		Target	Result
A	defective rate before	0,006711	0,006711
B	defective rate after	0,003129	0,004682
C	volume prod/year	307258	307258
D	Over head cost	3,41	3,41
E	contribution ratio	0,9	0,9
	Saving cost (A-B)x CxDxE	\$ 3.377,74	\$ 1.913,30

1.7 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Dengan menggunakan metode *six sigma* dapat diketahui bahwa kualitas pickup yang dihasilkan oleh perusahaan cukup baik yaitu 4 Sigma.
2. Berdasarkan hasil pengukuran ada 5 jenis cacat yang menjadi faktor utama menurunnya kualitas pada lini produksi pickup yaitu: *PDB NG* sebanyak 33.1%, *BD Skew* sebanyak 23.8%, *DVD CD Skew* 21.5%, *BD Phase* sebanyak 13.4% dan *DVD CD Defocus* sebanyak 8.1%
3. Berdasarkan hasil analisis faktor mesin menjadi faktor utama menurunnya kualitas. Selain itu kurangnya pengendalian terhadap beberapa parameter baik parameter program adjust

maupun parameter mekanik mesin hingga pengendalian bahan baku.

4. Setelah dilakukan proses perbaikan maka dapat diketahui nilai level sigma dari lini produksi SEIN ini meningkat dari 4 σ menjadi 4.1 σ . Dan jumlah cacat menurun dari 6711 ppm menjadi 4682 ppm, sehingga didapatkan saving cost sebesar \$1913,30.

1.8 Daftar Pustaka

- [1] Kartika Hayu. 2009. *Modul Pengendalian Kualitas*. Jakarta: Universitas Mercubuana
- [2] Purnomo Hari. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [3] Purwanto. 2009. *SAMSUNG Six Sigma*. Cikarang

- [4] Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh. 2000 *The Six Sigma Way*. New York : McGraw-Hill.
- [5] Peter S. Pande, Larry Holpp . 2002. *What is Six Sigma*. New York : McGraw-Hill.
- [6] Manggala D. 2005. *Menngenal Six Sigma Secara Sederhana*. www.beranda.net.
- [7] Gaspersz, Vincent. 2005. *Total Quality Management*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [8] Netherwood Gleen. *Six Sigma Primer*. www.micquality.com/six_sigma_primer/
- [9] Oakland Jhon S. 2004. *Oakland On Quality Management*. London
- [10] Bhote Keki R. 2003. *The Ultimate Power Of Six Sigma*. Newyork:AMACOM

Penjadwalan Proses Pembuatan Dokumen PIB Di Bagian Impor Laut Dengan Menggunakan Critical Path Methode Di Pt.Global Total Service

Muhammad Kholil¹, Yanti Risnawati²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl.Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

E-mail : m.kholil2009@gmail.com¹, yrisnawati@yahoo.com²

Abstrak -- Manajemen proyek merupakan suatu teknik yang digunakan untuk merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Konsep manajemen proyek adalah merupakan buah pemikiran tentang manajemen yang ditujukan untuk mengelola kegiatan yang berbentuk proyek. Dalam proses perencanaan, penjadwalan dan pengawasan digunakan dengan teknik analisis yang dikenal dengan metode jalur kritis atau Critical Path Method (CPM). Jalur kritis adalah jalur dalam jaringan kerja yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Dalam penelitian harus menentukan jadwal artinya mengidentifikasi waktu mulai dan waktu selesai yang direncanakan untuk tiap kegiatan. Penelitian ini bertujuan mengurangi dan bahkan menghilangkan kegiatan pembentukan dokumen yang tidak perlu dilakukan agar tidak terjadi keterlambatan dan mengatur aliran dokumen dari awal sampai dengan akhir secara berurutan agar tepat dan tidak terjadi kesalahan. Dengan menggunakan CPM dapat diketahui sebelum perbaikan (Cara 1) waktu penyelesaian yang dibutuhkan adalah 478 menit / set. Setelah Perbaikan (Cara 2) disini dilakukan penggabungan proses kegiatan 24 digabungkan dengan kegiatan 23, kegiatan 31 digabungkan dengan kegiatan 30, kegiatan 33 digabungkan dengan kegiatan 32, sehingga waktu penyelesaian yang dibutuhkan adalah 468 menit / set.

Kata Kunci : CPM, Jalur Kritis, Waktu Dipersingkat

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

PT.Global Total Service adalah perusahaan yang bergerak dibidang jasa dengan pelayanan inti meliputi jasa ekspor dan impor melalui laut maupun udara. Bagi sebuah perusahaan, mutu pelayanan merupakan hal yang teramat penting bagi kelangsungan hidup perusahaan. Pada saat ini kebanyakan perusahaan memakai bahan baku untuk produknya dikirim dari

luar negeri, oleh karena itu impor yang khususnya menggunakan kargo laut sangat tinggi di PT.GLOBAL TOTAL SERVICE.

Dengan adanya kegiatan impor yang sangat padat maka proses kerja di bagian impor laut khususnya kurang begitu berjalan dengan baik. Hal tersebut dikarenakan banyak kegiatan yang kurang disusun dan direncanakan dengan baik yang menyebabkan terhambat atau bahkan selesainya terlambat. Persaingan berbasis waktu yang dihadapi adalah salah satu motivasi untuk melakukan perbaikan terus-menerus oleh PT.GLOBAL TOTAL SERVICE. Oleh karena itu penelitian dan pengembangan sangat perlu dilakukan terhadap penjadwalan proses dokumen untuk mengetahui urutan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis mengidentifikasi beberapa masalah, yang terdiri dari :

- Apakah terjadi keterlambatan dalam proses dokumen PIB di bagian impor laut?
- Bagaimana merancang dan menerapkan penjadwalan proses dokumen PIB di bagian impor laut dengan menggunakan Critical Path Methode ?

1.3 Batasan Masalah

- Membahas mengenai alur proses pembentukan dokumen PIB dibagian impor laut PT.GLOBAL TOTAL SERVICE.
- Data tentang dokumen impor diperoleh dari shipment Negara Kwangyang Korea kapal TS PUSAN V.PUSB11001S bulan Januari 2011
- Dokumen yang dibahas adalah dokumen PIB.
- Metode yang digunakan untuk mengolah data yaitu menggunakan Critical Path Methode.

1.4 Tujuan Penelitian

- Mengurangi dan bahkan menghilangkan kegiatan pembentukan dokumen yang tidak perlu dilakukan agar tidak terjadi keterlambatan.
- Mengatur aliran dokumen dari awal sampai dengan akhir secara berurutan agar tepat dan tidak terjadi kesalahan.

1.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Dalam hal ini akan diamati dan dianalisa jaringan kerja sehingga memerlukan data kegiatan pekerjaan beserta durasi waktu dalam melakukan kegiatan proses dokumen impor laut. Adapun data yang akan dibahas adalah data dokumen impor laut untuk proses PIB yang sebagian besar impor dari korea.

Dalam penentuan perkiraan waktu kegiatan, ditentukan secara tertentu, didasarkan pada pengalaman perusahaan dalam melaksanakan proyek-proyek sejenis. Dalam pelaksanaannya, pembuatan dokumen impor laut di PT.Global Total Service telah berlangsung dan menggunakan waktu seperti yang tertera pada tabel 1.5.1. Perkiraan waktu yang diambil berdasarkan data dari flow proses. Pada kesempatan ini, penulis ingin menganalisa dan melakukan percepatan waktu penyelesaian dengan menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)* dikarenakan sering terjadi lost time akibat waktu tunggu oleh jarak yang berjauhan antar section terkait.

Tabel 1.5.1 Waktu yang Dibutuhkan Untuk Setiap Kegiatan

No	Kegiatan	Durasi (Menit)
1	- Periksa dokumen (MBL, BL, Packing List, Commercial Invoice, Certificate of Origin (COO), Certificate of Analyst (COA), API-P)	7
2	- Periksa kedatangan kapal, tempat penimbunan.	5
3	- Periksa biaya D/O	5
4	- Kirim arrival notice kepada consignee	6
5	- Periksa HS Code	2
6	- Membuat flat file (sesuai HBL)	6
7	- Periksa flat file (sesuai HBL)	10
8	- Kirim flat file ke shipping line	3
9	- Hard copy flat file untuk shipping line	3
10	- Input seluruh biaya D/O & biaya Operasional	1
11	- Membuat surat tugas, surat kuasa, surat pinjaman container.	5
12	- Copy MBL, HBL, dan pinjaman container.	4
13	- Mengambil D/O di shipping Line	120
14	- Input data PIB	8
15	- Periksa data PIB dengan pihak consignee	30
16	- Input SSPCP	15
17	- Print PIB di continous form (rangkap 5)	27
18	- Penandatanganan dan stempel PIB	5
19	- Bayar PIB ke Bank	120
20	- Input harga penawaran trucking, storage, Handling fee, PIB + PNBP, Asuransi, Adm Bank, Adm D/O, Ocean Freight (bila status invoice FOB)	9
21	- Kirim quotation kepada consignee per Email	4
22	- Periksa no BC 1.1, Tgl BC 1.1, No Pos BC1.1 kepada pihak shipping line.	8
23	- Input BC 1.1 di PIB & print PIB	1
24	- Periksa kembali seluruh data PIB	5
25	- Transfer EDI	1
26	- Terima respon EDI	60
27	- Fax hasil respon EDI kepada operasional	1
28	- Terima laporan, dan periksa laporan Operasional	18

29	- Input biaya-biaya yg dikeluarkan oleh Operasional	6
30	- Input invoice + no invoice	10
31	- Cetak invoice, kwitansi & faktur pajak.	30
32	- Membuat OR (Official Receipt)	2
33	- Menyiapkan label nama consignee & amplop kemudian kirim kepada consignee	2
34	- Filling	7

Hitungan Maju

Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai cara yang disebut hitungan maju. Pada hitungan maju perlu diingat, “kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan, baru dapat dimulai bila kegiatan pendahulu telah selesai”. Waktu selesai suatu kegiatan, adalah waktu mulai paling awal, ditambah waktu/durasi dari kegiatan itu sendiri, “ $EF = ES + \text{Durasi}$ ”. Hasil perhitungan maju untuk kegiatan ini dapat dilihat pada tabel 4.4 Hasil Perhitungan Maju dan Mundur, serta digambarkan pada jaringan kerja gambar 4.2.

Hitungan Mundur

Perhitungan Mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu yang paling akhir untuk “masih” dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda waktu/durasi penyelesaian kegiatan secara keseluruhan yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Untuk hitungan mundur, waktu mulai paling akhir adalah waktu selesai paling akhir dikurangi durasi berlangsungnya kegiatan itu sendiri, “ $LS = LF - \text{Durasi}$ ”.

Tabel 1.5.2 Perhitungan jalur Kritis Cara 1

Kegiatan	Durasi (Menit)	Paling Awal (Menit)		Paling Akhir (Menit)		Slack (Menit)	Berada Pada Jalur Kritis
		ES	EF	LS	LF		
1	7	0	7	0	7	0	Ya
2	5	7	12	7	12	0	Ya
3	5	7	12	7	12	0	Ya
4	6	12	18	12	18	0	Ya
5	2	18	20	18	20	0	Ya
6	6	20	26	24	30	4	Tidak
7	10	20	30	20	30	0	Ya
8	3	20	23	27	30	7	Tidak
9	3	30	33	30	33	0	Ya
10	1	18	19	27	28	9	Tidak
11	5	19	24	28	33	9	Tidak
12	4	19	23	29	33	10	Tidak
13	120	33	153	33	153	0	Ya
14	8	153	161	153	161	0	Ya
15	30	161	191	161	191	0	Ya
16	15	161	176	176	191	15	Tidak
17	27	191	218	191	218	0	Ya
18	5	218	223	218	223	0	Ya
19	120	223	343	223	343	0	Ya
20	9	161	170	424	433	263	Tidak
21	4	170	174	433	437	263	Tidak
22	8	12	20	335	343	323	Tidak
23	1	343	344	343	344	0	Ya
24	5	344	349	344	349	0	Ya
25	1	349	350	408	409	59	Tidak
26	60	349	409	349	409	0	Ya
27	1	349	350	408	409	59	Tidak
28	18	409	427	409	427	0	Ya
29	6	427	433	431	437	4	Tidak
30	10	427	437	427	437	0	Ya
31	30	437	467	437	467	0	Ya
32	2	467	469	467	469	0	Ya
33	2	469	471	469	471	0	Ya
34	7	471	478	471	478	0	Ya

Dari jaringan kerja diatas di dapat jalur kritis yang berisi kegiatan-kegiatan diantaranya :

1 – 3 – 4 – 5 – 7 – 9 – 13 – 14 – 15 – 17 – 18 – 19 – 23 – 24 – 26 – 28 – 30 – 31 – 32 – 33 – 34.

Analisa yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang berpotensi menentukan lama waktu penyelesaian pembuatan dokumen PIB di bagian impor laut diantaranya adalah :

1. Kegiatan 24 (Periksa kembali seluruh data PIB) digabung pada kegiatan 23 (Input BC 1.1 di PIB dan print PIB).
2. Kegiatan 31 (Cetak invoice, kwitansi dan faktur pajak) digabung pada kegiatan 30 (Input invoice dan nomor invoice).
3. Kegiatan 33 (Menyiapkan label nama consignee dan amplop untuk invoice) digabung pada kegiatan 32 (Membuat Official Receive / OR).
4. Durasi kerja pada kegiatan 23,30 da 32 dilakukan pengukuran kembali (disesuaikan standar pengukuran dari PT.Global Total Service). Perubahan ini selanjutnya dibahas pada langkah **perbaikan cara 2.**

1.6 Hasil dan Analisa

Tabel 1.6.1 Waktu Yang Dibutuhkan Untuk Setiap Kegiatan

Dampak yang terjadi setelah dilakukan perbaikan cara 2 :

- Sumber daya pada kegiatan 24 digabungkan dengan kegiatan 23 , sumber daya kegiatan 31 digabungkan dengan kegiatan 30 dan sumber daya kegiatan 33 digabungkan dengan kegiatan 32.
- Setelah dilakukan perbaikan dan pengukuran kembali waktu kegiatan, durasi kegiatan yang didapatkan dari kegiatan sistem 2 adalah 468 menit/dokumen.

Tabel 1.6.2 Perhitungan Jalur Kritis Cara 2

Kegiatan	Durasi (Menit)	Paling Awal (Menit)		Paling Akhir (Menit)		Slack (Menit)	Berada Pada Jalur Kritis
		ES	EF	LS	LF	TS	
1	7	0	7	0	7	0	Ya
2	5	7	12	7	12	0	Ya
3	5	7	12	7	12	0	Ya
4	6	12	18	12	18	0	Ya
5	2	18	20	18	20	0	Ya
6	6	20	26	24	30	4	Tidak
7	10	20	30	20	30	0	Ya
8	3	20	23	27	30	7	Tidak
9	3	30	33	30	33	0	Ya
10	1	18	19	27	28	9	Tidak
11	5	19	24	28	33	9	Tidak
12	4	19	23	29	33	10	Tidak
13	120	33	153	33	153	0	Ya
14	8	153	161	153	161	0	Ya
15	30	161	191	161	191	0	Ya
16	15	161	176	176	191	15	Tidak
17	27	191	218	191	218	0	Ya
18	5	218	223	218	223	0	Ya
19	120	223	343	223	343	0	Ya
20	9	161	170	424	433	263	Tidak
21	4	170	174	433	437	263	Tidak
22	8	12	20	335	343	323	Tidak
23	3	343	346	343	346	0	Ya
24	1	346	347	405	406	59	Tidak
25	60	346	406	346	406	0	Ya
26	1	346	347	405	406	59	Tidak
27	18	406	424	406	424	0	Ya
28	6	424	430	452	458	28	Tidak
29	34	424	458	424	458	0	Ya
30	3	458	461	458	461	0	Ya
31	7	461	468	461	468	0	Ya

Pada cara 2, jalur kritis yang terjadi adalah sebagai berikut : 1 – 3 – 4 – 5 – 7 – 9 – 13 – 14 – 15 17 – 18 – 19 – 23 – 25 – 27 – 29 – 30 – 31, proses-proses ini adalah proses yang harus dilakukan berurutan. Diagram jaringan kerja Cara 2 secara keseluruhan terlihat pada gambar 5.3. Bila dibandingkan antara cara 1 dengan cara 2, dapat terlihat bahwa :

Dengan cara 2, penyelesaian (waktu standar) yang digunakan untuk menyelesaikan pembuatan dokumen PIB dibagian impor laut dapat dipercepat menjadi 10 menit per set.

1.7 Kesimpulan

Dari analisa dan studi yang dilakukan, penulis mengambil beberapa kesimpulan antara lain :

Sebelum perbaikan (cara 1), yaitu :

- a. Jalur kritis terjadi pada kegiatan 1, 3, 4, 5, 7, 9, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 23, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34.
- b. Waktu penyelesaian yang dibutuhkan adalah 478 menit / set.

Setelah perbaikan (cara 2), disini dilakukan penggabungan proses kegiatan 24 digabungkan dengan kegiatan 23 waktu yang diperoleh adalah 3 menit, kegiatan 31 digabungkan dengan kegiatan 30

No	Kegiatan	Durasi (Menit)
1	- Periksa dokumen (MBL, BL, Packing List, Commercial Invoice, Certificate of Origin (COO), Certificate of Analyst (COA), API-P)	7
2	- Periksa kedatangan kapal,tempat penimbunan.	5
3	- Periksa biaya D/O	5
4	- Kirim arrival notice kepada consignee	6
5	- Periksa HS Code	2
6	- Membuat flat file (sesuai HBL)	6
7	- Periksa flat file (sesuai HBL)	10
8	- Kirim flat file ke shipping line	3
9	- Hard copy flat file untuk shipping line	3
10	- Input seluruh biaya D/O & biaya operasional	1
11	- Membuat surat tugas, surat kuasa, surat pinjaman container.	5
12	- Copy MBL, HBL, dan pinjaman container.	4
13	- Mengambil D/O di shipping Line	120
14	- Input data PIB	8
15	- Periksa data PIB dengan pihak consignee	30
16	- Input SSPCP	15
17	- Print PIB di continous form (rangkap 5)	27
18	- Penandatanganan dan stempel PIB	5
19	- Bayar PIB ke Bank	120
20	- Input harga penawaran trucking, storage, Handling fee, PIB + PNBP, Asuransi, Adm Bank, Adm D/O, Ocean Freight (bila status invoice FOB)	9
21	- Kirim quotation kepada consignee per email	4
22	- Periksa no BC 1.1, Tgl BC 1.1, No Pos BC1.1 kepada pihak shipping line.	8
23	- Input BC 1.1 di PIB, print PIB dan periksa PIB	3
24	- Transfer EDI	1
25	- Terima respon EDI	60
26	- Fax hasil respon EDI kepada operasional	1
27	- Terima laporan, dan periksa laporan operasional	18
28	- Input biaya-biaya yg dikeluarkan oleh operasional	6
29	- Input invoice, no invoice dan cetak invoice	34
30	- Membuat OR (Official Receipt), label nama consignee dan siapkan amplop	3
31	- Filling	7

waktu yang diperoleh adalah 34 menit, kegiatan 33 digabungkan dengan kegiatan 32 waktu yang diperoleh adalah 3 menit, sehingga:

- a. Jalur kritis terjadi pada kegiatan 1, 3, 4, 5, 7, 9, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 23, 25, 27, 29, 30, 31
- b. Waktu penyelesaian yang dibutuhkan adalah 468 menit / set.

1.8 Daftar Pustaka

- [1] Anwar Omar. *Uncertainty In Project Scheduling – Its Use In PERT/CPM Conventional Techniques*. Journal of Cost Engineering. Vol. 51, No. 7 : (2009) : 30-34.
- [2] Haming Murdifin, S.E., M.Si dan Dr. Mahfud Nurnajamuddin, S.E., M.M, 2007, *Manajemen Produksi Modern (Operasi Manufaktur dan Jasa)*. Buku 2, Jakarta : Penerbit Bumi Aksara.
- [3] Catur Prianto, 2008. *Proyek Pembangunan Gedung Kantor Berdasarkan Metode Penerapan Jalur Kritis (Critical Path Method)*, Jakarta: Universitas Mercubuana.
- [4] Heizer, Jay & Render, Barry, 2006, *Operations Manajement*. Buku 1. Edisi ketujuh. Jakarta : Penerbit Salemba Empat.
- [5] T.Hani Handoko, *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi 1. Yogyakarta : Penerbit BPFE.
- [6] Iman Soeharto. 1999. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- [7] Eddy Herjanto, 1999. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi kedua. Jakarta : Penerbit Gasindo.
- [8] Sritomo Wignjosoebroto, 2006. *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Edisi Pertama. Cetakan kedua. Surabaya : Penerbit Quna Widya.
- [9] Sukriyanto Heri, 2009. *Analisa Jaringan Kerja Pada Proses Pembuatan Produk Lifty Light Single 2m Oak Dengan Metode CPM di PT.A*. Jakarta : Universitas Mercu Buana
- [10] Irvan. Zulian Hanum, *Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 7*. Diakses 08 Juni 2010

Analisis Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Bahan Baku Chip Berdasarkan Sistem MRP Pada PT. XYZ

Muhammad Kholil¹, Bayu A.S²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

e-mail : m.kholil2009@gmail.com¹, gareng_ebo@yahoo.com²,

Abstrak -- PT. XYZ merupakan suatu perusahaan yang bergerak dibidang tekstil. Hasil produksi tersebut sesuai dengan pesanan dan ditunjukkan untuk di export. Dengan mengikuti laju pertumbuhan permintaan pasar, selain itu PT. XYZ terus melakukan perluasan usaha dengan berbagai inovasi serta perjuangan dengan penguasaan teknik yang memadai. Permasalahan yang timbul pada PT. XYZ dibagian material adalah dalam melakukan perencanaan chip, PT. XYZ sulit menentukan berapa kebutuhan bahan baku yang diperlukan dan berapa pemesanan yang harus dilakukan. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan melaksanakan persediaan bahan baku melalui pendekatan MRP (Material Requirement Planning) pada bagaian material. Selanjutnya menentukan waktu pesanan dari pihak supplier sehingga bahan baku yang di butuhkan dapat tiba diperusahaan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Dan juga dapat diketahui jumlah biaya yang dikeluarkan dalam pengadaan bahan baku tersebut. Serta frekuensi pemesanan yang didapatkan untuk untuk pengadaan bahan baku dibagian material. Diharapkan dengan adanya usulan perencanaan persediaan bahan baku dengan menggunakan MRP (Material Requirement Planning) dapat melaksanakan proses produksi lebih terkendali sehingga mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Kata Kunci : Perencanaan Persediaan Kebutuhan Bahan Baku Chip, Lot Size

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Persaingan antar perusahaan sekarang ini tidak lagi terbatas secara lokal, tetapi mencakup kawasan regional dan global. Setiap perusahaan berlomba untuk terus menerus mencari usaha dan cara untuk mampu bersaing dan memiliki keunggulan kompetitif agar tetap hidup dan

berkembang. Ada tiga hal yang menjadi persaingan, yaitu harga, mutu, dan layanan.

Harga seringkali ditentukan oleh biaya, dan biaya adalah hasil penentuan serta pemilihan proses produksi perusahaan. Salah satu komponen biaya produksi yang tinggi ialah barang, baik barang langsung maupun barang tidak langsung. Ini termasuk pada manajemen barang atau material, yang lebih khusus lagi manajemen persediaan.

Dalam banyak hal, barang ini diperoleh dari tempat yang jauh, bahkan di impor dari negara lain. Di samping itu, penggunaan seringkali tidak teratur, baik frekuensi maupun jumlah dan jenisnya, sehingga sebelum digunakan perlu di simpan terlebih dahulu dalam gudang penyimpanan barang. Suatu sistem yang dapat digunakan untuk menangani masalah yang berkaitan dengan bahan baku untuk produksi adalah *Material Requirement Planning (MRP)* atau sistem perencanaan kebutuhan material. Sistem ini digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan baku yang bersifat *dependent* terhadap penyelesaian produk akhir. Dengan sistem MRP, dapat diketahui jumlah bahan baku yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu produk di masa yang akan datang sehingga perusahaan dapat mengoptimalkan persediaan bahan baku yang diperlukan agar jumlah persediaan bahan baku yang diperlukan agar jumlah persediaan tidak terlalu banyak tetapi juga tidak terlalu sedikit. Berkaitan dengan investasi, investasi bahan baku yang terlalu besar akan mengakibatkan timbulnya biaya-biaya yang seharusnya tidak terjadi, misalnya biaya penyimpanan bahan baku, biaya kerusakan bahan baku selama penyimpanan dan keusangan bahan baku. Namun sebaliknya, investasi bahan baku yang terlalu kecil akan menyebabkan terganggunya kelancaran proses akibat kekurangan bahan baku untuk diproses. Hal ini mengakibatkan perusahaan tidak dapat memenuhi rencana produksi tepat waktu.

1.2. Pokok Permasalahan

1. Bagaimana Mendapatkan laba yang maksimal sehingga dapat dipakai untuk pengelolaan usaha?
2. Bagaimana mengatur jumlah dan jenis barang dalam proses produksi?
3. Bagaimana cara mengoptimalkan persediaan bahan baku sehingga mendapat biaya total seminimal mungkin?

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam batasan masalah ini perlu ditetapkan batasan-batasan dan asumsi agar langkah-langkah pemecahan permasalahan tidak menyimpang dari tujuan yang hendak dicapai yaitu :

1. Yang dianalisa dalam penelitian ini adalah bahan baku material pembuatan chip
2. Jadwal induk produksi didasarkan pada hasil peramalan permintaan.
3. Menganalisa persediaan pengaman.
4. Perhitungan setiap material dimulai dari level 0
5. Data yang digunakan adalah data tahu 2011.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perencanaan dan persediaan bahan baku dengan sistem MRP yang menggunakan 4 metode ukuran lot.
2. Menentukan biaya persediaan bahan baku dengan biaya total seminimal mungkin.

1.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan dua jenis metode pengumpulan data yaitu: 1. Metode Pengumpulan Data Primer Metode ini digunakan untuk mendapatkan data-data teknik yang sebenarnya dalam riset atau pengamatan secara langsung. Metode ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu : Wawancara, yaitu penulis melakukan diskusi atau tanya jawab dengan pembimbing di lapangan serta teknisi/ operator bagian Perencanaan kebutuhan material (MRP). Observasi, yaitu penulis melakukan pengambilan data dengan cara mengamati dan mencatat secara langsung pada objek penelitian/ pengamatan. 2. Metode Pengumpulan Data Sekunder Metode ini digunakan untuk mendapatkan data/informasi secara tidak langsung, antara lain : Laporan Perusahaan, buku-buku yang berkaitan dengan kapasitas produksi dan kebutuhan bahan baku.

Tabel 1.5.1 Bill Of Material

CHIP				
Level	Deskripsi	Komposisi	Satuan	Sumber
1	Capro Lactam	0,99	Kg	Beli
1	Acetic Acid	0,048	Kg	Beli
1	TiO ₂	0,05	Kg	Beli
1	Demol N	0,0097	Kg	Beli
1	Natrium Borat	0,00194	Kg	Beli
1	Manganese Chloride	0,00208	Kg	Beli

Tabel 1.5.2 Elemen biaya Persediaan

No	Material	Harga (Rp./Kg)	Biaya Simpan (Rp./ Bulan/ Kg) 17%	Biaya Pesan (Rp./ Pesan) 10%
1	Capro Lactam	19890	282	1989
2	TiO ₂	22500	319	2250
3	Acetic Acid	3870	55	387
4	Demol N	13500	192	1350
5	Natrium Borate	5490	78	549
6	Manganese Chloride	5580	80	558

Tabel 1.5.3 Deskripsi Bahan Baku

NO	BAHAN BAKU	MIN STOK	LEAD TIME	SATUAN	LO T
1	Capro Lactam	600000	±30 hari	Kg	25
2	TiO ₂	4000	±30 hari	Kg	25
3	Acetic Acid	1000	±30 hari	Kg	25
4	Demol N	200	±30 hari	Kg	25
5	Natrium Borate	50	±30 hari	Kg	25
6	Manganese Chloride	50	±30 hari	Kg	25

Tabel 6.1 Total Biaya Penyimpanan & Biaya Pesan Dengan Metode FOQ

Material	Level	Simpan	Pesan	Total
Caprolactam	1	5.934.766.140	17.901	5.934.766.140
TiO ₂	1	210.014.288	20.610	210.034.898
Acetic Acid	1	32.457.370	3.483	32.460.853
Demol N	1	23.177.856	12.150	23.190.006
Natrium Borate	1	1.894.386	4.941	1.899.327
Manganese C	1	2.087.360	5.022	2.092.382
Total				6.204.461.507

Tabel 6.2 Total Biaya Penyimpanan & Biaya Pesan Dengan Metode EOQ

Material	Level	Simpan	Pesan	Total
Caprolactam	1	2.433.912.390	23.868	2.433.936.258
TiO ₂	1	19.728.236	27.000	19.755.236
Acetic Acid	1	1.074.425	4.644	1.079.069
Demol N	1	1.043.136	16.200	1.059.336
Natrium Borate	1	138.606	6.588	145.194
Manganese C	1	136.640	6.708	143.348
Total				2.456.118.441

Tabel 6.3 Penyimpanan & Biaya Pesan Dengan Metode POQ

Material	Level	Simpan	Pesan	Total
Caprolactam	1	7.600.356.840	7.956	7.600.364.796
TiO ₂	1	294.937.511	9.000	294.946.511
Acetic Acid	1	46.553.925	1.548	46.555.473
Demol N	1	32.953.536	5.400	32.958.936
Natrium Borate	1	2.710.656	2.196	2.712.852
Manganese C	1	2.980.640	2.232	2.982.872
Total				7.980.513.484

Tabel 6.4 Total Biaya Penyimpanan & Biaya Pesan Dengan Metode Lot for Lot

Material	Level	Simpan	Pesan	Total
Caprolactam	1	425.236.942	23.868	425.260.810
TiO ₂	1	17.985.539	27	18.012.539
Acetic Acid	1	781.715	4.644	786.359
Demol N	1	587.904	16.2	604.104
Natrium Borate	1	63.804	6.588	70.392
Manganese C	1	70.08	6.696	76.776
Total				444.787.112

Tabel 6.5 Perbandingan Total Biaya Pengadaan Bahan Baku Dengan Empat Teknik Ukuran Lot Serta Total Biaya

Teknik Ukuran Lot	Total Biaya Pengadaan (Rp)
FOQ	6.542.843.606
EOQ	2.456.118.441
POQ	7.980.513.484
Lot for Lot	2.444.787.112

1.6 Analisa dan Interpretasi Hasil

Ada tiga input yang dibutuhkan oleh sistem MRP, yaitu jadwal induk produksi, struktur produk (bill of material), dan catatan keadaan persediaan. Dalam membuat MRP ada beberapa langkah salah satunya yaitu lotting (penentuan ukuran slot). Pada laporan ini terdapat empat teknik ukuran lot yang digunakan yaitu :

- *Periode Order Quantity*(POQ)
- *Lot for Lot*
- *Fixed Order Quantity* (FOQ)
- *Economic Order Quantity* (EOQ)

Masing-masing dari teknik ini mempunyai cara perhitungan lot size yang berbeda dan dengan lead time yang berbeda juga.

Tujuan akhir dari MRP dengan perhitungan lot size yang berbeda-beda yaitu untuk menentukan teknik perhitungan lot size mana yang akan digunakan dalam merencanakan dan menjadwalkan kebutuhan bahan baku pembuatan chip pada 12 bulan yang akan datang dengan total biaya simpan dan pesan atau total biaya dalam pengadaan bahan baku yang paling minimal. Berikut adalah penjabaran total biaya yang dihasilkan dari keempat teknik perhitungan lot tersebut

Berdasarkan hasil pengolahan keseluruhan biaya yang diperoleh oleh keempat teknik ukuran lot diatas maka dapat dilihat bahwa metode Lot For Lot memperoleh total biaya pengadaan material (biaya pesan dan simpan) paling rendah

yaitu Rp 2.444.787.112 bila dibandingkan dengan metode POQ, FOQ, dan EOQ dan yang mempunyai nilai biaya pengadaan material sangat tinggi ditunjukkan oleh teknik perhitungan lot dengan metode POQ dengan total biaya Rp 7.980.513.484.

1.7 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pengolahan data pada bab sebelumnya mengenai sistem pengadaan bahan baku chip pada PT. Indonesia Toray Synthetics dengan mengimplementasikan metode MRP, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perencanaan dan persediaan bahan baku dengan menggunakan 4 metode ukuran lot, maka dapat dilihat hasil-hasil total biaya pengadaan material dari keempatnya, yaitu FOQ dengan total biaya Rp6.542.843.606, EOQ dengan total biaya Rp2.456.118.441, POQ dengan total biaya Rp7.980.513.484 dan Lot for Lot dengan total biaya Rp2.444.787.112.
2. Dari hasil penerapan sistem MRP dengan 4 metode ukuran lot, maka penerapan sistem MRP dengan menggunakan metode Lot for Lot yang menghasilkan total biaya persediaan bahan baku paling minimum.

1.8 Saran

Berikut saran yang dapat disampaikan penulis untuk menjadi masukan bagi perusahaan adalah :

1. Dalam melakukan pengadaan bahan baku, sebaiknya perusahaan menggunakan sistem MRP yang paling cocok bagi perusahaan agar dapat melakukan pemesanan material dengan kapasitas dan biaya yang optimal serta tepat waktu sehingga tidak terjadinya pesan ulang atau penambahan pesanan secara mendadak ataupun penumpukan material yang nantinya akan berdampak pada melonjaknya biaya pemesanan dan biaya penyimpanan yang besar.
2. Penerapan sistem ini sebaiknya didukung oleh semua pihak yang terkait didalam perusahaan terlebih lagi dari pihak top manajemen termasuk penyediaan tenaga kerja yang terampil dibidangnya serta fasilitas pendukung lainnya.
3. Untuk kebutuhan perencanaan material dapat digunakan metode lain selain keempat metode yang digunakan, sehingga mungkin akan dapat hasil yang lebih optimum.

1.9 Daftar Pustaka

- [1] Herjanto, Eddy. 1999. *Manajemen Produksi & Operasi*, Edisi Kedua. Jakarta: PT. Grameedia Widiasarana Indonesia.
- [2] Kholil, Muhammad. 2007. *Modul Kuliah Planning and Production Control*. Jakarta: Universitas Mercu Buana
- [3] Haming, Murdifi., dan Mahfud Nurnajamuddin. 2007. *Manajemen Produksi Modern*. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- [4] Rommy Gilang Rakasiwi. 2010. *TA Analisa Perencanaan Persediaan Bahan Baku Sepatu NIKE RUNABOUT (GS BOYS) LGB Berdasarkan Sistem MRP Pada PT. ADIS DIMENSION FOOTWEAR*. Jakarta: Universitas Mercu Buana Baroto, Teguh (2002), *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*, Edisi 1, Ghalia Indonesia
- [5] Gaspersz, V, (2005), *Production Planning And Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [6] Kusuma, Hendra (2001), *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Edisi Satu, Andi, Yogyakarta.
- [7] Nasution, Arman Hakim (2003), *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Edisi 1, Guna Widya, Surabaya.
- [8] Purnomo, Hari (2004), *Pengantar Teknik Industri*, Edisi 2, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Barry Render, Jay Heizer. 2001. *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat
- [10] Rosnani Ginting. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Reduce Cost Produk Rdm Dengan Metode Pdca Pada Pt Xyz

Muhammad Kholil¹, Maryanto²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

E-mail : m.kholil2009@gmail.com¹, maryanto_anto@yahoo.com²,

Abstrak -- PT XYZ mengalami permasalahan penjualan pada produk RDM completeset. RDM, harga produk RDM termasuk paling tinggi, setelah melakukan survey di pasaran. Oleh karena itu, untuk mendapatkan harga yang kompetitif dan dapat bersaing dipasaran produk RDM perlu adanya *reduce cost* atau penurunan harga. Dalam *reduce cost* produk RDM dilakukan dengan metode PDCA (Plan, Do, Check, Action). Untuk *reduce cost* ini perusahaan menargetkan produk RDM bisa *reduce* sampai 30%. Untuk mendapatkan hasil sesuai target perlu adanya analisa pada *bill of material* dan proses produksi untuk komponen produk RDM. Pada akhir penelitian, produk RDM completeset dapat *reduce cost* sampai 33%.

Kata kunci: *Reduce Cost, PDCA*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada masa sekarang ini keadaan ekonomi yang tumbuh pesat membuat persaingan semakin ketat dan komplek terhadap barang maupun jasa. Persaingan harga adalah salah satu yang menonjol di konsumen, sehingga banyak perusahaan manufaktur harus menghitung ulang biaya produk dengan melakukan efisiensi dan mencari material pengganti untuk komponen/ produk. Persaingan akan membuat perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan *produktivitas* sehingga penggunaan material dan biaya proses dapat ditekan.

Efisiensi merupakan salah satu kunci bagi kelangsungan hidup perusahaan. Apabila terdapat pengeluaran besar, maka perusahaan tidak dapat begitu saja mengurangnya dari anggaran tanpa melakukan perhitungan yang matang, yang diperlukan adalah bagaimana menentukan anggaran yang tepat berdasarkan kebutuhan perusahaan, dimana dalam hal ini adalah bentuk aktivitas-aktivitas yang mendukung proses pencapaian visi dan misi organisasi. Harga yang kompetitif dan mutu yang baik selalu dituntut konsumen. Untuk memenuhi tuntutan ini pihak perusahaan harus memperhatikan faktor-faktor seperti : sistem kerja dalam proses produksi dan *raw material* yang semua itu mempengaruhi biaya

produk. Karena itulah sebelum produk dipasarkan haruslah dilakukan pengawasan atau pemeriksaan terlebih dahulu untuk mengetahui apakah produk yang ingin dipasarkan sesuai dengan standar *cost* yang benar dan kompetitif di pasaran.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah diatas, perumusan masalah yang menjadi obyek kajian dalam penelitian ini adalah “Bagaimana membuat produk RDM tersebut lebih kompetitif di pasaran tetapi tidak mengurangi kualitas, untuk itu perlu adanya *reduce cost* / efisiensi dengan melakukan *improvement*.”

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah yang dilakukan dapat lebih terarah dan tidak terjadi penyimpangan saat melakukan penyusunan dan tercapainya sasaran yang diharapkan, maka penulis memberikan batasan-batasan masalah yang dianalisis sebagai berikut:

1. Obyek penelitian hanya dilakukan untuk produk RDM.
2. Sasaran penelitian mencakup Bill of Material dari produk RDM tersebut dan termasuk *Direct labour*
3. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode PDCA (Plan, Do Check, Action)

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Agar produk RDM lebih kompetitif di pasaran.
2. Menemukan metode yang lebih baik dalam mengurangi biaya *direct labour* agar biaya produksi lebih murah.
3. Membandingkan COGM (Cost of Good Manufactur) produk RDM yang lama dan yang baru.

1.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data yang didapat dari pengamatan langsung pada proses produksi, data historis, wawancara dengan pihak terkait yang memahami kondisi obyek penelitian. Kemudian

dilakukan pengolahan data dengan metode PDCA (*Plan, Do, Check, Action*). Data-data yang akan digunakan untuk mengidentifikasi costing produk RDM yaitu proses produksi, data *bill of material* produk RDM, data penjualan marketing tahun 2010 dan hasil survey di pasar. Dimana data tersebut diperoleh melalui pengamatan secara langsung dan wawancara pada pihak terkait.

Tabel 1.5.1 Data Penjualan Marketing

No	Type BP	Qty Penjualan (pcs)
1	PTN	290
2	RDM	1.860
3	SVT	13.210

Tabel 1.5.2 Perbandingan Harga

No	Merk	Produsen	Price (Rp)	NOTE
1	G Med	China	55,000	COGS
2	S Med	Lokal	65,000	COGS
3	O Med	China	60,000	COGS
4	Sphg	China	70,000	COGS
5	RDM	PT. XYZ	66,066	COGM

Dari tabel dapat dilihat bahwa produk RDM adalah Rp. 66.066 itu adalah COGM (*Cost Of Good Manufacturing*). Dari harga tersebut tentu tidak akan competitive dibandingkan dengan harga produk lain dimana harga untuk COGS (*Cost Of Good Sales*) adalah Rp.55.000 sampai Rp.70.000. Agar lebih competitive maka ditargetkan reduce

cost 30% dari harga RDM. Jadi target harga COGM produk RDM menjadi Rp. 46.200.

Tabel 1.5.3 Breakdown Cost Produk RDM

No	Item Cost	Value (Rp.)	%
1	Material	58,766	89%
2	DL	720	1%
3	FOH	6,580	10%
Total		66,066	100%

Tabel 1.5.4 Komponen Produk RDM

No	Material	Spesifikasi Current
1	Aneroid Gauge	Supplier : Import
2	Velcro Cuff	Nylon 210 D, Dimensi : 540x150 mm
3	Bladder DT	Dimensi : 225x123 mm
4	Valve	Supplier : Lokal
5	Zipper Case	Vinyl 0,7 mm, Dimensi : 190x65x90 mm
6	Bulb	Latex 100%
7	Instruksi Manual	Colour Font
8	Inner Box	Coagurated carton, Thickness 2mm
9	Silica Gel	Dimensi : 50x30 mm

Tabel 1.5.5 Analisa Proses Assembling

No	Proses	Faktor	Kondisi Awal	Akibat
1	Assy Bulb	Metode	Air valve & end valve tercampur saat assy	Sulit mengambil dan CT jadi lama (18 dtk)
2	Tempel sticker box	Metode	Lem sticker sangat lengket sehingga sulit lepas dari kertasnya	Penempelan jadi lama (14 dtk)
3	Assy bladder dgn Cuff	Metode	Stock bladder yang akan di assy ditaruh dibawah (dalam box)	Proses ambil dan assy lama (CT 27 detik)

4	Assy component	Metode	Peletakan antar component berjauhan	Proses jadi lama (CT 32 dtk)

1.6 ANALISA DAN INTERPRETASI HASIL

Dari hasil pengolahan data yang sangat berpengaruh terhadap harga produk RDM adalah pada faktor material dan metode dimana faktor material lebih dominan.

1.6.1 Analisa Data

1. Adult Velcro Cuff

Masalah pada komponen cuff adalah harga material cuff yang masih mahal dan proses sewing yang masih menggunakan direct labour karyawan tetap sehingga biaya proses mahal. Perbaikannya adalah

- Mengganti material nylon 210D dengan polyester yang harganya cenderung lebih murah dan kualitas tetap terjamin. Harga dari \$1.92 menjadi \$1.1
- Proses pembuatan cuff disubcontkan sehingga FOH (Fix Over Head) dan Direct labour dapat lebih murah. FOH tadinya 20% menjadi 10%.
- Dimensi Cuff dirubah ukuran panjangnya yaitu dari 540 menjadi 530mm, dan ini tidak berpengaruh pada keakuratan / fungsi dari cuff tersebut.

2. Aneroid Gauge

Masalah pada komponen gauge adalah searching supplier belum optimum. Perbaikan yang dilakukan adalah :

- Mengganti komponen aneroid gauge dengan spec yang sama dengan tidak mengurangi kualitas/ lolos uji lab yaitu endurance test 10.000 x. Dari harga \$2 menjadi \$1.4
- Setiap memesan barang dihitung dahulu EOQ nya (Economic Order Quantity) sehingga didapat harga yang ekonomis dan murah.

3. Latex Bladder Adult Double Tube

Masalah pada latex bladder adalah proses produksi pembuatan bladder masih manual dan dimensi bag bladder masih besar dari standar, dimensi bag 225x123 mm. Perbaikan yang dilakukan adalah :

- Proses produksi dipping tubing latex1 dan kimia2 dengan menggunakan mesin. Hasilnya adalah cycle time lebih cepat dan produktiviti meningkat.
- Mengurangi dimensi bag bladder dari 225 x 123 mm menjadi 220 x 115 mm dan thickness bag dari 1.2 mm menjadi 0.7mm. Sehingga konsumsi latex berkurang dari 178 gr menjadi 132 gr.

4. Valve set

Masalah pada komponen air valve dan end valve adalah supplier hanya terfokus pada local saja. Perbaikan yang dilakukan adalah searching supplier komponen valve , sehingga didapat harga valve lokal Rp.6.800 menjadi Rp.3.600.

5. Zipper Case

Masalah pada Zipper Case adalah dimensi zipper case yang terlalu besar yaitu 90x65x190 mm. Perbaikan yang dilakukan adalah mengurangi dimensi zipper case dari 90x65x190 mm menjadi 90x55x175 mm. Hasilnya konsumsi material zipper case berkurang sehingga harga bisa lebih murah. Dalam mengurangi material tidak mengurangi kualitas keamanan komponen complete set.

6. Latex Bulb

Masalah komponen latex bulb adalah material masih menggunakan latex 100% belum ada campuran. Perbaikan yang dilakukan adalah Material bulb menggunakan filler 10%. Hasilnya harga bulb bisa lebih rendah karena konsumsi latex dapat digantikan dengan filler.

7. Instruksi Manual

Masalah pada instruksi manual adalah sheet kertas yang menggunakan 120gram dan desain menggunakan dua warna. Perbaikan yang dilakukan adalah mengganti material instruksi manual dengan kertas sheet 70 gram dan desain dibuat 1 warna. Sehingga harga yang tadinya Rp. 1.400 menjadi Rp.500.

8. Inner Box

Masalah pada komponen inner box adalah material bahan baku menggunakan type carton coagurate tebal sheet 2mm. Perbaikan yang dilakukan adalah mengganti material bahan baku inner box dengan menggunakan karton duplex 450 gram dan desain warna menjadi 1 warna yaitu warna hitam.

9. Silica Gel

Masalah pada silica gel adalah menggunakan silica gel yang besar yaitu 4 x 3 cm akibatnya harga mahal. . Perbaikan yang dilakukan adalah komponen silica gel yang berdimensi lebih kecil sehingga bisa lebih murah dimensi silica gel menjadi 3x2 cm

10. Proses Assy Bulb

Masalah pada proses assy bulb adalah belum ada tempat terpisah antara air valve dan end valve. Perbaikan yang dilakukan adalah dibuatkan

tempat terpisah antara air valve dan end valve agar mudah dalam mengambilnya di line assembling. Sehingga cycle time menjadi 12 detik dari 18 detik.

11. Proses penempelan sticker color

Masalah pada sticker adalah lem sticker terlalu lengket dengan kertas sheetnya. Perbaikan yang dilakukan adalah mengurangi kadar lem agar jangan terlalu lengket sehingga mudah dilepas saat mau di assy. Hasilnya adalah dari cycle time 14 detik menjadi 8 detik..

12. Proses Assy Cuff dengan Bladder.

Masalah pada proses assembling cuff dengan bladder adalah layout yang belum ada/ penempatan barang yang akan di assy belum ada layoutnya. menjadi . Perbaikan yang dilakukan adalah membuat layout flow proses komponen assembling. Hasilnya dari cycle time dari 27 detik menjadi 22 detik.

13. Proses Assembling komponen

Masalah pada proses assembling komponen adalah peletakan komponen yang berjauhan dari man power. Perbaikan dibuatkan layout untuk proses assembling. Hasilnya dari cycle time dari 155 detik menjadi 118 detik.

1.6.2 Analisa Hasil

Dari hasil penelitian melalui berbagai step dan analisa maka perlu adanya analisa hasil atau data yang diperoleh dianalisa hasilnya yaitu membandingkan breakdown cost dari sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan juga analisa tentang kualitas tentang komponen produk complete set RDM tersebut.

Tabel 6.3 Breakdown Costing

No	Item Cost	Value (Rp.)	%
1	Material	39,349	89
2	DL	550	1
3	FOH	4,433	10
Total		44,332	100

Dari data tabel diatas reduce cost atau pengurangan biaya yang dapat dicapai adalah $Rp.66.066 - Rp.44.332 = Rp.21.734$. (33%).

1.6.3 Standaisasi

Dalam metode PDCA maka langkah terakhir yaitu standaisasi setelah *Improvement* diterima dan dijalankan, agar tidak mengalami kesalahan

dalam menjalankan proses produksi maupun proses assembling dalam pembuatan produk RDM maka harus ada standarisasi baik material maupun dalam prosesnya yaitu dengan cara dibuatkan SOPnya

1.7 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan mengenai *Reduce Cost* Produk RDM ,maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengolahan data dan analisa yang dilakukan maka diperoleh bahwa reduce cost yang bisa dicapai dari target 30% dari Rp.66,066 adalah Rp.44,322, Pengurangan biaya yang dapat dicapai adalah $Rp.66.066 - Rp.44.332 = Rp.21.734$ (33%) , Jadi pencapaian Improvement dari target 30% menjadi 33%.
2. Dengan mengurangi/ reduce cost sampai 33%, maka produk RDM dipastikan akan dapat bersaing dengan produk yang sejenis baik yang impor dari china atau produk local.
3. Dalam pembelian barang Impor ataupun barang local maka perlu diperhatikan EOQ (*Economic Order Quantity*) agar harga bisa lebih kompetitif dan murah.
4. Walaupun produk RDM *reduce cost* 33% tapi kualitas dari produk tersebut tidak jauh berbeda dengan produk RDM sebelumnya atau produk sejenis karena juga melalui berbagai macam test dari test endurance test (untuk mengetahui durability produk), test air leaking, aging test dan pulling test.

1.8 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh maka dapat disimpulkan beberapa rekomendasi yang berkaitan dengan *Reduce Cost* Produk RDM antara lain :

1. Setelah melakukan penelitian dan analisa diharapkan hasil dari penelitian tersebut dapat diaplikasikan diperusahaan sebagai salah satu perbaikan untuk meningkatkan sales dengan meningkatkan penjualan produk RDM.
2. Setelah dilakukan aplikasi dengan Price produk RDM yang baru maka untuk jenis produk yang lain bisa dilakukan hal yang sama yaitu dengan cara analisa tiap proses dan penggunaan raw materialnya.
3. Perbaikan secara terus menerus untuk meningkatkan produktivitas dan pengurangan biaya-biaya agar produk yang dihasilkan lebih berkualitas dan kompetitif di pasaran.

1.9 Daftar Pustaka

- [1] Dorothe Wahyu Ariani.2005 *Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta : Penerbit ANDI

- [2] Rosnani Ginting. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta : Penerbit GRAHA ILMU
- [3] Barry Render, Jay Heizer. 2001. *Prinsip-Prinsip Manajemen Operasi*. Jakarta : Penerbit Salemba Empat.
- [4] Universitas Kristen PETRA.Updating Bill of Material Produk Filter di PT X : <http://dewey.petra.ac.id>
- [5] Dyah Ayu Widowati.2009.TA Penentuan Kebutuhan Material untuk Pembuatan Sunblok Dengan Metode MRP. Jakarta : Universitas Mercubuana.
- [6] <http://belibis-a17.com/2008/06/30/pdca-cycle-plan-do-check-and-action/>

Tabel 6.1 Break down cost Raw Material

No	Komp.	Before Improv.	After Improv.	Reduce Cost	%
		Price (Rp)	Price (Rp)	Price (Rp)	
1	Aneroid G.	24,000	15,600	8,400	35
2	Cuff	8,700	5,560	3,140	36
3	Bladder	9,167	7,050	2,117	23
4	Valve	6,800	3,600	3,200	47
5	Zipper Cs	3,129	2,633	496	16
6	Bulb	2,530	2,226	304	12
7	Inst. M	1,400	500	900	64
8	Inner box	2,500	1,700	800	32
9	Silica gel	100	40	60	60
10	Sticker	100	100	-	-
11	Box	340	340	-	-
		58,766	39,349	19,417	33

Tabel 6.2 Breakdown Costing Proses Assembling

No	Proses	MP Cost/ dt	Before Improv.		After Improv	
			Cycle Time	Price (Rp)	Cycle Time	Price (Rp)
1	Prepared	4.65	10	47	8	39
2	Bulb assy	4.65	18	84	12	56
3	Tempel sticker	4.65	14	65	8	37
4	Assy Bladder & cuff	4.65	27	126	22	102
5	Assy Componen	4.65	32	149	32	149
6	Insert ZC to Inner box	4.65	15	70	10	47
7	Packing master box	4.65	12	56	8	37
8	QC	4.65	19	87	10	47
9	Packing	4.65	8	37	8	37
	Total		155	720	118	550

Tabel 6.4 Standarisasi Material Produk RDM

No	Komponen	Standarisasi
1	Aneroid Gauge	Impor , Code BKG
2	Velcro Cuff	Material : Polyester
		Dimensi 530 x 150mm
3	Bladder DT	Dimensi bag 220 x 115 mm
		Thickness bag 0.7mm
4	Valve	Impor , Code BKG
5	Zipper Case	Dimensi Ziper case 90x55x175 mm
6	Bulb	Menggunakan filler 10%
7	Instuction manual	Menggunakan karton duplex 70gr
		Desain font dengan warna hitam
8	Inner box	Menggunakan karton duplex 450gr
9	Silica gel	Menggunakan type yang kecil 30x20 mm
10	Sticker color	Lem pada sticker dibuat lebih mudah dilepas

Tabel 6.5 Standarisasi Proses

No	Proses	Standarisasi
1	Assembling	Dibuatkan tempat terpisah antara Air valve dan End Valve
		Dibuat lay out proses Assembling
2	Sewing Cuff	Proses Sewing Disubcontkan
3	Dipping Bladder	Proses dipping dengan menggunakan mesin

Analisis Pengaruh Kebisingan Terhadap Kinerja Operator Pada Stasiun Perakitan

(Studi Kasus di Laboratorium Ergonomi Teknik Industri)

Torik Husein, Hestu Prasetyo

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik - Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

e-mail : torikh@mercubuana.ac.id

Abstrak -- Manusia dalam melakukan suatu pekerjaan seringkali melakukan kesalahan. Baik itu faktor dari diri sendiri ataupun faktor dari pengaruh luar. Salah satu faktor pengaruh luar adalah faktor lingkungan fisik dan dalam hal ini adalah kebisingan. Dimana kebisingan adalah salah satu polusi yang tidak dikehendaki karena dalam jangka waktu lama kebisingan dapat mengganggu kenyamanan kerja, merusak pendengaran dan menimbulkan kesalahan komunikasi. Sehingga perlu dilakukan pengujian, penelitian ini difokuskan pada perakitan “Contra Arde” yaitu alat elektrik penghantar arus listrik yang dilakukan di Laboratorium Ergonomi Universitas Mercu Buana guna mengetahui pengaruh kebisingan

terhadap Kinerja operator pada perakitan “Contra Arde”. Sebelum kita melakukan pengujian pada tingkat kebisingan diperlukan penelitian waktu baku pada proses perakitan “Contra Arde” guna mengetahui waktu sebenarnya yang dibutuhkan operator dalam merakit 1 unit “Contra Arde”. Setelah mengetahui waktu baku yang dibutuhkan kemudian melakukan pengujian pengaruh kebisingan terhadap kinerja operator dengan pengujian Analisis Ragam Klasifikasi Satu Arah pada kebisingan tersebut. Dan dari hasil pengujian ternyata terdapat pengaruh terhadap kinerja kerja operator.

Kata kunci : kebisingan, waktu baku, analisis ragam klasifikasi satu arah

I. PENDAHULUAN

Dalam melakukan suatu pekerjaan manusia tidak lepas dari kesalahan, beberapa faktor penyebab terjadinya kesalahan diantaranya bisa datang dari diri sendiri ataupun pengaruh dari luar. Dan salah satu faktor yang berasal dari pengaruh luar adalah lingkungan fisik yaitu kebisingan. Dimana kebisingan adalah salah satu polusi yang tidak dikehendaki karena dalam jangka waktu lama kebisingan dapat mengganggu kenyamanan kerja, merusak pendengaran dan menimbulkan kesalahan komunikasi. Sehingga dapat mengganggu kinerja operator terhadap hasil output yang dihasilkan.

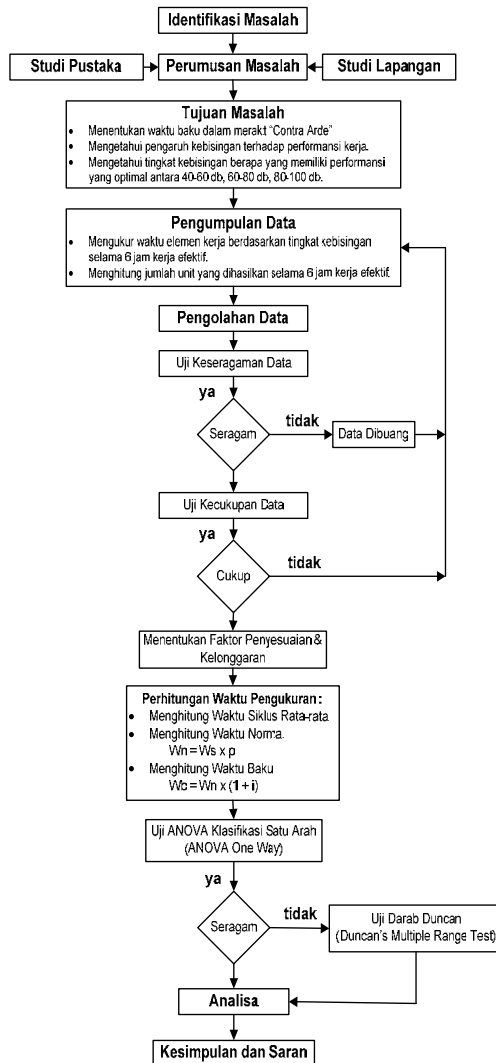
Untuk itu perlu dirancang lingkungan kerja yang baik dan nyaman agar kinerja operator dapat optimal dan output yang dihasilkan menjadi maksimal.

Perumusan Masalah

Dari uraian tadi dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut bagaimana :

1. Menentukan waktu baku yang diperlukan dalam merakit 1 unit produk “Contra Arde”.
2. Pengaruh kebisingan terhadap kinerja operator.
3. Tingkat kebisingan yang mempunyai hasil output yang optimal.

II. METODOLOGI PENELITIAN



Gb.[1] Metodologi Penelitian

III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ergonomi Universitas Mercu Buana yang dilaksanakan selama tiga hari berturut-turut. Bahan yang diteliti adalah "CONTRA ARDE" yaitu alat elektrik penghantar arus listrik. Percobaan ini dilakukan di dalam ruang Climate Chamber yang terdiri dari satu orang operator, dua orang pencatat waktu, satu orang misomasumi. Climate Chamber adalah ruangan isolasi kedap suara yang dibuat untuk percobaan-percobaan lingkungan kerja fisik terhadap kinerja operator. Dalam kegiatannya proses kerja yang dilakukan adalah merakit "CONTRA ARDE" secara manual, kemudian diukur waktunya selama 6 jam pada tiap tingkat kebisingan yaitu 40-60 db, 60-80 db, 80-100 db.



Gb.[2] Ruang Climate Chamber Lab.Ergonomi Universitas Mercu Buana

Gb.[3] Produk "Contra Arde"

Dalam perakitan "Contra Arde" ini, penulis membagi menjadi 16 elemen kerja yaitu;

1. Mengambil Ground I & II, kemudian rakit.
2. Mengambil Baut Ground, kemudian rakit.
3. Mengambil Obeng kemudian rakit, lalu mengarahkan sementara.
4. Mengambil Cover I & Baut Ground II, kemudian mengarahkan sementara Cover I & memegang baut Ground II.
5. Mengambil Ground, lalu mengarahkan Baut ground II kemudian rakit kombinasi ke Cover I.
6. Mengambil Obeng, kemudian rakit.
7. Mengambil Elemen & Baut Elemen, lalu rakit.
8. Mengambil Obeng, kemudian rakit lalu rakit kombinasi ke Cover I.
9. Mengambil Elemen & Baut Elemen, lalu rakit.
10. Mengambil Obeng, kemudian rakit lalu rakit kombinasi ke Cover I.
11. Mengambil Penahan Kabel & Baut Penahan Kabel Kemudian rakit ke Cover I.
12. Mengambil Obeng, kemudian rakit.
13. Mengambil Baut Penahan Kabel, lalu mengarahkan ke Cover I.
14. Mengambil Cover II, kemudian rakit ke Cover I.
15. Mengambil Baut Cover, kemudian mengarahkan ke Cover I & II.
16. Mengambil Obeng, kemudian rakit lalu meletakkan produk jadi ke tempat penyimpanan sementara.

Uji Keseragaman Data

Dalam uji keseragaman data ini, yang akan diuji hanya 1 elemen kerja saja yaitu elemen kerja ke-6 (mengambil obeng lalu mengencangkan baut Ground II ke Cover I kemudian meletakkan obeng

kembali). Berikut data elemen kerja ke-6 dibawah ini.

Tb.[1] Data waktu mengambil obeng lalu mengencangkan baut ground II ke cover I kemudian meletakkan obeng kembali.

Sub Grup ke-	Waktu Penyelesaian (detik)					Harga Rata-rata
1	8.78	8.69	10.47	8.36	8.58	8.98
2	9.25	8.67	8.88	8.61	8.99	8.88
3	8.54	8.68	10.62	8.67	8.87	9.08
4	8.54	9.56	8.76	8.56	8.57	8.8
5	9.06	8.78	8.81	8.49	9.61	8.95
6	8.55	8.72	9.14	10.03	11.35	9.56
Jumlah						54.24

Dengan $N = 30$ (jumlah data)

$k = 6$ (jumlah sub grup)

Tingkat keyakinan 95% dengan $Z = 1.96 \sim 2$

Tingkat ketelitian $s = 10\%$ (0.01)

Harga rata-rata:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{k}$$

$$= \frac{54.24}{6}$$

$$= 9.04$$

Dimana $\sum Xi$ = jumlah rata-rata sub grup
 k = jumlah sub grup

Lalu hitung standar deviasi sebenarnya:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(8.78-9.04)^2 + (8.69-9.04)^2 + \dots + (11.35-9.04)^2}{30-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{14.81}{29}}$$

$$= 0.71$$

Dimana:

Xi = waktu penyelesaian pengukuran

N = jumlah pengamatan

Kemudian hitung standar deviasi sub grup:

$$s_{\bar{X}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0.71}{\sqrt{5}}$$

$$= 0.32$$

Dimana σ = standar deviasi sebenarnya

n = ukuran sampel sub grup

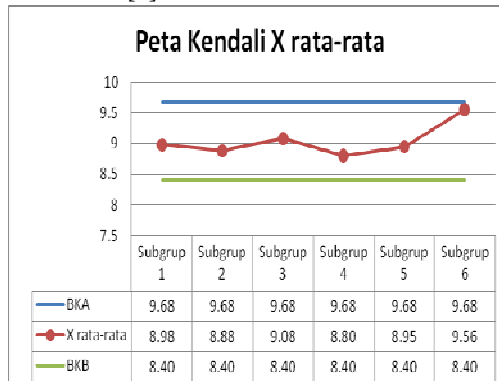
Dengan asumsi bahwa tingkat keyakinan penulis terhadap hasil pengukuran waktu pada perakitan "Contra Arde" yaitu 95 % dan tingkat ketelitian = 10% didapat nilai $Z = 1.96 \sim 2$ maka :

$$BKA = \bar{X} + Z \times \sigma_{\bar{X}}$$

$$= 9.04 + 2 \times 0.32$$

$$= 9.68$$

Tb.[2] Peta Kendali $\bar{X}$ rata-rata



Berdasarkan hasil perhitungan diatas, nilai $\bar{X}$ rata-rata dari masing-masing sub grup berada diantara BKA dan BKB, maka penulis menyatakan bahwa data-data yang didapat adalah terkendali.

Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[\frac{\frac{Z}{S} \sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2$$

Berdasarkan Z (tingkat keyakinan 95%) = 2 dan tingkat ketelitian $s = 10\%$ maka nilai Z/s adalah $2/0.1 = 20$

$$N' = \left[\frac{20 \sqrt{30(2466.28) - (271.19)^2}}{(271.19)} \right]^2$$

$$= 2.42$$

Karena nilai $N > N'$ maka data untuk elemen kerja ke- 6 pada tingkat kebisingan 40-60 db mencukupi dan memenuhi batas control serta pengukuran yang diperlukan sudah mencukupi.

Menentukan Faktor Penyesuaian dan Kelonggaran

Faktor penyesuaian ini berfungsi untuk menormalkan pekerjaan. Dalam menentukan faktor penyesuaian ini dan menggunakan metode berdasarkan metode Westinghouse, dimana metode westinghouse mengarahkan penilaian berdasarkan pada 4 faktor yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja yaitu Keterampilan, Usaha, Kondisi kerja dan Konsistensi. Pada Perakitan "Contra Arde" ini penyesuaian dalam tiap-tiap elemen kerja belum tentu sama, karena itu perlu diadakan analisa secara terpisah. Berikut ini penilaian untuk faktor penyesuaian dari salah satu data pengamatan yaitu elemen kerja ke-6.

Keterampilan : Average (D) = 0,00

Usaha	:	<i>Average (D)</i>	=	0,00
Kondisi kerja	:	<i>Average (D)</i>	=	0,00
Konsistensi	:	<i>Average (D)</i>	=	0,00
				Jumlah = 0,00

Maka;

Faktor penyesuaian menjadi $P = 1 + (0.00) = 1.00$.

Setelah memperoleh nilai-nilai faktor penyesuaian, langkah selanjutnya adalah menentukan faktor kelonggaran. Faktor kelonggaran ini lebih mengarah kepada kebutuhan operator itu sendiri. Kelonggaran tersebut diberikan untuk 3 hal yakni kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa lelah dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Dalam penelitian ini untuk faktor kelonggaran hanya diberikan untuk 2 hal yaitu kebutuhan pribadi dan menghilangkan rasa lelah, sedangkan kelonggaran hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan tidak termasuk dalam faktor kelonggaran dalam penelitian ini.

Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi bagi pria adalah 2,5%, kelonggaran untuk menghilangkan rasa lelah tiap pekerjaan

mempunyai nilai yang berbeda-beda dan besarnya ditentukan berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh. Berikut salah satu perhitungan untuk menentukan faktor kelonggaran, berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh pada elemen kerja ke-6 (mengambil obeng lalu mengencangkan baut Ground II ke Cover I kemudian meletakkan obeng kembali) pada tingkat kebisingan 40-60 db.

Faktor Kelonggaran	Referensi	Referensi yg diambil
a Kebutuhan Pribadi (Pria)	0 - 2.5%	1.0%
b Tenaga yang dikeluarkan	0.0 - 6.0%	2.5%
c Sikap kerja (Duduk)	0.0 - 1.0%	0.5%
d Gerakan kerja (Normal)	0%	0%
e Kelelahan mata	0.0 - 6.0%	2.0%
f Suhu tempat kerja (Normal)	0 - 6%	2.0%
g Keadaan Lingkungan	0%	0%
Total besarnya nilai kelonggaran		8%

Perhitungan Waktu

Waktu siklus rata-rata adalah waktu rata-rata pengukuran tiap elemen pekerjaan, maka diperoleh waktu siklus rata-rata pada setiap tingkat kebisingan pada table :

Tb. [3] Waktu siklus rata-rata

Elemen ke-	Waktu Siklus (detik)		
	40-60 db	60-80 db	80-100 db
1	4.87	4.92	4.90
2	5.09	5.23	4.96
3	10.99	10.97	10.98
4	3.90	3.78	3.83
5	6.35	6.41	6.46
6	9.04	8.98	8.76
7	4.75	4.92	4.77
8	16.40	16.43	16.35
9	4.81	4.75	4.81
10	16.47	16.38	16.48
11	8.07	8.05	7.97
12	12.76	12.73	12.46
13	17.09	17.16	16.81
14	6.82	6.66	6.69
15	4.12	3.98	4.04
16	16.63	15.48	15.97
TOTAL	148.16	146.83	146.24

Setelah menghitung waktu siklus rata-rata, barulah kita dapat menghitung waktu normal kerjanya. Berikut salah satu perhitungan yang diambil dari salah satu elemen kerja yang diteliti yaitu elemen kerja ke- 6 pada tingkat kebisingan 40-60 db.

$$W_n = W_s \times p$$

$$W_n = 9.04 \times 1.00$$

$$= 9.04 \text{ detik}$$

Dimana : W_n = waktu normal
 W_s = waktu siklus
 P = faktor penyesuaian

Berikut hasil perhitungan tiap elemen kerja;

Tb.[4] Perhitungan waktu normal

Elemen ke-	Waktu Normal (detik)		
	40-60 db	60-80 db	80-100 db
1	4.87	4.58	4.46
2	5.09	4.97	5.06
3	11.32	11.19	11.09
4	3.90	3.82	3.91
5	6.35	5.90	6.01
6	9.04	9.25	8.85
7	4.75	4.53	4.77
8	16.07	15.61	16.35
9	4.81	4.85	4.81
10	15.65	17.20	16.64
11	7.51	8.05	7.25
12	12.76	12.73	12.71
13	17.09	16.30	17.15
14	6.82	6.99	6.76
15	3.96	4.10	4.04
16	15.47	16.41	15.97

Berdasarkan hasil perhitungan waktu normal diatas, maka waktu baku dapat dihitung dengan rumus :

$$W_b = W_n \times (1 + i)$$

$$W_b = 9.04 \times (1 + 0.08) \\ = 9.76 \text{ detik.}$$

Dimana: W_b = waktu baku
 W_n = waktu normal
 i = faktor kelonggaran

Berikut hasil perhitungan waktu baku per elemen kerja pada tiap-tiap tingkat kebisingan.

Tb.[5] Perhitungan waktu baku per elemen kerja pada tiap-tiap tingkat kebisingan

Elemen ke-	Waktu Baku (detik)		
	40-60 db	60-80 db	80-100 db
1	5.24	5.11	5.04
2	5.47	5.54	5.72
3	12.23	12.53	12.59
4	4.19	4.25	4.41
5	6.83	6.58	6.79
6	9.76	10.36	10.04
7	5.11	5.04	5.39
8	17.36	17.47	18.56
9	5.17	5.41	5.44
10	16.90	19.26	18.90
11	8.07	8.98	8.19
12	13.78	14.26	14.43
13	18.46	18.26	19.45
14	7.33	7.79	7.64
15	4.26	4.57	4.57
16	16.70	18.38	18.13
TOTAL	156.86	163.79	165.29

ANOVA Klasifikasi Satu Arah

Karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih jauh pengaruh Kebisingan terhadap kinerja operator dan juga tingkat kebisingan berapa operator dapat bekerja secara optimal. Untuk mengetahui hal itu penulis menggunakan perhitungan Analisis Ragam Klasifikasi Satu Arah (Anova One Way).

Masing-masing tingkat kebisingan dilakukan percobaan selama 6 jam (360 menit), selama tiga hari berturut-turut dan berikut data hasil pengamatan yang diperoleh selama penelitian berlangsung.

Tab,[6] Output unit yang dihasilkan selama penelitian berlangsung

Jam Kerja ke-	Unit yang dihasilkan			Total
	40-60 db	60-80 db	80-100 db	
1	25	25	24	
2	25	23	22	
3	25	23	24	
4	24	22	19	
5	25	23	23	
6	23	20	21	
Total	147	136	133	416
mean	24.50	22.67	22.17	23.11

Dengan Hipotesa awal :

H_0 = Output yang dihasilkan adalah sama

H_1 = Output yang dihasilkan tidak sama

Dalam melakukan pengujian Anova Klasifikasi Satu Arah dilakukan langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :

- Menghitung Jumlah Kuadrat

Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned}
 JKT &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{T^2}{nk} \\
 &= x_{A1}^2 + x_{A2}^2 + x_{A3}^2 + \dots + x_{C6}^2 - \frac{T^2}{nk} \\
 &= 25^2 + 25^2 + 25^2 + \dots + 21^2 - \frac{416^2}{18} \\
 &= 9668 - 9614.22 \\
 &= 53.78
 \end{aligned}$$

Dimana:

T = Total output unit

n = Banyaknya sampel = 6

k = Banyaknya populasi dari sampel = 3

X_{ij} = Banyaknya output dari i sampai j

Jumlah Kuadrat untuk Nilaitengah Kolom

$$\begin{aligned}
 JKK &= \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T^2}{nk} \\
 &= \frac{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2}{n} - \frac{T^2}{nk} \\
 &= \frac{147^2 + 136^2 + 133^2}{6} - \frac{416^2}{18} \\
 &= 9632.33 - 9614.22 \\
 &= 18.11
 \end{aligned}$$

Dimana:

T = Total output unit

n = banyaknya sampel = 6

k = banyaknya populasi dari sampel = 3

Jumlah Kuadrat Galat

$$JKG = JKT - JKK$$

$$= 53.78 - 18.11$$

$$= 35.67$$

- Menghitung Kuadrat Tengah

Kuadrat Tengah untuk Nilaitengah Kolom

$$S_1^2 = \frac{JKK}{k-1}$$

$$= \frac{18.11}{3-1}$$

$$= 9.06$$

Kuadrat Tengah Galat

$$S_2^2 = \frac{JKG}{k(n-1)}$$

$$= \frac{35.67}{3(6-1)}$$

$$= \frac{35.67}{15}$$

$$= 2.38$$

Uji Darab Duncan

Dari hasil perhitungan Anova Klasifikasi Satu Arah, ternyata output unit yang dihasilkan pada tiap-tiap tingkat kebisingan adalah tidak sama, maka H₀ ditolak. Sehingga kita perlu Uji Darab Duncan untuk mengetahui pada tingkat kebisingan berapa yang berpengaruh secara nyata terhadap jumlah output yang dihasilkan.

Dalam melakukan perhitungan Uji Darab Duncan diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mencari nilaitengah (*mean*) didapat dari Tb.[6]. percobaan dilakukan untuk mengetahui mana yang berpengaruh secara nyata terhadap output yang dihasilkan pada tiap-tiap tingkat kebisingan, dimana :

A = Tingkat kebisingan 40-60 db

B = Tingkat kebisingan 60-80 db

C = Tingkat kebisingan 80-100 db

Tingkat Kebisingan	Unit Yang Dihasilkan	Nilai Tengah (mean)
A	147	24.50
B	136	22.67
C	133	22.17

- Mencari nilai R_p :

$$R_p = 2, \alpha = 0.05, \text{ dan } V = 15 \rightarrow 3.014$$

$$R_p = 3, \alpha = 0.05, \text{ dan } V = 15 \rightarrow 3.160$$

$$\begin{aligned}
 R_2 &= r_2 \sqrt{\frac{S^2}{n}} & R_3 &= r_3 \sqrt{\frac{S^2}{n}} \\
 &= 3.104 \sqrt{\frac{2.38}{3}} & &= 3.160 \sqrt{\frac{2.38}{3}} \\
 &= 2.76 & &= 2.81
 \end{aligned}$$

Dimana:

S² = 2.38 yang merupakan taksiran variansi bersama σ², yang diperoleh dari rata-rata kuadrat galat. Lihat tabel. 4.19.

V = 15 derajat bebas galat

α = 0.05 dgn asumsi tingkat kepercayaan 95%

P = 2,3 karena n = 3, dimana kolom tabel "wilayah terstudentkan nyata terkecil"

n = 3 (perlakuan tingkat kebisingan)

- Mengurutkan nilaitengah (*mean*) dari yang terkecil hingga terbesar

A	B	C
22.17	22.67	24.50

1. $A - B \rightarrow 24.50 - 22.67 = 1.83$
 $A - B = 1.83 < R_2 = 2.76 \rightarrow$ artinya A tidak memiliki pengaruh secara nyata dari B.
2. $A - C \rightarrow 24.50 - 22.17 = 2.33$
 $A - C = 2.33 < R_3 = 2.81 \rightarrow$ artinya A tidak memiliki pengaruh secara nyata dari C.
3. $B - C \rightarrow 22.67 - 22.17 = 0.5$
 $B - C = 0.5 < R_2 = 2.76 \rightarrow$ artinya B tidak memiliki pengaruh secara nyata dari C.
 Berarti dalam penelitian ini C lebih berpengaruh secara nyata terhadap hasil output yang dihasilkan pada perakitan "Contra Arde" dibandingkan dengan B ataupun A.

IV. HASIL DAN ANALISA

Dari hasil pengujian yang diambil sebanyak 30 sampel pada tiap-tiap tingkat kebisingan. Data-data tersebut dilakukan beberapa pengujian seperti pada elemen kerja ke-6 (mengambil obeng kemudian rakit lalu meletakkan obeng kembali) diantaranya :

a. Uji Keseragaman Data

$$\bar{X} = 9.04$$

$$\sigma_{\bar{X}} = 0.29$$

$$BKA = 9.62$$

$$BKB = 8.46$$

Semua data dalam keadaan terkendali.

b. Uji Kecukupan Data

Data yang diperlukan telah mencukupi karena $N' < N$, dimana :

Tingkat keyakinan 95%

Tingkat Ketelitian 5%

$$N' = 2.42$$

$$N = 30$$

Karena $2.42 < 30$ data dikatakan cukup.

c. Waktu Baku

1. Pada Tingkat Kebisingan 40-60 db waktu yang dibutuhkan dalam merakit 1 unit produk "Contra Arde" adalah 156.85 detik $\rightarrow$ 2.61 menit.
2. Pada Tingkat Kebisingan 60-80 db waktu yang dibutuhkan dalam merakit 1 unit produk "Contra Arde" adalah 163.79 detik $\rightarrow$ 2.73 menit.
3. Pada Tingkat Kebisingan 60-80 db waktu yang dibutuhkan dalam merakit 1 unit produk "Contra Arde" adalah 165.27 detik $\rightarrow$ 2.75 menit.

d. Analisa Pengaruh Kebisingan Terhadap Kinerja Operator

Dengan hipotesa awal :

H_0 = Output yang dihasilkan sama

H_1 = Output yang dihasilkan tidak sama

$$JKT = 53.78$$

$$JKK = 18.11$$

$$JKG = 35.67$$

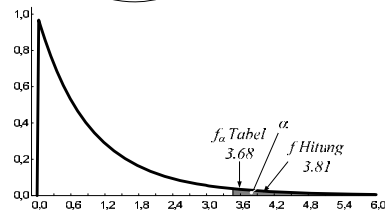
$$S_1^2 = 9.06 \text{ dgn d.f} = k-1 = 3-1 = 2$$

$$S_2^2 = 2.38 \text{ dgn d.f} = k(n-1) = 3(6-1) = 15$$

$$f_{\text{hitung}} \text{ didapat} = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{9.06}{2.38} = 3.81$$

$$f_{\text{tabel}} = f_{(0,05)}(v_1, v_2) = 3.68$$

V_2	V_1	
	1	2
1	161.4	199.5
....		
15		3.68



Gb.[4] Mencari F tabel & F hitung

Karena nilai $f_{\text{hitung}} = 3.81 > f_{\text{tabel}} = 3.68$ berarti nilai f_{hitung} berada di daerah penolakan H_0 . Ini berarti output unit yang dihasilkan pada tiap-tiap tingkat kebisingan adalah tidak sama, artinya ada pengaruh suara bising terhadap kinerja operator.

Sehingga perlu pengujian dengan metode Darab Duncan (Duncan's Multiple Range Test). Dengan uji ini penulis dapat mengetahui suara bising mana yang lebih berpengaruh terhadap output yang dihasilkan.

Dari hasil perhitungan didapat :

- a. Tingkat kebisingan 40-60 db tidak berpengaruh terhadap kebisingan 60-80 db.
- b. Tingkat kebisingan 40-60 db tidak berpengaruh terhadap kebisingan 80-100 db
- c. Tingkat kebisingan 60-80 db tidak berpengaruh terhadap kebisingan 80-100 db.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisa data yang diperoleh, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari masing-masing elemen kerja diambil data sebanyak 30 data pada tiap-tiap tingkat kebisingan selama 6 jam kerja efektif. Setelah dilakukan perhitungan pada data-data tersebut diketahui bahwa data tersebut telah seragam dan mencukupi serta berada dalam Batas Kendali.
2. Hasil waktu baku yang didapat dalam 1 unit perakitan pada tiap-tiap tingkat kebisingan sebagai berikut :
 - a. Pada tingkat kebisingan 40-60 db waktu yang dibutuhkan untuk merakit 1 unit "Contra Arde" secara manual adalah 156.85 detik = 2.61 menit.
 - b. Pada tingkat kebisingan 60-80 db waktu yang dibutuhkan untuk merakit 1 unit "Contra Arde" secara manual adalah 163.79 detik = 2.73 menit.

- c. Pada tingkat kebisingan 80-100 db waktu yang dibutuhkan untuk merakit 1 unit "Contra Arde" secara manual adalah 165.27 detik = 2.75 menit.
3. Dari hasil pengujian Anova Klasifikasi Satu Arah disimpulkan tolak H_0 , artinya ada pengaruh kebisingan terhadap performansi kerja, kemudian setelah diuji dengan metode Darab Duncan (Duncan's Multiple Range Test) diketahui bahwa pada tingkat kebisingan 80-100 db sangat mempengaruhi kinerja operator karena hasil output yang dihasilkan menurun dan tidak optimal. Sedangkan untuk tingkat kebisingan 40-60 db hasil output yang dihasilkan optimal sehingga tingkat kebisingan 40-60 db memiliki tingkat performansi yang tinggi dari tingkat kebisingan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, R. M. (1980). *Motion and Time Study Design and Measurement of Work* (7 ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Caecilia, Yuniar, & Buanawan, A. (2003). Perancangan Stasiun Perakitan di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi Institut Teknologi Nasional Bandung. *Seminar Nasional Ergonomi 2003*. Jakarta.
- Nurmianto, E. (1996). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Jakarta: Candimas Metropole.
- Suhardi, B. (2008). *Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri Jilid 1 & 2 untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Sutalaksana, I. Z. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja* (1 ed.). Bandung: Departemen Teknik Industri ITB.
- Walpole, R. E. (1997). *Pengantar Statistika* (3 ed.) terjemahan. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1998). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists* (6 ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.

Kayik : An Environmental Friendly Sanitary System in Rural Sumatera

Eusoff@Yendo Afgani¹, Mahmud Jusan,²

Built Environment Faculty, Architecture Department, University Teknologi Malaysia¹

Built Environment Faculty, Architecture Department, University Teknologi Malaysia²

81310, Skudai, Johor Darul Takzim, Malaysia

e-mail : yendoutmjb@yahoo.com¹, b-mahmud@utm.my²

Abstract -- This paper examines *kayik* as an environmental friendly sanitary system for rural community of South Sumatera, Indonesia. *Kayik* function as public toilet erected in the form of pond called *pauk*. The system using running water from existing water stream to transport fecal residues to the pond and are used as nutrient for the fish. A study was carried out in May and June 2011 in Muara Sindang Village, Pagar Alam, South Sumatera. Thirty two *pauk* were examined in order to investigate the operational system of *kayik*. It has been concluded that *kayik* which operated by running water potentially friendly to environment and offer sustainable ecologically sound. It is an appropriate sanitation system for rural area where water availability in abundance.

Keywords : *Kayik, pauk, toilet, environmental friendly, fishery.*

I. INTRODUCTIONS

Around the globe, every group of people in a nation has own system, practices and means to dispose and manage their excreta. Researchers such Drangert, (1998), Esrey, Anderson, Hillers, & Sawyer, (2001); GTZ, (2003), explained in literatures various models of sanitation including; 'flush-and-forget' and 'flush and- discharge', 'drop-and-store' and 'sanitize-and-reuse'.

The model of 'flush-and-forget' and 'flush and-discharge' refer to the sanitation system that applied in some developed country including Malaysia and Singapore. It is propose regular waterborne flush toilets discharging sewage into the environment with some or without treatment. These concepts are costly and lead to depletion of water by using freshwater as a carrier and sink of human excreta and are therefore considered not sustainable. Premises designed by believe that human excreta is a waste and suitable only for disposal. It thought that premise could receive, process and assimilate these waste (Esrey et al., 2001). This model assumed

inappropriate for poor country (Dinar, 1998; Loetscher & Keller, 2002; Mara, 2003).

The 'drop and store' model is comparatively affordable, refers to dry and flush pit latrines practices. For fecal storage, a septic tank built or simply use a digging well in the ground and drop the excreta. This model involves risk to the groundwater contamination and keeps nutrients out from cycle of agroecological (Dellstrom Rosenquist, 2005; GTZ, 2003; Wilderer, 2001). Most Indonesian people applied this method both in urban and rural areas.

Most developed country like Japan introduced 'sanitize-and-reuse' concepts refers to urine-diverting latrines. The principles of 'don't mix', 'don't flush', and 'don't waste' the human excreta now emerging in the most developed countries. They propose a philosophy that black water residues has a component part which beneficial for re-use while urine and feces are separated, pathogens are killed and nutrients are recycled through composting. (Winblad, 1997). And even in most advance finding is to reprocess it for food¹

Regarding the current model and sanitation system applied in countries, I intend to examine the different sanitation system that considerably propose environmental friendly sound toilet management called 'Kayik'. Afgani and Jusan(2011), elaborated

¹ In June'2011 Japan's researcher in the current findings leads the most advances discovery by create a 'shit burger'. Mitsuyuki Ikeda, a researcher from the Okayama Laboratory, came up with the concept after Tokyo Sewage asked him to find a way of using up the city's waste. Ikeda found that human excreta which filled up the system, was packed with protein because of all the bacteria thought usefull. The proteins extracted by his research team to create an artificial steak, which is turned red with food colouring and flavoured with soy. Eater volunteer said "delicious, just like beef". We name it as 'flush-manage-and eat' model.

the system of kayak water based system. This kayak sanitation method had applied by most of Villagers in rural area in South Sumatera, but attract a little attention of researcher in excreta disposal management and methods.

THE KAYIK SYSTEM

Kayik is taken from the Indonesian malay worlds, 'ke' and 'ayik' which means "going to the place, which water are available to fulfill daily necessities". *Kayik* functioned by it's natural landscape. *Kayik* is characterized by its location on the riverside . It really relies solely on flown water to operate (figure 1.1-1.4). *Kayik* in the area studied are commonly formed by channeling water from the existing water flown into a number of man-made ponds called "pauk." This form of water bodies offers a unique open-public place -toilet suitable for people in rural areas where water is huge and fluent. "kayik" is not for fecal defecation function only. It is also a place for multi functions such as washing, bathing as well as for fishing. The function for these purposes comprehensively discussed by Afgani and Jusan (2011), and Afgani (2005), while this paper will barely highlighted on sanitation aspects.

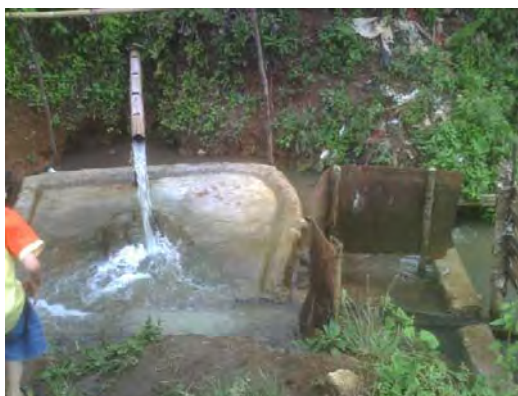


Figure 1.1 Water from irrigation

Figure 1.2 Channeled to kayak site



Figure 1.3. A simple toilet

Figure 1.4 . Excreta transported to pauk pond.

II. METHODOLOGY AND DISCUSSIONS

In May and June, observation carried out at Kampong Muara Sindang, Pagar Alam Municipality, South Sumatera Indonesia. 32 pauk examined and observed. 9 pauk not attached by kayak for toilet function while the rest (72 %) attached kayak toilet. In depth interview also performed to 10 person by snowing ball method. They considered as those who know the history of village and kayak operational system.

Table 1 . Numbers of pauk pond use for kayak as environmental friendly toilet

Number of pauk owners	functions			Ecology Sustain ability
	Fecal defecation	Clothes and hing	Fishery	
1.	Yes	Yes	Yes	Yes
2. Yuli	Yes	Yes	Yes	Yes
3.	No	No	Yes	Yes, but less
4.	No	No	Yes	Yes, but less
5. Rawi	Yes	Yes	Yes	Yes
6.	Yes	Yes	Yes	Yes
7.	Yes	Yes	Yes	Yes
8. Yuli	Yes	Yes	Yes	Yes
9.	Yes	Yes	Yes	Yes
10. Ipit	No	No	Yes	Yes, but less
11. Andes	Yes	Yes	Yes	Yes
12. Iman	Yes	Yes	Yes	Yes
13. Lisur	Yes	Yes	Yes	Yes
14. Aji	Yes	No	Yes	Yes
15.	Yes	Yes	Yes	Yes
16.	Yes	No	Yes	Yes
17. Aan	Yes	Yes	Yes	Yes
18.	Yes	Yes	Yes	Yes
19.	No	Yes	Yes	Yes, but less
20. Tamrin	Yes	Yes	Yes	Yes
21.	Yes	Yes	Yes	Yes
22. Japri	Yes	Yes	Yes	Yes
23.	Yes	Yes	Yes	Yes
24. Mastani	Yes	Yes	Yes	Yes
25. Sudirman	Yes	Yes	Yes	Yes
26. Sukardi	No	No	Yes	Yes, but less
26. Hasidit	No	No	Yes	Yes
27. Suraya	No	No	Yes	Yes, but less
28. Mawan	Yes	Yes	Yes	Yes, but less
29. Iskandar	Yes	Yes	Yes	Yes
30. Mawardi	Yes	Yes	Yes	Yes
31. Sahut	No	Yes	Yes	Yes, but less
32. Yunoh	No	Yes	Yes	Yes

2.1 Discussion

Table 1 shown the numbers of pauk that attached by kayak toilet. Among 32 pauk pond, only 28 percent that has no kayak toilet attached, considerably it assumed less sustainable, by the reason that pauk only used flown water by free for fishery purpose. That lead to judgment of reason “sustainable but less” for sustainable ecology. The rest, (78 percent) are considered more sustainable. When the pauk attached by kayak toilet system, the pauk existence capable to receive excreta from residents and assimilate by nature.

The fecal defecation which dropped from kayak will be regarded nutrient for fishes. Further more, residues from kitchen utensil washing process such as rice and other food residues will also transported to pond for fish feeding. By this process, there are some advantages found which is related to several ecological -sustainability elements including; first, the chemical exclusion for maintenance and cleaning process. There is no chemical needed for maintenance such detergent or any chemical cleaner. The cleaning process made by simple.

Second, the use of free water. While the water availability is huge, it can be used for free. Means the local resident don't need more money to bill payments. Third, site made from local material. The material for site building simply can be found in the surrounding area. The materials such used zinc,

bamboo and wood are easily provided from the fields or forest. Fourth, the used water from pond then transported to paddy fields, this kind of water are preferred by local resident to grown and cultivate paddy fields as they are be full of nutrient for paddy cultivations.

The economic advantages from the existence of kayak toilet and pond function in region is fishery. While one village like Muara Sindang has about 32 pauk pond, it can be consider a big number of pauk available in one province of South Sumatera. So, in term of opportunity, for freshwater industry using pauk-kayak is also promising.

Table 2 . Fishery production in year of 2009

Fishery method	Production in a year in a ton (2009)	%
Tambak/salt fishpond	907.123	19.27
fresh water /pond	554.067	11.77
Caramba	101.771	2.16
Jaring apung/cages	236.606	5.07
Budidaya Sawah	86.913	1.85
Budi daya laut	2.820.083	59.89

Source : Fishery Department
(www.perikanan-budidaya.kkp.go.id, accessed June 2011)

Table 2 shown, fresh water fishery production contributed to almost 12 percent of national production. It contributes to second highest fish production after tambak method. With 554.067 ton of product. In South Sumatera it self, the main fish production is *patin* that capable to reach 200 ton monthly.

III. CONCLUSIONS

Kayak, is a phenomena on a place that activities based on water such as toilet, bath, washing are occurred daily and still exist in Indonesian rural context. The operation of kayak is principally work by the running water. The principle of enormous usage by channeled it via bamboo and used for any based water stuff then transported to pond to be used for fishery and finally trenched to paddy field proposes a sustainable ecology sound practices. The absence of chemical usage in maintenance, capability to assimilate feces, and reuse water principle, offer kayak water management as an option that should be taken into consideration to coup with household wastes problem both black

water and grey water. While kayak propose sustainable ecology elements, the other opportunity should also be seen appropriately as it present other benefit for fishery and other social cohesion.

IV. REFERENCES

- [1] Afgani, Yendo, and Jusan, Mahmud (2011) *Kayik as a Unique Indonesian Public bath and Community Meeting Place*, Proceeding of SEATUC Symposium, Hanoi 23-25 February 2011.
- [2] Afgani, Yendo (2005) *kemampuan Luar Bandar: Analisa prinsip kemampuan komuniti Pasemah, Pagar Alam, Sumatera Selatan Indonesia*, Tesis Master URP, UTM, tidak dipublikasikan.
- [3] Afgani, Yendo, Ngah, Ibrahim (2004). *Strategi Pembangunan mapan komuniti orang asli : ke arah pembangunan Luar Bandar Mapan*. Proceeding Seminar Kebangsaan ke 22, UTM. Malaysia, April 2004.
- [4] De Graff. M.S, Zeeman G, Temmink. H, Van Loosdrecht, Buisman. C.J.N *long term partial Nitrification of anaerobically treated black water and the emission of nitrous oxide*, Journal Of Water Research Vol. 44 (7) 2010.
- [5] Dinar, A. (1998). *Water policy reforms: Information needs and implementation obstacles*. Water Policy, 4, 367–382.
- [6] Douglas, M., & Wildavsky, A. (1982). *Risk and culture: An essay on the selection of technological and environmental dangers*. Berkeley: University of California Press.
- [7] Drangert, J. (1998). *Fighting the urine blindness to provide more sanitation options*. Water SA, 24, 157–164.
- [8] Esrey, S., Andersson, I., Hillers, A., & Sawyer, R. (2001). *Closing the loop. Ecological sanitation for food security*. Stockholm, Sweden: SIDA.
- [9] GTZ, (2003). *Guidelines for the preparation and implementation of ecosan projects*. 2nd draft. Eschborn, German
- [10] Li. F, Wichman. K, Ottrepohl, R (2009) *Review of the technological Approaches for*

Grey water, Treatment and Reuses, Science of the total Environment, Vol. 407 (11) 2009

- [11] Yen, I.H., Syme, S.L., 1999. *The social environment and health: a discussion of the epidemiological literature*. Annual Review of Public Health 20, 287–308.



Pengelompokan Dokumen Paten Di Bidang ICT (Information & Communication Technology)

Agus Widodo, Indra Budi

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424

E-mail : aguswdd@yahoo.com, indra@cs.ui.ac.id

Abstrak-- Klasifikasi data paten yang saat ini merujuk kepada IPC (International Patent Classification) dari WIPO (World Intellectual Property Organization), dirasa belum merefleksikan klasifikasi dari bidang ICT (Information & Communication Technology). Biasanya aplikasi ICT dimasukkan ke dalam sections G (Physics) dan H (Electricity). Tulisan ini akan mengevaluasi pengelompokan paten berdasarkan delapan kelas IPC tersebut (G01, G06, G09, G11, H01, H03, H04, dan H06) terhadap paten yang didaftarkan di Dirjen Hak Kekayaan Intelektual dari tahun 1991 sampai dengan 2000. Algoritma yang digunakan untuk pengelompokan adalah KMeans, KMeans++, Hierarchical Clustering, serta kombinasi dari ketiga algoritma tersebut dengan SVD. Untuk validasi eksternal dipilih algoritma Purity dan F-Measure, sedangkan validasi internal digunakan Silhouette. Dari hasil eksperimen didapatkan kesimpulan bahwa SVD memberikan perbaikan terhadap hasil clustering, penambahan abstrak tidak selalu meningkatkan kinerja clustering, dan penggunaan frase juga tidak selalu lebih baik daripada penggunaan kata sebagai index. Dari hasil evaluasi, tidak ada cluster yang nilainya lebih dari 50%, sehingga dapat disimpulkan pula bahwa klasifikasi IPC yang ada belum dapat mengakomodasi bidang ICT secara tepat.

Kata Kunci : Clustering, Paten, SVD, Kmeans, ICT.

I. PENDAHULUAN

ICT (*Information and Communication Technology*) merupakan sektor penting dalam perekonomian dan menjadi sumber utama dalam perubahan teknologi dan produktivitas. Semakin pentingnya bidang ICT ini diindikasikan dari semakin meningkatnya jumlah aplikasi paten di bidang ini (Eurostat, 2003). Akan tetapi, klasifikasi data paten yang saat ini merujuk kepada IPC (*International Patent Classification*) dari WIPO (*World Intellectual Property Organization*), yang mungkin belum merefleksikan klasifikasi dari bidang ICT¹. Eurostat (2003) mendefinisikan bidang ICT ke dalam sections G (*Physics*) dan H

(*Electricity*) dengan klasifikasi IPC kelas G06 (*computing; calculating; counting*), H03 (*basic electronic circuitry*) and H04 (*electric communication technique*). Lebih lanjut, Corrocher, et. al. (2007) memberikan klasifikasi ICT ke dalam kelas yang lebih luas, yakni G01 (*measuring; testing*), G06 (*computing; calculating; counting*), G09 (*educating; cryptography; display; advertising; seals*), G11 (*information storage*), H01 (*basic electric elements*), H03 (*basic electronic circuitry*), H04 (*electric communication technique*), H05 (*electric techniques not otherwise provided for*).

Sebagaimana disampaikan Manish Sinha (2009), pengelompokan dokumen paten bermanfaat untuk mengurangi waktu dalam melakukan kategorisasi dokumen dalam jumlah besar, mengidentifikasi subtopik dan memahami kecenderungan dalam topik tertentu, mengembangkan taksonomi sebagai bahan komparasi terhadap kategori manual, dan memudahkan pencarian. Oleh karena itu, tulisan ini akan mengevaluasi pengelompokan paten berdasarkan delapan kelas IPC tersebut (G01, G06, G09, G11, H01, H03, H04, dan H06) terhadap paten yang didaftarkan di Dirjen Hak Kekayaan Intelektual dari tahun 1991 sampai dengan 2000. Setiap dokumen paten memiliki judul, abstrak, kelas IPC, dan informasi relevan lainnya. Judul dan abstrak memberikan informasi yang penting untuk dijadikan dasar dalam pengelompokan dokumen, sebagaimana dipaparkan dalam tulisan Budi dan Hasibuan (2005). Coulter et al. (1998) juga mengindikasikan pentingnya judul dan kata kunci dalam merepresentasikan isi dokumen.

Tulisan ini bertujuan untuk membandingkan kinerja beberapa algoritma dalam pengelompokan dokumen dalam bidang ICT, membandingkan efektivitas judul dan abstrak dalam pengelompokan dokumen, dan membandingkan efektivitas kata dan frase dalam pengelompokan dokumen.

II. REVIEW LITERATUR

Corrocher et. al. (2007) mengidentifikasi aplikasi ICT dalam EPO (*European Patent Office*) menggunakan abstrak dan frase yang terdiri dari tiga kata untuk melakukan pengelompokan. Tulisan Corrocher mengindikasikan bahwa bidang

¹ Klasifikasi IPC's Section terdapat di Appendix

ICT melingkupi kelas yang luas dalam klasifikasi IPC. Oleh karena itu, penggunaan kelas IPC untuk mendeskripsikan aplikasi teknologi dalam bidang ICT dirasa kurang tepat. Inovasi di bidang ICT melibatkan banyak teknologi sehingga seringkali sulit untuk memasukkan ICT ke dalam salah satu kelas yang ditentukan sebelumnya. Langkah yang dilakukan Corrocher et. al. dalam penelitiannya adalah melakukan ekstraksi dan seleksi frase tiga kata dari dokumen paten, dan mengelompokkan frase tersebut dengan *co-word analysis*, yakni menghitung jumlah kata yang sama dalam dokumen yang berbeda. Hasil akhirnya adalah kelompok paten berdasarkan frase tertentu, dengan kelompok lima besar adalah *mobile communication system, data processing means, printed circuits board, composite video signal, information recording medium*. Secara umum, Corrocher et. al. menyimpulkan bahwa kelas IPC tidak cukup akurat untuk merepresentasikan aplikasi di bidang ICT.

Untuk perbandingan *indexing* dengan menggunakan judul dan abstrak, Budi dan Hasibuan (2005) memaparkan bahwa, dengan korpus dokumen riset nuklir dari BATAN, jumlah term untuk *indexing* 4,4 kali lebih sedikit daripada menggunakan abstrak. Akan tetapi, secara rata-rata, dokumen relevan yang dihasilkan dari suatu query memiliki perbedaan hanya 1%. Oleh karena itu, efektivitas *indexing* dengan *title* sebanding dengan abstrak.

Dalam upaya untuk meningkatkan kinerja clustering, beberapa periset menggunakan proyeksi fitur-fitur dalam dokumen ke dalam suatu *principal component* (PC). Osinski (2003) menggunakan SVD (*Singular Value Decomposition*) untuk mendapatkan *principal component* tersebut, dan melakukan query terhadap dokumen yang sudah diproyeksikan. Umran dan Abidin (2009) juga melakukan clustering dengan mereduksi 48,512 fitur blog menjadi 600, sehingga mempercepat proses clustering. Dalam penelitiannya, Umran dan Abidin menggunakan Kmeans untuk melakukan clustering terhadap dokumen yang fiturnya telah direduksi.

III. LANDASAN TEORI

A. K-Means

K-Means merupakan algoritma flat clustering yang meminimalkan rata-rata jarak squared Euclidean dari dokumen terhadap pusat cluster (Manning, 2008). Jika diberikan sekumpulan data $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, maka algoritma k-means akan mempartisi X dalam k buah cluster. Setiap cluster memiliki *centroid* (titik tengah) atau mean dari data-data dalam cluster tersebut. Pada tahap awal, algoritma k-means memilih secara acak k buah data sebagai *centroid*. Kemudian, jarak antara data dan *centroid* dihitung menggunakan

Euclidean distance. Data ditempatkan dalam cluster yang terdekat, dihitung dari titik tengah cluster. *Centroid* baru akan ditentukan bila semua data telah ditempatkan dalam cluster terdekat. Proses penentuan *centroid* dan penempatan data dalam cluster diulangi sampai nilai *centroid* konvergen (*centroid* dari semua cluster tidak berubah lagi).

B. K-Means++

Algoritma KMeans memiliki kelemahan, sebagaimana diungkapkan oleh Arthur (2006), yakni dalam kasus terburuk *running time* dari algoritma ini adalah super-polinomial dari ukuran input. Disamping itu, perkiraan awal terhadap pusat cluster bisa jadi tidak menghasilkan cluster yang optimal. KMeans++ berupaya menangani kedua hambatan tersebut dengan menetapkan prosedur untuk menginisialisasi pusat cluster sebelum melanjutkan dengan standar KMeans. Dengan inisialisasi dari KMeans++ tersebut, algoritma dijamin untuk mendapatkan solusi dengan orde $O(\log k)$. Melalui penyebaran k pusat cluster awal yang berjauhan satu sama lain, pusat cluster pertama dipilih secara random dari titik-titik data, dan pusat-pusat cluster berikutnya dipilih dari titik data yang tersisa dengan probabilitas proporsional terhadap jaraknya kepada titik terdekat dari pusat cluster.

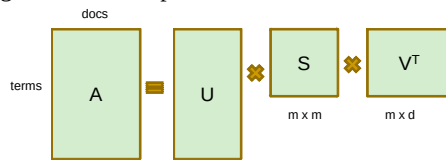
C. Hierarchical Clustering

Clustering hirarkis adalah metode analisis cluster yang berusaha untuk membangun sebuah hirarki cluster. Strategi dalam *hierarchical clustering* biasanya dikategorikan dalam dua jenis: (1) *Agglomerative*, yakni pendekatan *bottom up*, dimana setiap pengamatan dimulai dari kelompok itu sendiri, dan pasangan cluster kemudian digabung sehingga membentuk hirarki, (2) *Divisive*, yakni pendekatan *top down*, dimana pengamatan mulai dalam satu cluster, dan pemecahan dilakukan secara rekursif bergerak ke bawah membentuk hirarki. Dalam penggabungan cluster, atau elemen dalam cluster, dilakukan dengan melihat jarak terdekat atau *Euclidean Distance* atau dengan menghitung kemiripan atau *Similarity Measure*. Dalam tulisan ini, *hierarchical clustering* digunakan karena dapat menggabungkan dokumen secara *hard* dalam cluster sebagaimana KMeans.

D. SVD (Singular Value Decomposition)

Singular Value Decomposition adalah metode aljabar linier yang memecah matriks A (terms-documents) berdimensi $t \times d$ menjadi tiga matriks USV. U adalah matriks kata (terms) berukuran $t \times r$, S adalah matriks diagonal berisi nilai skalar (eigen values) berdimensi $r \times r$, dan r ditentukan sebelumnya, dan D adalah matriks dokumen berukuran $r \times d$. Dekomposisi nilai singular dari

matriks A dinyatakan sebagai $A = USV^T$, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. SVD Decomposition.

E. Vector Space Model

Vector Space Model (VSM) merupakan teknik dalam information retrieval yang merubah masalah dalam membandingkan data tekstual ke dalam masalah membandingkan vektor aljabar dalam ruang multidimensi. Setelah transformasi dilakukan, operasi aljabar linear dilakukan untuk menghitung kemiripan antar dokumen. Setiap kata dalam koleksi dari dokumen membentuk dimensi tersendiri dalam VSM dan masing-masing dokumen direpresentasikan dengan vektor dari seluruh dokumen tersebut. Jadi, matriks dua dimensi dapat dibentuk dari baris yang merupakan vektor dokumen dan kolom yang merupakan vektor kata, atau sebaliknya.

Bobot dari masing-masing kata untuk dokumen tertentu dapat dihitung melalui frekuensi kata atau cara yang lainnya. Dalam eksperimen ini, bobot dihitung melalui formula:

$$w_{t,d} = tf_{t,d} \times \log(N/df_t)$$

Di mana $tf_{t,d}$ adalah frekuensi kata t dalam dokumen d , sedangkan N adalah jumlah seluruh dokumen, dan df_t adalah jumlah dokumen yang di dalamnya terdapat kata t .

F. Purity measure

Purity measure adalah salah satu cara untuk mengevaluasi kinerja cluster jika penilaian eksternal terhadap cluster tersedia. Evaluasi terhadap kinerja *cluster* dilakukan dengan menghitung *purity* dari masing-masing *cluster* yang terbentuk. *Purity* merupakan rasio antara kelas yang dominan pada *cluster* tertentu dan ukuran *cluster* tersebut. Semakin besar *purity* semakin baik kualitas *cluster* tersebut.

G. F-Measure

F-Measure merupakan kombinasi dari *precision* dan *recall* yang mengukur sejauh mana suatu *cluster* hanya beranggotakan obyek dari kelas tertentu dan semua obyek dari kelas tersebut. *F-Measure* dari kelas i terhadap *cluster* j didefinisikan sebagai:

$$F(i,j) = \frac{2 \times \text{precision}(i,j) \times \text{recall}(i,j)}{\text{precision}(i,j) + \text{recall}(i,j)} \quad (2)$$

H. Silhouette

Silhouette adalah salah satu cara untuk mengevaluasi kinerja *cluster* jika penilaian eksternal terhadap *cluster* tidak tersedia. Teknik ini

memberikan gambaran grafis ringkas tentang seberapa baik setiap objek terletak di dalam *cluster*. Suatu ukuran *silhouette* dari tiap titik dalam *cluster* $s(i)$ adalah:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (3)$$

di mana $b(i)$ adalah rata-rata jarak antara suatu titik dengan semua titik dalam *cluster* yang sama, sedangkan $a(i)$ adalah rata-rata jarak antara titik tersebut dengan semua titik dalam *cluster* lain. Rentang nilai $s(i)$ adalah antara 1 dan -1. *Cluster* yang baik akan bernilai 1, sedangkan sebaliknya bernilai -1.

IV. RANCANGAN EKSPERIMEN

A. Algoritma yang Dipilih

Dalam penelitian ini algoritma *clustering* yang digunakan adalah KMeans, KMeans++, Hierchical *Clustering*, serta kombinasi dari ketiga algoritma tersebut dengan SVD. Untuk evaluasi hasil *clustering* secara internal dipilih algoritma Silhouette, sedangkan evaluasi eksternal dipilih *Purity* dan *F-Measure*.

Makalah dituliskan pada halaman berukuran A4 dengan margin kiri 2.5 cm, margin kanan 2.5 cm,

(1) B. Data Set

Data yang digunakan adalah paten yang didaftarkan di Dirjen Hak Kekayaan Intelektual dan tercatat di PDII-LIPI, sebanyak 978 buah, dalam delapan kelas IPC yang merepresentasikan bidang ICT dari tahun 1991 sampai dengan 2000.

Sedangkan fitur/dimensi yang diekstrak dari dokumen direpresentasikan dalam kata-kata. Tabel 1 memperlihatkan bentuk matrik term-document tersebut. Dalam penyiapan dokumen, dilakukan penghilangan *stopwords*, yakni daftar kata yg umum atau kata yang mempunyai fungsi tapi tidak mempunyai arti dalam konteks pemilihan dokumen yang diinginkan pengguna. Disamping itu kata-kata juga dibersihkan dari penanda lainnya, misalnya angka, HTML tags, dan tanda baca.

Table 1. Term-document matrix

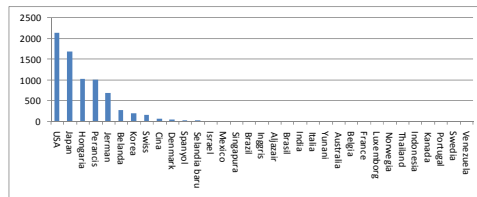
	ord1	ord2	ord3	ord4	ordn
Dok1	7.	2.	0	0	
Dok2	0	1.	0	0	
Dok3	0	0	0	10.	
Dok4	0	1.	0	0	
Dok5	0	0	0	0	

Untuk mendapatkan frase dari dokumen, dilakukan ekstraksi dengan menggunakan tools KEA² (*Keyphrase Extraction Algorithm*). Agar frase yang dihasilkan lebih memiliki arti, maka digunakan controlled vocabulary dari UKAT³ (*United Kingdom Archival Thesaurus*). Oleh karena itu untuk penggunaan frase sebagai index, data paten tersebut diterjemahkan dahulu ke dalam bahasa Inggris, yang dalam tulisan ini menggunakan penterjemah Google Translate.

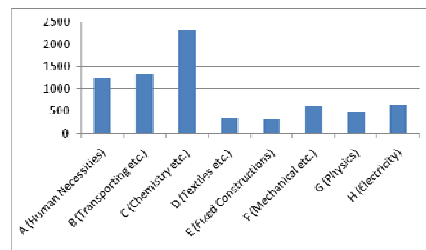
V. HASIL DAN ANALYSIS

A. Profil Paten

Untuk melihat gambaran umum tentang paten yang didaftarkan di Dirjen HKI, berikut adalah jumlah paten berdasarkan negara pengusul paten tersebut. Dari data yang ada, penemu luar negeri sangat mendominasi pendaftaran paten di Indonesia, misalnya dari Amerika Serikat dan Jepang.



Gambar 2. Jumlah paten per-negara (dari total 7329 paten, tahun 1991-2000).

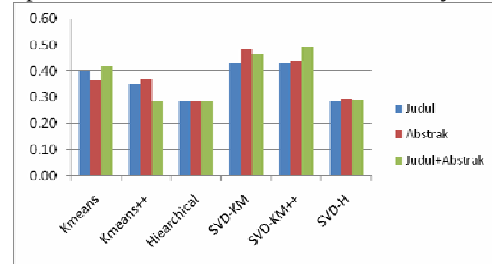


Gambar 3. Jumlah paten per section dalam IPC.

B. Perbandingan Beberapa Metoda Clustering

Perbandingan beberapa metoda clustering dilakukan untuk melihat algoritma yang memberikan hasil clustering yang paling baik untuk pengelompokan berdasarkan judul dan abstrak. Dari Gambar 4 terlihat bahwa SVD memberikan perbaikan terhadap kinerja clustering, baik untuk algoritma Kmeans, Kmeans++ maupun Hierarchical. SVD mereduksi fitur, dalam hal ini jumlah kata dari 1,718 menjadi *principal component* atau dimensi yang lebih sedikit. Dalam tulisan ini, jumlah dimensi yang digunakan adalah sebanyak jumlah *cluster*, yakni delapan buah, karena idealnya dimensi pertama akan

merepresentasikan *cluster* pertama, yang kedua merepresentasikan *cluster* kedua, dan seterusnya.

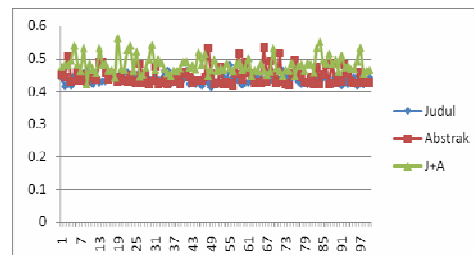


Gambar 4. Perbandingan beberapa metoda clustering.

C. Perbandingan Clustering dengan Judul & Abstrak

Dari 978 dokumen yang digunakan, jumlah kata dalam judul yang didapatkan adalah 1,718 buah, dalam abstrak sebanyak 8,059 buah, dan dalam gabungan judul dan abstrak sebanyak 8,405 buah. Untuk mengetahui efektivitas penggunaan judul dan abstrak, dilakukan percobaan sebanyak 100 kali terhadap salah satu algoritma, yakni Kmeans dengan dimensi yang telah di-reduksi SVD, karena kinerjanya lebih baik dibandingkan dengan Kmeans dengan seluruh kata.

Dari Gambar 5 di bawah, terlihat bahwa hasil *clustering* dengan judul dan abstrak, secara rata-rata (0.481), lebih baik daripada abstrak (0.447), tetapi *clustering* dengan abstrak hampir sama dengan *clustering* menggunakan judul (0.439). Akan tetapi tidak dapat disimpulkan bahwa penggunaan judul dan abstrak selalu lebih baik karena pada Gambar 5 tersebut terdapat *overlap* di antara ketiga grafik.



Gambar 5. Purity Measure dengan Algoritma SVD-Kmeans dalam 100 kali percobaan.

² Available at <http://www.nzdl.org/Kea/>

³ Available at <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/SKOS/Datasets>

Tabel 1. *Purity measure* terhadap judul dan abstrak dari beberapa algoritma.

Data	K-means	K-M++	Hierarchical	SVD-KM	SVD-KM++	SVD-H
Judul	0.398	0.52	0.283	0.430	0.431	0.285
Abstrak	0.366	0.70	0.284	0.484	0.439	0.293
Judul & Abstrak	0.419	0.84	0.285	0.464	0.494	0.290
Judul	0.337	0.91	0.283	0.450	0.465	0.288
Abstrak	0.336	0.85	0.283	0.434	0.413	0.292
Judul & Abstrak	0.313	0.94	0.282	0.422	0.405	0.291
Judul & Abstrak (Phrase)	0.434	0.67	0.354	0.452	0.425	0.354

Tabel 1 menjelaskan tentang evaluasi *clustering* terhadap judul, abstrak dan gabungan keduanya dengan menggunakan beberapa algoritma dan dengan evaluasi *purity measure*. Dari tabel tersebut terlihat pula bahwa penggunaan abstrak maupun gabungan judul dan abstrak tidak selalu meningkatkan kinerja *clustering* daripada penggunaan judul. Di samping itu, penggunaan penterjemah bahasa Inggris juga tidak terlalu berpengaruh terhadap hasil *clustering*, seperti terlihat pada penggunaan judul berbahasa Inggris dengan algoritma Kmeans yang kinerjanya lebih baik daripada judul dalam bahasa Indonesia. Dengan menggunakan frase, ternyata penambahan abstrak selalu menurunkan kinerja *clustering*. Hal ini dimungkinkan jika frase dalam abstrak yang seharusnya dalam satu *cluster* tidak banyak yang sama.

Tabel 2. Kinerja *clustering* dari beberapa *measure* dengan SVD-KMeans.

	<i>Purity</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F-meas.</i>	<i>Silhouette</i>
Judul	0.4385	0.4365	0.7362	0.4094	0.3583
Abstrak	0.4463	0.4434	0.6065	0.5595	0.3342

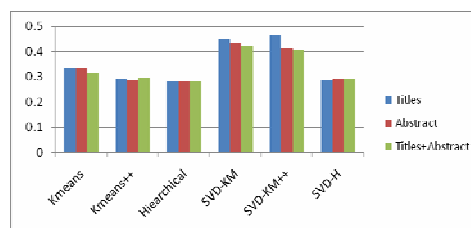
Tabel 2 memperlihatkan kinerja *clustering* dari beberapa *measure*, yakni *purity*, *F-measure* dan *silhouette*, dengan menggunakan salah satu algoritma *clustering* yakni gabungan Kmeans dengan SVD. Seperti terlihat pada Tabel 2, metoda *purity* memberikan hasil yang serupa dengan *precision* yang membagi hasil yang benar yang diperoleh dengan total jumlah yang diperoleh (yakni total masing-masing *cluster*). Hasil *purity*

menjadi berbeda dengan *recall*, karena *recall* membagi hasil yang benar yang diperoleh dengan total jumlah yang benar (yakni total masing-masing kelas yang ditentukan sebelumnya). Hasil *F-measure* yang menggabungkan unsur *precision* dan *recall* menjadi berbeda juga dengan hasil *purity* meskipun bedanya tidak sebesar *recall*.

Evaluasi dengan *silhouette*, yang menyatakan kedekatan anggota *cluster* terhadap anggota lainnya dalam *cluster* yang sama, dilakukan sebagai ukuran internal *cluster* yang bisa diterapkan meskipun tidak ada informasi kelas yang ditentukan sebelumnya. Dari Tabel 2 terlihat bahwa hasil *clustering* dengan judul lebih mengelompok dibandingkan dengan abstrak maupun gabungan antara keduanya.

D. Perbandingan Clustering dalam bahasa Inggris

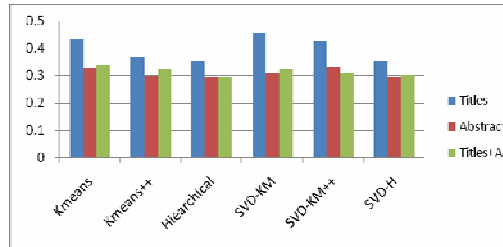
Eksperimen yang kedua menggunakan judul dan abstrak yang diterjemahkan terlebih dahulu ke dalam bahasa Inggris. Matriks TFxIDF yang dihasilkan adalah 978 dokumen x 1,757 kata untuk judul, 978 dokumen x 7,979 kata untuk abstrak, dan 978 dokumen x 8,171 kata untuk judul dan abstrak. Dari hasil eksperimen terlihat bahwa, penggunaan abstrak menghasilkan *cluster* yang hampir selalu lebih baik, sedangkan penggunaan SVD juga selalu lebih baik, kecuali untuk Kmeans++. Disamping itu, terlihat pula bahwa penterjemahan ke bahasa Inggris tidak menurunkan kinerja *clustering*.

Gambar 6. Evaluasi *Cluster* dari Judul dan Abstrak dalam Bahasa Inggris dengan *Purity Measure*.

Eksperimen ketiga dilakukan dengan menggunakan frase yang terdiri dari satu, dua dan tiga kata yang diekstrak dari dokumen tersebut. Ekstraksi menggunakan tools KEA. Jumlah dokumen menjadi berkurang setelah penghitungan TFxIDF karena beberapa dokumen tidak memiliki frase yang diekstrak. Jumlah frase yang terekstrak sebanyak 949 buah. Contoh frase tersebut terdapat di lampiran.

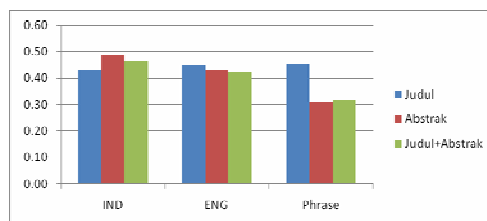
Ukuran matriks adalah 449 dokumen x 144 phrases dengan menggunakan judul, 841 dokumen x 399 phrases dengan menggunakan abstrak, ukurannya adalah 863 dokumen x 414 phrases sedangkan dengan judul dan abstrak. Ternyata hasil eksperimen menunjukkan bahwa

penambahan abstrak selalu menurunkan kinerja clustering (Gambar 7). Disamping itu, SVD juga selalu meningkatkan kinerja cluster meskipun tidak terlalu besar.



Gambar 7. Evaluasi Cluster dari Frase dalam Bahasa Inggris dengan Purity Measure.

Gambar 8 memberikan ilustrasi terhadap penggunaan judul dan abstrak dengan menggunakan algoritma SVD dan Kmeans pada kata berbahasa Indonesia, kata dan frase dalam bahasa Inggris. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penggunaan judul baik dengan kata atau frase memberikan kinerja yang hampir sama, sedangkan penambahan abstrak dalam bahasa Indonesia memperbaiki kinerja clustering, tetapi tidak untuk bahasa Inggris, terutama frase.



Gambar 7. Purity Measure dengan Algoritma SVD-Kmeans untuk kata dan frase.

VI. KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen, dapat disimpulkan bahwa penggunaan SVD memberikan perbaikan terhadap hasil clustering. Disamping itu, SVD membuat proses clustering menjadi lebih cepat karena ukuran matriks menjadi lebih kecil, meskipun ada *overhead* dalam pemecahan matriks SVD itu sendiri di tahap awal. Disamping itu, penambahan abstrak tidak selalu meningkatkan kinerja clustering. Oleh karena itu, penggunaan judul menjadi pilihan yang lebih baik karena jumlah kata atau frasenya lebih sedikit, sehingga waktu pemrosesannya juga menjadi lebih cepat.

Penggunaan frase ternyata juga tidak selalu lebih baik daripada penggunaan kata sebagai index. Hal ini dimungkinkan karena penggunaan frase yang tidak domain-spesifik tidak akan meningkatkan kinerja cluster. Dalam eksperimen ini, vocabulary dari UKAT (*UK Archival Thesaurus*) yang digunakan merupakan dictionary umum yang masih tidak spesifik ke bidang ICT.

Selain itu, konversi dokumen dari bahasa Indonesia ke bahasa Inggris juga tidak banyak berpengaruh terhadap kinerja. Hal ini

dimungkinkan karena kata yang digunakan merupakan bag of words yang tidak melihat struktur dari kalimat, sehingga kata yang diterjemahkan ke dalam bahasa Inggris tersebut akan menghasilkan matriks tf-idf yang relatif sama dengan matriks semula.

Sedangkan evaluasi internal terhadap cluster dengan *silhouette* menunjukkan bahwa Kmeans++, yang menentukan *seed* awal secara berjauhan, menghasilkan cluster yang anggotanya jauh dari pusat cluster. Sedangkan hierarchical clustering yang menggunakan ukuran kedekatan, selalu menghasilkan internal *measure* yang lebih baik, yakni anggota cluster secara rata-rata lebih dekat ke pusat cluster daripada ke pusat cluster yang lain.

Untuk *future works*, perlu dilakukan analisis clustering dengan data dan kelas yang lebih banyak untuk dapat lebih tegas menyimpulkan bahwa dokumen dalam bidang ICT memang tidak tepat untuk dimasukkan dalam klasifikasi IPC yang ada. Dari hasil *purity measure*, tidak ada cluster yang nilainya lebih dari 50%, yang berarti bahwa secara rata-rata jumlah anggota yang sama dalam satu cluster tidak lebih dari separuh. Disamping itu, frekuensi paten dari waktu ke waktu baik secara individu maupun secara kelompok dapat dianalisis lebih jauh untuk mengetahui kecenderungan teknologi pada masa berikutnya.

REFERENSI

- [1] Arthur, D. and Vassilvitskii, S. (2007). "k-means++: the advantages of careful seeding". Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms. pp. 1027--1035.
- [2] Budi, I., Hasibuan, Z. (2005). "Comparison of Title Indexing and Abstract Indexing in Information Retrieval System", dalam prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi VI, 9-10 Agustus 2005.
- [3] Corrocher, N., Malerba, F., Montobbio, F. (2007). "Schumpeterian patterns of innovative activity in the ICT field", Elsevier, 2006-2007,
- [4] Coulter, N., Monarch, I., Konda, S., (1998). "Software engineering as seen through its research literature: a study in co-word analysis". Journal of the American Society for Information Science 49 (13), 1206-1223.
- [5] Courtial, J.P. , Callon, J.P. , Sigogneau, A. (1993). "The Use Of Patent Titles For Identifying The Topics Of Invention And Forecasting Trends".
- [6] Eurostat (2003). "Increase of patent applications to the EPO in the ICT sector between 1991 and 2001", Statistics in Focus, Science and Technology

- [7] Sinha, M. (2009). "Text Clustering on Patents", White Paper.
- [8] Tan P. N., Steinbach M., Kumar V. (2006). "Introduction to Data Mining", Pearson International Edition, Addison-Wesley.
- [9] Tseng, Y. H., Lin C. J., Lin, Y. I. (2005). "Text mining techniques for patent analysis", Elsevier 2005.
- [10] Umran M., Abidin T. F. (2009). "Pengelompokan Dokumen Menggunakan K-Means Dan Singular Value Decomposition: Studi Kasus Menggunakan Data Blog", SESINDO 2009, ITS
- [11] Osiński, S. (2003). "An Algorithm For Clustering Of Web Search Results", Master Thesis, Poznań University of Technology, Poland.

LAMPIRAN

A. Contoh Data

<DOC><TITLE>

Profilometer berjalan</TITLE><ABSTRACT>

Penemuan ini berhubungan dengan suatu profilometer yang memiliki satu alat penempatan balok yang termasuk satu balok secara berporos dihubungkan dengan satu bagian kaki depan dan satu bagian kaki belakang. Bagian-bagian kakinya berjarak di sepanjang balok dan diatur agar berada pada satu bagian pembuatan jalan.

</ABSTRACT></DOC>

B. Contoh Phrase

electronic circuits, information processing, film recordings, equipment, blazonry, communication, flood control, signal posts, illustrations, tools, railway stations, electrodes, channels, terminal care, surface water, wind power, materials, codes, trace elements, urban environment, scientific innovations ...

C. IPC Classifications

SECTION A — HUMAN NECESSITIES

SECTION B — PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING

SECTION C — CHEMISTRY; METALLURGY

SECTION D — TEXTILES; PAPER

SECTION E — FIXED CONSTRUCTIONS

SECTION F — MECHANICAL ENGINEERING; LIGHTING; HEATING; WEAPONS; BLASTING

SECTION G — PHYSICS

SECTION H — ELECTRICITY

Rancang Bangun Server Email Enterprise dengan Aplikasi ZIMBRA pada Sistem Operasi Ubuntu Hardy Heron

Fajar Masya, Elvina

*Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650
E-mail : fmasya67@gmail.com, elvina@yahoo.com*

Abstrak -- E-mail atau surat elektronik adalah suatu layanan yang tersedia dalam jaringan TCP/IP, email memiliki cara kerja yang hampir sama dengan surat konvensional, perbedaannya adalah pada media, dimana email menggunakan media jaringan komputer dalam mengirim dan menerima. Keunggulan Email dibandingkan surat konvensional cukup mencolok, yaitu masalah waktu, tempat dan jarak tidak lagi jadi kendala. Surat elektronik dapat dikirimkan hingga sampai ke tujuan (penerima) hanya dalam hitungan detik meskipun pengirim dan penerima berada pada belahan bumi yang lain. Bisa dibayangkan betapa efektifnya dan efisiennya email. Dalam proses transisi menuju era open source, peralihan back office harus dilakukan paling awal dimana kebutuhan pengguna menjadi perhatian. Untuk memenuhi tuntutan itu salah satu produk open source yang berkaitan dengan email yang memenuhi syarat tersebut adalah Zimbra Collaboration Suite. Zimbra adalah software open source untuk email server dan kolaborasi (*groupware*) yang menyediakan solusi email server yang powerful, penjadwalan, kalender group, kontak dan manajemen penyimpanan dokumen via web. Zimbra web tersedia untuk linux dan Mac OS X. Zimbra menggunakan klien ajax Web 2.0 yang dapat dijalankan pada browser, seperti Firefox, Internet explorer, Safari, dan lain lain.

Kata Kunci : Email, Email Server, Zimbra, Ubuntu

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan teknologi hingga saat ini berkembang dengan pesat, perkembangan tersebut seiring dengan berbagai penemuan dan pengembangan ilmu pengetahuan dalam berbagai bidang, tak terkecuali dalam bidang informasi dan komunikasi. Email merupakan salah satu contoh dari hasil perkembangan teknologi komunikasi tersebut.

Email atau surat elektronik adalah suatu layanan atau service yang tersedia dalam jaringan, layaknya surat konvensional email juga memiliki

cara kerja yang hampir sama dengan surat konvensional, perbedaannya adalah pada media, dimana email menggunakan media jaringan komputer dalam mengirim dan menerima. Keunggulan Email dibandingkan surat konvensional cukup mencolok, yaitu masalah waktu, tempat dan jarak tidak lagi jadi kendala. Surat elektronik dapat dikirimkan hingga sampai ke tujuan (penerima) hanya dalam hitungan detik meskipun pengirim dan penerima berada pada belahan bumi yang lain. Bisa dibayangkan betapa efektifnya dan efisiennya email.

Layanan email juga dapat diterapkan pada sebuah jaringan lokal. Atas dasar tersebut timbul gagasan untuk mengimplementasikan layanan email pada jaringan lokal dengan menyediakan sebuah server email, server pengelola layanan email tersebut.

Tujuan penulis melakukan penelitian ini adalah untuk merancang aplikasi Email Server dengan Zimbra, melakukan Konfigurasi Email Server Zimbra, dan menerapkannya pada Jaringan Lokal dilingkungan tempat penulis tinggal.

Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan oleh penulis dalam penyelesaian masalah adalah dengan melakukan beberapa pendekatan diantaranya sebagai berikut :

a. Studi Pustaka

Yaitu metode pencarian data dari buku, browsing internet atau literatur-literatur lain yang berkaitan dengan teori dasar dari materi yang dibuat, dan dokumen yang berkaitan dengan perancangan Email Server Zimbra.

b. Studi Riset

Melakukan riset dengan membangun 1 buah Server Email Enterprise dengan menggunakan aplikasi Zimbra dan membangun 1 buah Server DNS dengan menggunakan aplikasi Bind9.

Tahapan-tahapan riset yang dilakukan yaitu:

1. Instalasi Sistem Operasi Ubuntu
2. Instalasi DNS Server menggunakan aplikasi Bind9
3. Membuat dan mengkonfigurasi kan Domain
4. Instalasi Email Server menggunakan aplikasi Zimbra
5. Pengujian Email Server Zimbra

Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah sekelompok komputer otonom yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, menggunakan protokol komunikasi melalui media komunikasi berupa kabel maupun tanpa kabel (wireless) sehingga dapat saling berbagi data atau informasi, program, ataupun perangkat keras (hardware) dan sebagainya. Dua buah komputer dikatakan sudah membentuk suatu jaringan bila melakukan pertukaran data atau informasi. Berdasarkan skala area, jaringan komputer dapat dibagi 4 jenis, yaitu:

a. LAN (*Local Area Network*)

Jaringan LAN adalah jaringan lokal yang dibuat pada area tertutup. LAN biasa digunakan untuk jaringan kecil yang menggunakan peralatan (sumber daya) besama-sama, seperti penggunaan printer secara bersama, penggunaan media penyimpanan bersama.

b. MAN (*Metropolitan Area Network*)

MAN menggunakan metode yang sama dengan LAN namun daerah cakupannya lebih luas.

c. WAN (*Wide Area Network*)

WAN cakupannya lebih luas dari pada MAN. Cakupan WAN meliputi satu kawasan, satu negara, satu pulau, bahkan satu benua. Metode yang digunakan hampir sama dengan LAN dan MAN.

d. Internet

Internet adalah interkoneksi jaringan-jaringan komputer yang ada di dunia. Sehingga cakupannya sudah mencapai satu planet. Bahkan tidak menutup kemungkinan mencakup antar planet. Koneksi antar jaringan komputer dapat dilakukan berkat dukungan protokol yang khas, yaitu Internet Protokol (IP).

Sistem Operasi Linux

Linux adalah nama yang diberikan kepada sistem operasi komputer bertipe UNIX. Linux merupakan salah satu contoh hasil pengembangan perangkat lunak bebas dan sumber terbuka utama. Kode sumber Linux dapat dimodifikasi, digunakan dan didistribusikan kembali secara bebas oleh siapa saja. Nama Linux berasal dari nama kernel nya (kernel Linux) yang dibuat tahun 1991 oleh Linus Torvalds. Linux dapat berjalan di berbagai macam perangkat keras dan juga memiliki kemampuan sebagai server maupun workstation. Perkembangan Linux sangat didukung oleh lisensi yang digunakan oleh Linux yaitu GNU General Public License (GNU GPL).

Distribusi Linux

Linux memiliki sejumlah distribusi diantaranya Debian, Ubuntu, Red Hat, SuSe, Fedora, Slackware. Semuanya menggunakan kernel yang sama dengan ditambah pilihan aplikasi yang

terpasang dengan masing-masing distribusi memiliki paket aplikasi yang berbeda.

Hirarki pada Distribusi Linux

a. Direktori "/" (root)

Direktori ini terletak pada level teratas dari struktur direktori Linux. Direktori root diberi tanda "/" atau slash.

b. Direktori "/bin"

Bin (binary) berisi program-program yang esensial agar sistem operasi dapat bekerja dengan benar. Dalam direktori ini dapat ditemukan perintah-perintah navigasi, program-program shell, perintah pencarian.

c. Direktori "/dev"

Direktori ini berisi berkas-berkas alat (file devices) atau alat Input/Output. Monitor, CD-ROM, printer dianggap hanya sebagai sebuah file oleh sistem operasi LINUX. Jika Linux memerlukan perangkat-perangkat tersebut maka Linux akan mencarinya ke direktori dev.

d. Direktori "/lib"

Direktori ini berisi pustaka-pustaka (libraries) yang dibagi. Ketika kita menginstalasi perangkat lunak yang baru maka ada pustaka-pustaka baru yang ditambahkan ke direktori lib.

e. Direktori "/etc"

Direktori yang dibaca et-see ini berisi beberapa file - file konfigurasi pengguna dan sistem, seperti file konfigurasi kata sandi (password), group yang ada dikomputer, dan pesan untuk hari ini.

f. Direktori "/sbin"

Direktori ini berisi binary-binary juga seperti pada direktori bin. Bedanya binary-binary pada direktori ini berhubungan dengan fungsi-fungsi sistem administrasi.

g. Direktori "/usr"

Direktori ini terdiri dari banyak direktori seperti pada direktori root. Direktori ini berisi berkas-berkas yang dapat diakses oleh para pengguna (user) biasa.

h. Direktori "/var"

Direktori ini berisi data yang bermacam-macam (vary). Karena sifatnya yang selalu berubah tidak memungkinkan disimpan dalam direktori seperti "/etc". Oleh karena itu, data-data seperti ini disimpan di direktori var.

i. Direktori "/home"

Direktori ini digunakan untuk menyimpan file- file dan direktori user. Misalnya user dengan nama rangga akan menggunakan direktori /home/rangga.

j. Direktori "/tmp"

Direktori ini berisi file-file sementara yang dibutuhkan sebuah aplikasi yang sedang berjalan.

Domain Name Sistem (DNS)

DNS atau Domain Name Sistem adalah suatu sistem yang digunakan untuk menerjemahkan Internet Protokol Address atau alamat Internet

Protokol menjadi nama atau domain. Untuk beroperasinya sebuah jaringan komputer internet, metode pengalamatan yang digunakan sebuah komputer dilakukan menggunakan angka yang dikenal sebagai Internet Protocol (IP) Address yang terdiri dari 32 bit.

BIND

BIND (Berkeley Internet Name Domain) adalah server DNS yang paling umum digunakan di Internet, khususnya di sistem operasi bertipe Unix yang secara de facto merupakan standar. Untuk menjalankan server DNS pada suatu host, diperlukan file-file yang dibutuhkan, yaitu :

a. File named.conf (/etc/bind/named.conf)

named.conf adalah suatu file yang berisikan inisialisasi server DNS. Sebaiknya server DNS suatu jaringan mempunyai lebih dari 1 DNS.

b. File resolve.conf (/etc/resolv.conf)

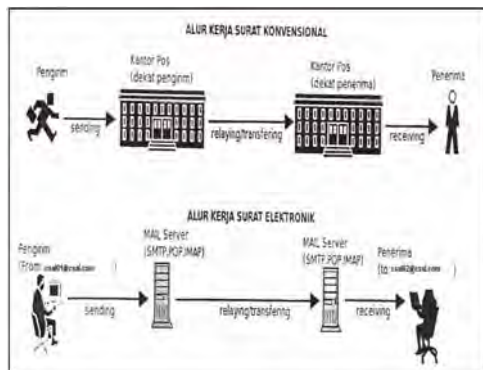
File resolv.conf adalah program yang berisi informasi suatu host yang dibutuhkan oleh server DNS.

c. File zone (/etc/bind/)

Zona file merupakan file yang berisi informasi yang berkaitan dengan suatu domain. Standard penulisannya disebut standard resource record.

Cara Kerja Email

E-mail atau surat elektronik adalah suatu layanan atau service yang tersedia dalam jaringan TCP/IP (internet). Berikut ini adalah gambar cara kerja surat konvensional dan email.



Gambar 1. Cara Kerja Email

Pada surat konvensional pengirim membuat surat kemudian mengirimkannya ke kantor pos terdekat, selanjutnya kantor pos tersebut meneruskan ke kantor pos lainnya yang terdekat dengan lokasi penerima, dan akhirnya surat diantarkan oleh kurir (tukang pos) ke penerima. Sedangkan pada surat elektronik atau Email, pengirim membuat surat dengan komputer menggunakan program Email Client seperti Outlook Express, Kmail, Evolution Mail, ThunderBird dan lain-lain. Kemudian Pengirim mengirimkan surat yang telah dibuatnya ke Email

Server dan Email server meneruskannya ke Email Server lain, dan akhirnya Penerima mengambil emailnya yang ada pada email server menggunakan program email client.

Secara umum Aplikasi email dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu Mail Transfer Agent (MTA), Mail Delivery Agent (MDA), Mail User Agent (MUA).

Zimbra Collaboration Suite (Aplikasi Email Server)

Zimbra Collaboration Suite adalah kolaborasi dari beberapa aplikasi open source software, diantaranya Apache Jetty, Postfix, OpenLDAP®, dan MySQL®. Kolaborasi ini menghasilkan email server yang power full, dengan fitur address book, calendaring, tasks, Web document authoring dan dilengkapi oleh anti virus dan anti spam. Zimbra tersedia untuk Linux, Mac OS X, dan platform virtualisasi. Zimbra menggunakan klien Ajax Web 2.0 yang dapat dijalankan pada browser Firefox, Safari, dan Internet Explorer (6.0+), serta mudah diintegrasikan dengan portal web API, aplikasi bisnis, dan VoIP menggunakan web services.

Komponen Zimbra

Aplikasi open source yang digunakan Zimbra Collaboration Suite yang sudah menjadi aplikasi standar yang dipakai didunia industry:

- Jetty, aplikasi server web yang menjalankan Zimbra.
- Postfix, aplikasi open source MTA (mail transfer agent) yang menjalankan email server zimbra.
- OpenLDAP, aplikasi open source sebagai Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) yang berguna untuk autentikasi user.
- MySQL, aplikasi database.
- Lucene, aplikasi open source power full text index dan search engine.
- Anti Virus dan Anti Spam, aplikasi open source yang terdiri dari: ClamAV, SpamAssassin, dan Amavisd.
- James/Sieve filtering, membuat filter untuk email.

Paket-paket Zimbra

Paket aplikasi yang ada dalam Zimbra Collaboration Suite adalah:

- Zimbra Core
Pada paket Zimbra Core ini terdapat kepastakaan, utility, alat monitoring, dan file konfigurasi dasar.
- Zimbra LDAP
Zimbra Collaboration Suite menggunakan aplikasi Open LDAP, suatu directory server LDAP open source. .
- Zimbra MTA (Mail Routing Server)
Aplikasi open source mail transfer agent (MTA) yang menerima email lewat SMTP dan mengirimkansetiap email pada Zimbra Mailbox

Server, dengan menggunakan Local Mail Transfer Protocol (LMTP).

d. Zimbra Store

Paket ini menginstal komponen untuk mailbox server, termasuk jetty, yang merupakan servlet container dimana Zimbra dijalankan.

e. Zimbra SNMP

Zimbra SNMP adalah paket optional. Jika memilih menginstall Zimbra SNMP untuk pemantauan, paket harus dijalankan pada setiap server (Zimbra Server, Zimbra LDAP, Zimbra MTA).

f. Zimbra Logger

Zimbra Logger juga merupakan paket optional dan diinstal pada satu mailbox server.

g. Zimbra Spell

Zimbra Spell juga merupakan paket optional. Zimbra Spell berguna untuk mengecek ejaan pada zimbra web client. Apabila Zimbra Spell diinstal Zimbra-apache juga terinstal.

h. Zimbra Proxy

Zimbra Proxy juga aplikasi optional. Penggunaan IMAP/POP proxy server memungkinkan pencarian mail.

II. PERANCANGAN EMAIL SERVER

Untuk membuat Email Server diperlukan DNS Server, kemudian instalasi dan konfigurasi DNS Server, dan yang terakhir instalasi dan konfigurasi Email Server Zimbra itu sendiri.

Persiapan Sistem Operasi Linux Ubuntu

Sistem operasi yang digunakan dalam membangun Email Server Zimbra yaitu sistem operasi Linux distro Ubuntu 8.04 LTS Hardy Heron. Ubuntu Hardy Heron merupakan release ke-delapan dari ubuntu yang telah hadir pada bulan April 2008 lalu dan Ubuntu ini merupakan Ubuntu versi ke-dua yang menyediakan Long Term Support. Banyak cara yang dilakukan untuk melakukan proses instalasi Ubuntu, diantaranya yaitu menggunakan CD instalasi Ubuntu, menggunakan USB Flashdisk, atau bisa juga dengan menggunakan file image CD instalasi Ubuntu. Penulis melakukan proses instalasi Ubuntu dengan menggunakan CD instalasi ubuntu versi 8.04 Desktop, disesuaikan dengan arsitektur komputer yang digunakan yaitu i386.

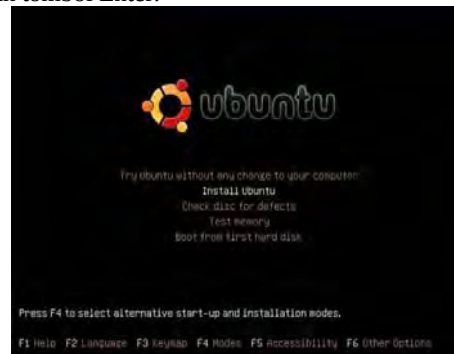
Untuk melakukan instalasi Ubuntu dengan menggunakan CD instalasi dimulai dengan mengubah pengaturan boot pada bios, aturlah pengaturan boot di bios dengan mendaftarkan cd-room sebagai media yang akan di load pada saat pertama booting. Setelah mengubah pengaturan bios, maka lakukan restart pada komputer sambil memasukkan CD instalasi ubuntu pada CD-ROM. Beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu.

a. Pemilihan bahasa yang digunakan selama proses instalasi.



Gambar 1. Pemilihan bahasa instalasi

b. Pilih opsi kedua “Install Ubuntu” dan tekan tombol Enter.



Gambar 2. Menu instalasi Ubuntu

c. Setelah memilih opsi kedua install ubuntu muncul jendela Welcome. Dibagian panel kiri Welcome, ada pilihan bahasa yang bisa kita gunakan.



Gambar 3. Welcome instalasi Ubuntu

d. Untuk menuju tahap berikutnya, tombol Forward bisa di klik. Berikutnya, tentukan lokasi dengan memilih di jendela Where are you?



Gambar 4. Pemilihan lokasi pengguna

e. Forward lagi dan pilih layout yang ingin digunakan dikotak Keyboard Layout.



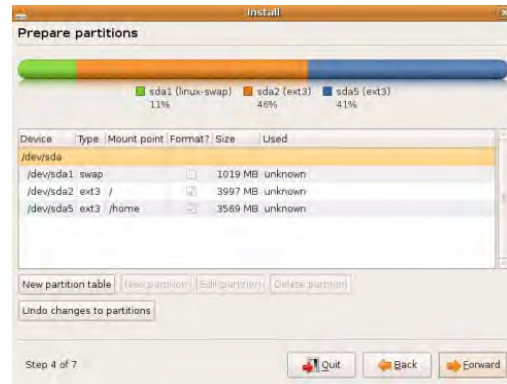
Gambar 5. Keyboard layout

f. Forward lagi dan pilih metode persiapan untuk hardisk. Jika masih pemula pengguna dianjurkan menggunakan metode Use the entire disk. Namun apabila pengguna telah mahir dalam pembagian partisi space hardisk, maka pengguna dapat memilih metode Specify partitions manually (advanced). Jika sudah yakin akan pilihan, lalu pilih dan klik tombol forward untuk melanjutkan ke proses pembagian partisi hardisk.



Gambar 6. Prepare disk space

g. Kita dapat membagi partisi hanya menjadi tiga bagian saja, yaitu root, home, dan swap.



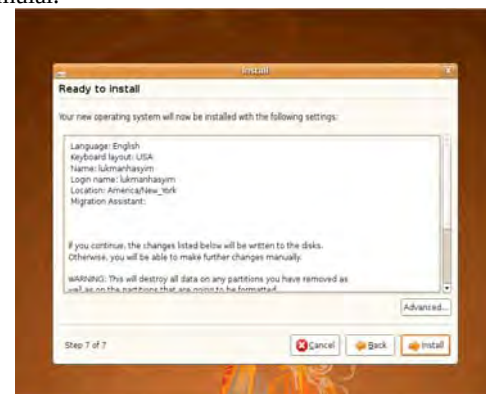
Gambar 7. Pembagian partisi hardisk

h. Selanjutnya adalah informasi pengisian data diri pengguna. Pengguna harus mengisi password dan nama komputer di jendela Who are you?



Gambar 8. Pengisian informasi pribadi

i. Ketika semuanya sudah dipilih, muncul kotak Ready to Install yang mencantumkan semua atribut yang telah dipilih sebelumnya. Apabila sudah tidak ada yang ingin diubah, pengguna dapat menekan tombol "Install" agar proses instalasi dimulai.



Gambar 9. Ready to install

j. Muncul kotak Installing system yang menunjukkan bahwa proses instalasi sudah dimulai.



Gambar 10. Installing system

k. Ketika sudah selesai, muncul kotak *Installation complete*. Klik pada tombol *Restart Now*.



Gambar 11. Restart Now untuk me-restart komputer

l. Setelah restart, pengguna dapat melihat tampilan login. Pada tampilan login pengguna diharuskan mengisi username dan password yang valid untuk login ke dalam Ubuntu.



Gambar 12. Login ke Ubuntu

Instalasi dan Konfigurasi DNS Server

Sebelum melakukan proses instalasi dan konfigurasi Email Server, terlebih dahulu lakukan proses instalasi dan konfigurasi DNS Server. Konfigurasi DNS Server amatlah perlu, karena dalam instalasi Email Server Zimbra amatlah penting memahami bagaimana cara membuat sebuah hostname bisa di resolve dengan baik dan bagaimana membuat entri MX record. Entri MX record yaitu Memetakan sebuah nama domain ke dalam daftar mail exchange server untuk domain tersebut.

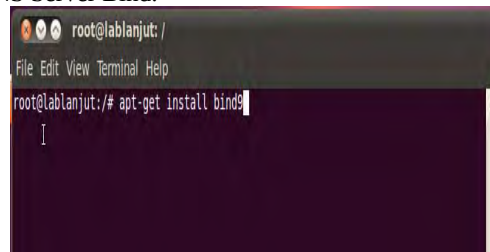
Instalasi DNS Server

Sebelum melakukan konfigurasi DNS Server adalah menginstall bind ke dalam Ubuntu, versi

yang digunakan adalah Bind9. Bind sudah terdapat di repository Ubuntu atau di DVD repository terpisah.

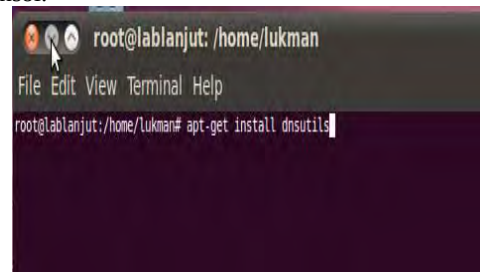
Langkah – langkahnya sebagai berikut :

a. Aktifkan Terminal, kemudian ketikkan perintah dibawah ini untuk menginstall aplikasi DNS Server Bind.



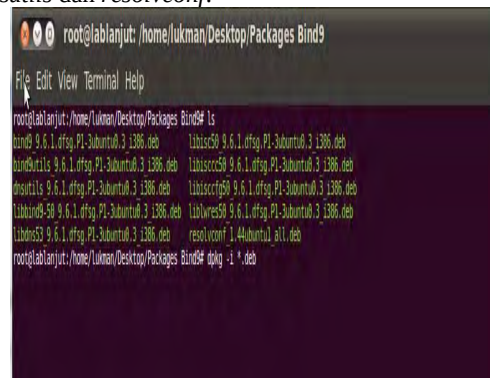
Gambar 13. Instalasi paket Bind9

b. Selanjutnya install paket berikutnya, yaitu dnstools. Dengan mengetikan perintah berikut pada konsol.



Gambar 14. Instalasi paket dnstools

Instalasi juga dapat dilakukan dengan melakukan eksekusi untuk paket – paket debian yang telah terlebih dahulu di *download* . Paket-paket tersebut antara lain *bind9*, *bind9utils*, *dnstools* dan *resolvconf*.

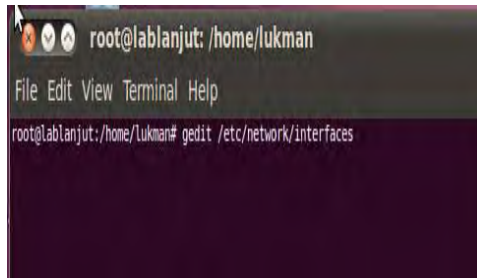


Gambar 15. Instalasi paket Bind9 secara manual

Konfigurasi DNS Server

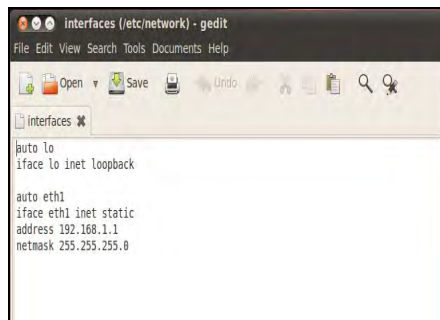
Setelah aplikasi Bind9 terinstall dengan baik maka langkah selanjutnya yaitu melakukan konfigurasi DNS Server nya, dimulai dari pengaturan IP Address, konfigurasi beberapa file-file DNS Server, dan yang terakhir restart aplikasi Bind9 nya. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. Langkah awal untuk konfigurasi yaitu masuk ke akses root dan edit Konfigurasi IP pada Ethernet Card yang akan dipakai dengan perintah.



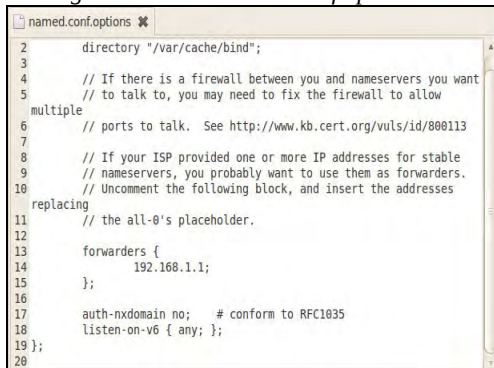
Gambar 16. Membuka file interfaces

IP Address yang digunakan untuk DNS Server yaitu 192.168.1.1 dengan netmask 255.255.255.0, sedangkan IP Address yang dialokasikan untuk Email Server yaitu 192.168.1.2 dengan netmask 255.255.255.0.



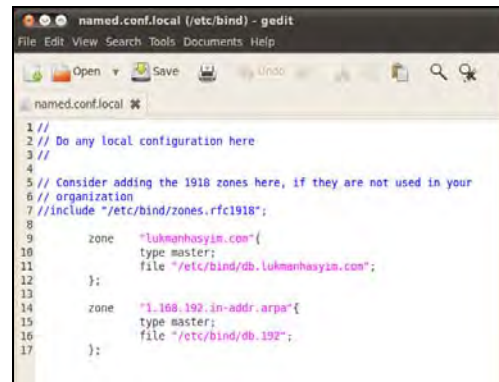
Gambar 17. Konfigurasi IP pada file interfaces

b. Selanjutnya, masuk ke akses root, lalu gunakan gedit dan buka file /etc/bind/named.conf.options menggunakan perintah #gedit /etc/bind/named.conf.options.



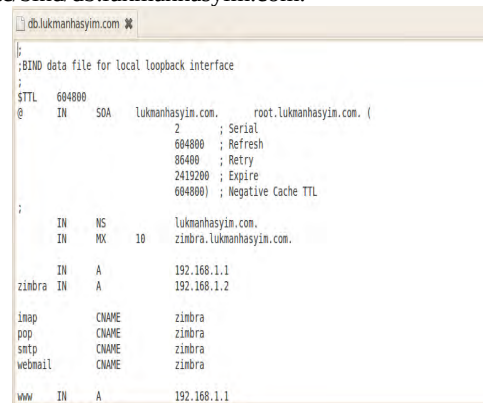
Gambar 18. Konfigurasi file named.conf.options

c. Langkah selanjutnya yaitu mengatur 2 buah zona. Zona yang pertama DNS Server bernama lukmanhasyim.com dengan konfigurasi yang berada pada file /etc/bind/db.lukmanhasyim.com, zona kedua terdapat Network untuk DNS Server 1.168.192.in-addr.arpa dengan konfigurasi yang terdapat pada file /etc/bind/db.192. Letak pengaturan zona tersebut ada pada file /etc/bind/named.conf.local, perintah untuk mengatur file zona tersebut yaitu #gedit /etc/bind/named.conf.local.



Gambar 19. Konfigurasi file named.conf.local

d. Kemudian buat dan edit file yang terdapat pada direktori /etc/bind/ dengan nama db.lukmanhasyim.com dengan perintah #gedit /etc/bind/db.lukmanhasyim.com.



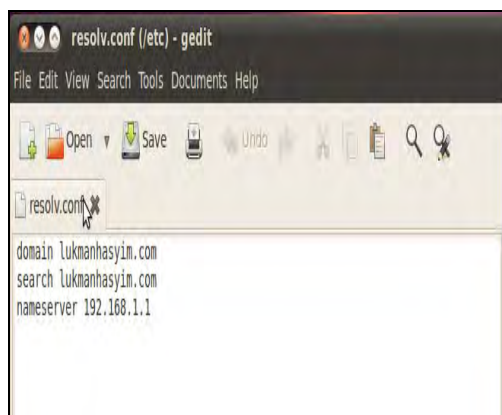
Gambar 20. Pengaturan zona domain lukmanhasyim.com

e. Langkah selanjutnya hampir sama dengan langkah sebelumnya, yaitu membuat file dengan nama db.192 kedalam direktori /etc/bind/.



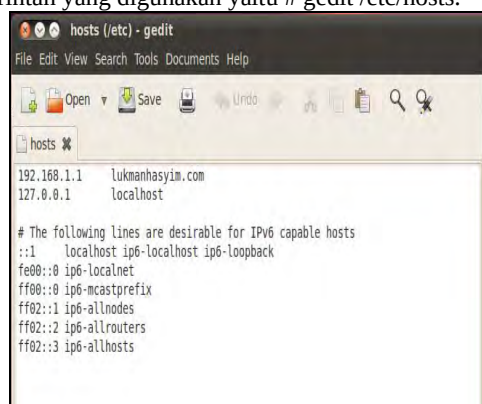
Gambar 21. Pengaturan zona domain Network DNS Server 192

f. Edit file /etc/resolv.conf untuk menentukan domain serta name server yang digunakan. Perintah yang digunakan yaitu #gedit /etc/resolv.conf.



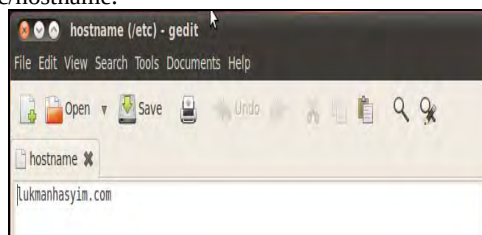
Gambar 22. Penentuan domain dan name server yang digunakan

g. Selanjutnya edit file `/etc/hosts` untuk menambahkan informasi seputar komputer host. Perintah yang digunakan yaitu `# gedit /etc/hosts`.



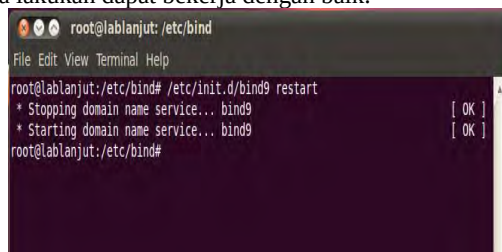
Gambar 23. Pengaturan file hosts

h. Selanjutnya edit juga file `/etc/hostname` untuk menambahkan informasi seputar komputer host. Perintah yang digunakan yaitu `# gedit /etc/hostname`.



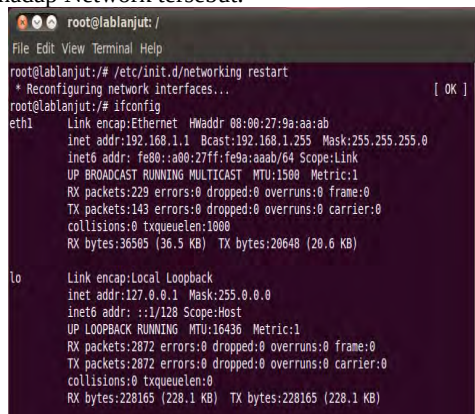
Gambar 24. Pengaturan file hostname

i. Langkah selanjutnya yaitu me-restart service Bind9 untuk memastikan konfigurasi yang kita lakukan dapat bekerja dengan baik.



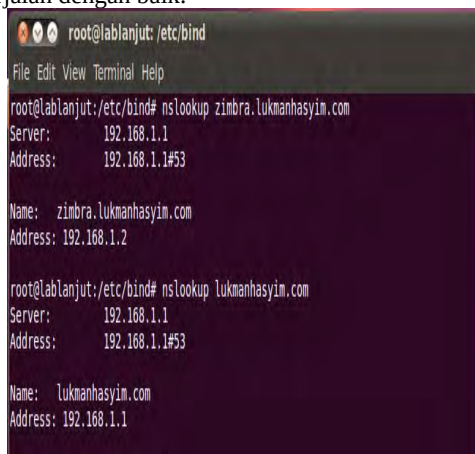
Gambar 25. Me-restart service Bind9

j. Lakukan restart juga pada service Network dan kemudian lakukan pengecekan terhadap Network tersebut.



Gambar 26. Me-restart service Network dan melihat IP

k. Setelah semua di konfigurasi maka lakukanlah pengujian DNS Server apakah dapat berjalan dengan baik.



Gambar 27. Pengujian DNS Server dan berjalan dengan sukses

Instalasi Email Server Zimbra

1. Langkah-langkah Instalasi Zimbra

Setelah melakukan konfigurasi awal, langkah selanjutnya yaitu melakukan instalasi Zimbra. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. Sebelum menginstall Zimbra, kita harus menginstall paket-paket untuk mendukung proses instalasi Zimbra dapat berjalan dengan lancar. Jalankan perintah berikut.

```
# apt-get install curl fetchmail libpcrc3
libgmp3c2 libexpat1 libxml2 libtie-ixhash-perl
libstdc++5 libltdl3
```



```

root@lukmanhasyim-desktop: /
File Edit View Terminal Tabs Help
root@lukmanhasyim-desktop:~# apt-get install curl fetchmail libpcres libgmp3c2 libexpa
ti libxml2 libtie-ixhash-perl libstdc++5 libltdl3
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
libltdl3 is already the newest version.
The following extra packages will be installed:
  gcc-3.3-base
Suggested packages:
  fetchmailconf postfix mail-transport-agent resolvconf
The following NEW packages will be installed:
  curl fetchmail gcc-3.3-base libgmp3c2 libstdc++5 libtie-ixhash-perl
The following packages will be upgraded:
  libexpati libpcres3 libxml2
3 upgraded, 6 newly installed, 0 to remove and 426 not upgraded.
Need to get 2524kB of archives.
After this operation, 4030kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue [Y/n]?

```

Gambar 28. Instalasi paket pendukung Zimbra

b. Langkah selanjutnya adalah mendownload file Zimbra, file Zimbra dapat didownload pada alamat url: <http://www.zimbra.com/downloads/os-downloads.html>

Sebelumnya file tersebut sudah di-download dan disimpan didalam folder **zimbra** yang terdapat dalam Desktop.



Gambar 29. Letak file zimbra pada Desktop

c. Kemudian copy atau pindahkan folder **zimbra** yang terdapat dalam Desktop ke direktori `/usr/src`.

```

root@lukmanhasyim-desktop: /usr/src/zimbra
File Edit View Terminal Tabs Help
root@lukmanhasyim-desktop:~# mv /home/lukmanhasyim/Desktop/
zimbra/ /usr/src/

```

Gambar 30. Pindahkan file Zimbra di /usr/src

Kemudian masuk kedalam folder **zimbra** yang baru saja dipindahkan dan lihat isi dari folder **zimbra** tersebut.

```

root@lukmanhasyim-desktop: /usr/src/zimbra
File Edit View Terminal Tabs Help
root@lukmanhasyim-desktop:~# cd /usr/src/zimbra/
root@lukmanhasyim-desktop:~# ls
zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013.tgz
root@lukmanhasyim-desktop:~#

```

Gambar 31. Isi dari folder zimbra

d. Extract file Zimbra tersebut dengan perintah dibawah ini. Tunggu hingga proses extract selesai.

```

root@lukmanhasyim-desktop: /usr/src/zimbra
File Edit View Terminal Tabs Help
root@lukmanhasyim-desktop:~# tar xvfz zcs-5.0.25_GA_3360.UB
UNTU8.20101110200013.tgz
zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013/
zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013/packages/
zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013/packages/zimbra-apache_5.0.25_G
A_3360.UBUNTU8_1386.deb
zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013/packages/zimbra-core_5.0.25_GA
3360.UBUNTU8_1386.deb

```

Gambar 32. Extract file Zimbra

e. Setelah proses extract selesai, masuk ke direktori hasil dari extract tadi dan lihatlah isi dari folder extract tersebut.

```

root@lukmanhasyim-desktop: /usr/src/zimbra/zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013
File Edit View Terminal Tabs Help
root@lukmanhasyim-desktop:~# cd zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013
root@lukmanhasyim-desktop:~# ls
bin docs packages readme_source en_US.txt util
data install.sh readme_binary en_US.txt README.txt
root@lukmanhasyim-desktop:~#

```

Gambar 33. Isi dari file extract Zimbra

f. Pada folder hasil extractsi file Zimbra terdapat beberapa file dan folder, salah satunya yaitu file `install.sh`. Untuk melakukan proses instalasi Aplikasi Zimbra, jalankan perintah dibawah ini.

```

root@lukmanhasyim-desktop: /usr/src/zimbra/zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.20101110200013
File Edit View Terminal Tabs Help
root@lukmanhasyim-desktop:~# cd zcs-5.0.25_GA_3360.UBUNTU8.2010
root@lukmanhasyim-desktop:~# ls
bin docs packages readme_source en_US.txt util
data install.sh readme_binary en_US.txt README.txt
root@lukmanhasyim-desktop:~# ./install.sh

```

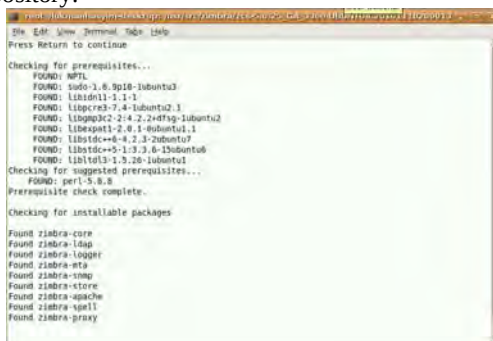
Gambar 34. Printah Instalasi Zimbra

Setelah script instalasi dijalankan maka akan tampil tampilan awal proses instalasi seperti gambar dibawah ini, kemudian tekan Enter untuk melanjutkan proses instalasi.



Gambar 35. Proses Instalasi Zimbra

g. Tekan enter untuk melakukan pengecekan file yang akan diinstal. Untuk menginstal paket ini dapat dilakukan langsung dari dvd ROM atau dari repository.



Gambar 36. Proses Instalasi Zimbra

h. Berikutnya adalah pilihan paket instalasi zimbra, seperti zimbra-ldap, zimbra-logger, zimbra-mta, dan seterusnya. Standarnya instalasi sudah dijawab dengan "Y", berarti hanya tinggalkan Enter saja, kecuali proxy yang defaultnya "N", karena aplikasi ini optional, boleh tidak diinstal.



Gambar 37. Proses Instalasi Zimbra

Bagian ini juga akan melakukan cek space yang tersedia untuk instalasi. Jika space tidak memenuhi persyaratan akan tampil pesan seperti berikut:

"/opt/zimbra requires at least 5GB of space to install. 3GB is not enough space to install. Installation canceled."

Berarti pengguna harus menyediakan syarat space yang diminta, silahkan hapus data yang mungkin bisa anda hapus, hingga space kosong memenuhi syarat instalasi Zimbra.

i. Lalu zimbra akan melanjutkan dengan menginstal paket-paket yang diperlukan.

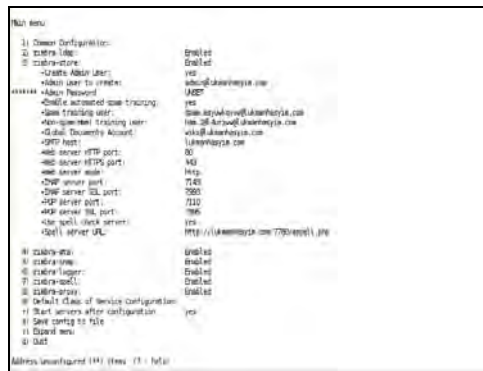


Gambar 38. Proses instalasi Zimbra

Setelah semua paket yang diperlukan terinstal, selanjutnya terdapat pernyataan "This may or may not work". Karena kita akan melakukan instalasi dengan distribusi Linux yang tidak direkomendasikan maka akan tampil pesan peringatan mungkin bisa terinstal mungkin tidak. Maka pengguna perlu menjawab "Y" untuk melanjutkan instalasi. Selanjutnya pengecekan port yang aktif, jika ada port yang sama dengan yang akan dijalankan Zimbra pada bagian ini akan diberi pesan port berapa saja yang telah aktif. Untuk itu harus dicek terlebih dahulu port-port tersebut, biasanya yang aktif adalah sendmail pada port 25. Untuk itu port tersebut haruslah dimatikan.

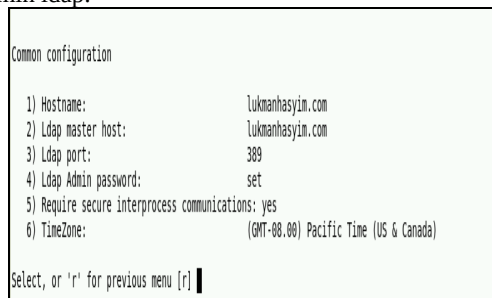
j. Menu ini menampilkan status aplikasi, setingan password, dan port. Pilihannya angka dari 1 sampai 9 serta abjad r (start server setelah konfigurasi), s (simpan konfigurasi file), x (menu lanjutan) dan q (keluar).

Perhatikan tanda (*****), jadi standar nya hanya perlu pilhan ketiga saja yang kita setting. Karena pada pilahan ketiga tersebut terdapat password Admin yang belum ditentukan.



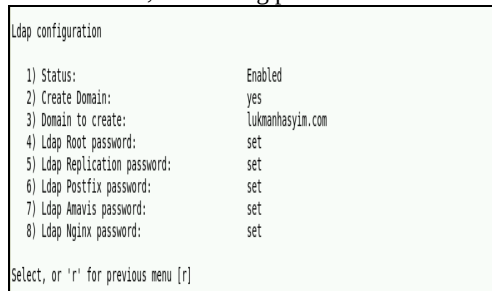
Gambar 39. Menu Konfigurasi

k. Pilihan pertama ini adalah melihat hostname, ldap master host, ldap port, password admin ldap and time zone. Untuk bagian ini yang paling penting dikonfigurasi adalah password admin ldap.



Gambar 40. Menu konfigurasi pilahan 1

l. Pilihan kedua untuk melihat status dan membuat domain, dan setting password.



Gambar 41. Menu konfigurasi pilahan 2

m. Pilihan ketiga ini untuk melihat status, membuat admin user beserta password (ini bagian yang penting untuk login).



Gambar 42. Menu konfigurasi pilihan 3



Gambar 43. Menu konfigurasi pilihan 3 setting password admin



Gambar 44. Menu konfigurasi pilhan 3 setting spam training user



Gambar 45. Menu konfigurasi pilhan 3 setting non-spam training user



Gambar 46. Menu konfigurasi 3 sukses tersetting

n. Setelah konfigurasi selesai untuk mengaktifkannya tekan "a". selanjutnya pertanyaan untuk menyimpan konfigurasi, defaultnya /opt/zimbra, dilanjutkan pertanyaan sistem akan dimodifikasi, ya atau tidak, maka anda ketikkan "yes" jika ingin dilanjutkan.


```

Main menu
1) Common Configuration:
2) zimbra-ldap: Enabled
3) zimbra-store: Enabled
4) zimbra-mta: Enabled
5) zimbra-snp: Enabled
6) zimbra-logger: Enabled
7) zimbra-spell: Enabled
8) zimbra-proxy: Enabled
9) Default Class of Service Configuration:
r) Start servers after configuration yes
s) Save config to file
x) Expand menu
q) Quit

*** CONFIGURATION COMPLETE - press 'a' to apply
Select from menu, or press 'a' to apply config (? - help) a
Save configuration data to a file? [Yes] yes
Save config in file: /opt/zimbra/config.15122
Saving config in /opt/zimbra/config.15122...done.
The system will be modified - continue? [No] yes

```

Gambar 47. Menyimpan konfigurasi dalam file /opt/zimbra/config.15122

Setelah proses penyimpanan konfigurasi selesai, proses akan langsung diteruskan oleh penginstallan fitur-fitur zimbra, seperti skin dan pembuatan user admin, tunggu hingga proses ini selesai. Kemudian akan muncul tahap notification akan muncul pertanyaan Notify Zimbra of your installation?, ketik yes untuk menerima notifikasi.

Kemudian server siap untuk dijalankan, akan muncul kalimat Starting servers..., dilanjutkan dengan proses instalasi common zimlets. Tunggu hingga proses instalasi selesai, setelah selesai sistem akan me restart mailbox dan melakukan pengaturan crontab Zimbra. Akan muncul kalimat Configuration complete, tekan Enter untuk mengakhiri proses konfigurasi. Zimbra siap untuk dijalankan.

```

File Edit View Terminal Tabs Help
You have the option of notifying Zimbra of your installation.
This helps us to track the uptake of the Zimbra Collaboration Suite.
The only information that will be transmitted is
the VERSION of zcs installed (5.0.20_0A.1000 (UBUNTU))
The ADMIN EMAIL ADDRESS created (admin@lukmanhasyim.com)

Notify Zimbra of your installation? [Yes] yes
Notifying Zimbra of installation via http://www.zimbra.com/cgi-bin/notify.cgi?hl=
5.0.20_0A.1000_UBUNTU&email=admin@lukmanhasyim.com

Notification complete

Starting servers...done.
Checking for deprecated zimlets...done
Installing common zimlets:
  con_zimbra_phone...done.
  con_zimbra_cert_manager...done.
  con_zimbra_local...done.
  con_zimbra_data...done.
  con_zimbra_fulltextprovision...done.
  con_zimbra_email...done.
  con_zimbra_notifications...done.
  con_zimbra_vrf...done.
Finished installing common zimlets
Installing Documents...done.
Restarting mailbox...done.
Setting up zimbra crontab...done.

Moving /tmp/zmsetup.32282610-0-140860.log to /opt/zimbra/log

Configuration complete - press return to exit

```

Gambar 48. Proses instalasi zimbra berhasil

Pengujian Instalasi Zimbra

Setelah melalui proses instalasi hingga konfigurasi. Tiba saatnya menguji Zimbra Mail Server.

a. Hasil instalasi Zimbra akan membentuk sebuah direktori /opt/zimbra, yang berisi file konfigurasi dan perintah. Untuk menguji hasil instalasi Zimbra, lakukan perintah zmcontrol berikut ini.

```

root@zimbra.lukmanhasyim.com: /
File Edit View Terminal Tabs Help
root@zimbra:~# su - zimbra
zimbra@zimbra:~$ zmcontrol status
Host zimbra.lukmanhasyim.com
  antispam Running
  antivirus Running
  imapproxy Running
  ldap Running
  logger Running
  mailbox Running
  mta Running
  snmp Running
  spell Running
  stats Running

zimbra@zimbra:~$

```

Gambar 49. Pengujian instalasi Zimbra 1

Jika perintah zmcontrol menampilkan kesalahan, misalnya ada aplikasi belum jalan, maka perlu dijalankan lebih dulu dengan menggunakan perintah berikut.

```

root@zimbra.lukmanhasyim.com: /
File Edit View Terminal Tabs Help
zimbra@zimbra:~$ zmcontrol start
Host zimbra.lukmanhasyim.com

Starting logger...Done.
Starting mailbox...Done.
Starting imapproxy...Done.
Starting antispam...Done.
Starting antivirus...Done.
Starting snmp...Done.
Starting spell...Done.
Starting mta...Done.
Starting stats...Done.

zimbra@zimbra:~$
zimbra@zimbra:~$

```

Gambar 50. Pengujian instalasi Zimbra 2

Untuk mematikan jalannya aplikasi, gunakan perintah zmcontrol stop.

```

root@zimbra.lukmanhasyim.com: /
File Edit View Terminal Tabs Help
zimbra@zimbra:~$ zmcontrol stop
Host zimbra.lukmanhasyim.com

Stopping stats...Done.
Stopping mta...Done.
Stopping spell...Done.
Stopping snmp...Done.
Stopping archiving...Done.
Stopping antivirus...Done.
Stopping antispam...Done.
Stopping imapproxy...Done.
Stopping mailbox...Done.
Stopping logger...Done.
Stopping ldap...Done.

zimbra@zimbra:~$

```

Gambar 51. Pengujian instalasi Zimbra 3

b. Langkah selanjutnya, buka sebuah browser kemudian buka Zimbra Administrator web Interface. URL nya adalah: <https://lukmanhasyim.com/zimbraAdmin>

Login sebagai admin, masukkan password dari admin yang telah dikonfigurasi tadi.

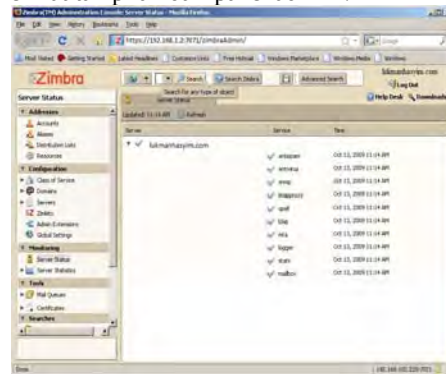


Gambar 52. Pengujian instalasi Zimbra 4

c. Setelah Log in akan muncul *admin panel* untuk zimbra, di dalam *panel* ini kita dapat mengatur semua konfigurasi Zimbra dan *admin panel* juga merupakan tempat untuk mengontrol semua aktifitas dari mail server. Seperti membuat *account*, membuat *group*, melihat status server, melihat statistik server, dan lain-lain. Jika ingin keluar dari panel, klik Log out.



Berikut tampilan dari panel admin :



Gambar 53. Pengujian instalasi Zimbra 5

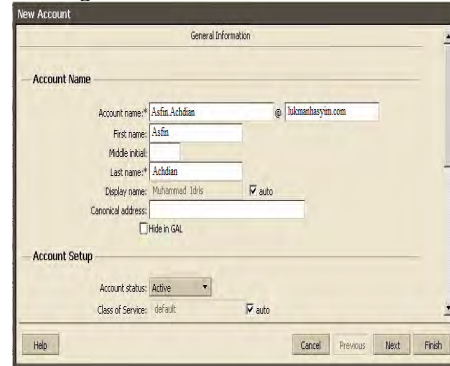
d. Pada kesempatan kali ini penulis menjelaskan bagaimana cara membuat *account* di mail server Zimbra dengan *domain* yang telah dibuat yaitu lukmanhasyim.com. Berikut langkah-langkahnya:

1. Masih dalam panel admin, klik New lalu account.



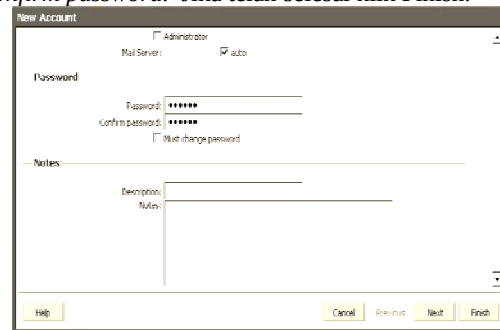
2. Akan muncul kotak New Account, isikan data-data untuk *account name* yaitu alamat *email* dari *account* yang akan dibuat, *First Name*, *Last Name* dan *password*. Penulis membuat user /

account, yang akan dijadikan sebagai contoh dalam pengujian Zimbra Mail yang dibuat. Dengan format sebagai berikut :



Gambar 54. Pengujian instalasi Zimbra 6

Isikan *password* untuk masing - masing *account*. Masukkan *password* yang sama pada *Confirm password*. Jika telah selesai klik Finish.



Gambar 55. Pengujian instalasi Zimbra 7

3. Untuk membuktikan bahwa *account* yang dibuat telah dapat digunakan. Ikuti langkah sebagai berikut:

- Buka browser dan jalankan URL berikut: <http://lukmanhasyim.com>

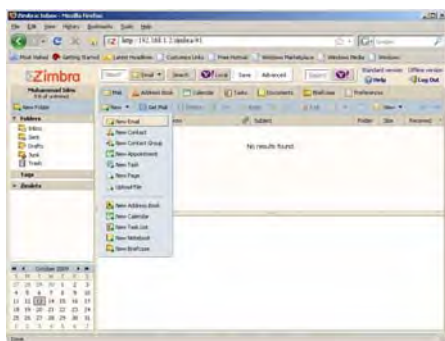
- Login menggunakan *account* yang dibuat tadi. Untuk contoh penulis gunakan *account* asfinachdian@lukmanhasyim.com

Lihat tampilan berikut;



Gambar 56. Pengujian instalasi Zimbra 7

Zimbra telah berhasil di install dan di konfigurasi dengan baik. Sekarang beberapa komputer yang terhubung dalam *Accounts* intranet dapat saling berkomunikasi via email melalui ZIMBRA COLLABORATION SUITE.



Gambar 57. Pengujian instalasi Zimbra 8

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang penulis lakukan, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa:

Email Server Zimbra memiliki beberapa kelebihan dalam penggunaannya yaitu:

- Berbasis Open Source (tidak perlu membayar biaya Lisensi Software).
- Jumlah User/Mailbox tidak terbatas.
- Berjalan di atas Operating System Linux.
- Mudah dalam pengaturan dan pemeliharaan dengan Web Administration.
- Terintegrasi dengan AntiVirus dan AntiSpam.
- Memiliki kemampuan Multi Domain.
- Memiliki pembatasan Quota MailBox per User.
- Dapat di gabungkan dengan Fitur Spooling Mail

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim.(2009) "Instalasi Zimbra Menggunakan Fedora 8", <http://www.hitechmall.org/linux/node/2136>.
- [2] Anonim (2009). *Modul Panduan Jaringan Komputer Lanjut*, Laboratorium Lanjut Sistem Komputer Universitas Gunadarma, Depok.
- [3] Anonim (2009). *Modul Panduan Membangun Jaringan Internet Server Linux*, Laboratorium Pengembangan Ilmu Komputer Universitas Gunadarma, Depok.
- [4] Cecep Mahbub (2009) "Instalasi DNS Server di Ubuntu Menggunakan Bind9", <http://ngadimin.com/2009/07/02/instalasi-dns-server-di-ubuntu-menggunakan-bind9/>.
- [5] Cecep Mahbub (2009). "Membuat Server Email di Ubuntu Menggunakan Zimbra", <http://ngadimin.com/2009/07/15/membuat-server-email-di-ubuntu-menggunakan-zimbra/>.
- [6] Efrizal Zaida (2010). *Panduan Praktis Membangun Server Email Enterprise dengan Zimbra*, Dian Rakyat, Jakarta.
- [7] Masim Sugianto (2009). "Tentang Setting DNS pada Zimbra Mail Server", <http://vavai.com/v2/2009/12/tentang-setting-dns-pada-zimbra-mail-server/>.
- [8] Syarifuddin (2010). "Mail Server Zimbra Mirip Yahoo di Ubuntu", <http://syarifuddin.dagdigdug.com/2010/07/08/mail-server-zimbra-mirip-yahoo-di-ubuntu/>

Integrasi Sistem Informasi Universitas Berbasis Service Oriented Architecture

Irya Wisnubhadra, Benyamin L. Sinaga

*Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya,
Yogyakarta, Indonesia*

E-mail: iryaa@mail.uajy.ac.id, blsinaga@mail.uajy.ac.id

Abstrak -- Sistem Informasi pada era informasi ini telah menjadi kebutuhan dasar institusi untuk melaksanakan proses bisnisnya secara efisien dan efektif. Tak terkecuali sebuah universitas yang mempunyai proses bisnis yang cukup kompleks yaitu penerimaan mahasiswa baru, pembelajaran akademik, penelitian, pengabdian masyarakat, pembelajaran softskill, alumni, kerjasama, sumber daya manusia, sarana prasarana dan keuangan. Sistem Informasi di universitas biasanya dikembangkan secara bertahap, dikerjakan secara departemental dan pada saat yang berbeda. Sifat departemental ini menyebabkan sistem informasi masih mempunyai kendala ketika dihadapkan pada pelaporan yang bersifat inter-departemen. Ketidak akuratan data dan ketidak konsistenan data menyebabkan informasi yang dihasilkan baik untuk pelaporan dan transaksi berikutnya menjadi tidak valid. Ketidak validan data pada akhirnya juga berdampak pada pengambilan keputusan yang diambil oleh Manajemen Puncak. Makalah ini akan membahas integrasi sistem informasi di unit unit pada Universitas Wisnaga menggunakan pendekatan arsitektur berbasis SOA (Service Oriented Architecture). Arsitektur ini mempunyai keunggulan dalam hal penanganan heterogenitas platform, kemampuan yang dapat berjalan dilingkungan intranet, mudah digunakan dan berbiaya murah.

Kata kunci : Integrasi, Sistem Informasi, SOA, Web Services

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya persaingan dalam dunia pendidikan tinggi menuntut pengelolaan yang berubah. Saat ini kecepatan dalam pembuatan keputusan baik yang bersifat internal maupun eksternal sangat diperlukan untuk meningkatkan daya saing sebuah perguruan tinggi. Untuk membantu dalam meningkatkan kecepatan maupun kualitas keputusan yang dibuat, maka adanya sebuah sistem informasi yang baik dan handal didukung dengan penggunaan teknologi informasi yang tepat akan sangat membantu dalam pembuatan keputusan.

Saat ini sebuah perguruan tinggi harus dapat memberikan layanan yang baik kepada seluruh *stakeholders* seperti kepada mahasiswa, alumni, orang tua mahasiswa, dunia industri, masyarakat dan pemerintah. Salah satu layanan yang dibutuhkan adalah layanan informasi akademik seperti nilai mahasiswa, hasil studi, proses studi, kewajiban pembayaran dan sebagainya. Untuk mendukung pemberian layanan tersebut maka dibutuhkan satu sistem informasi akademik yang handal dan baik.

Universitas Wisnaga adalah universitas yang telah menetapkan sasaran Rencana Strategisnya akan adanya sistem informasi terintegrasi di tingkat universitas yang dituliskan dalam RENSTRA yang menyatakan bahwa:

- a. Terciptanya sistem informasi akademik berbasis media elektronik yang terintegrasi.
- b. Memiliki sistem informasi yang terintegrasi di semua kampus.
- c. Memiliki manajemen sistem informasi yang baik, mulai dari perencanaan, pengelolaan teknologi informasi (*hardware, software* dan *brainware*) serta implementasi dan evaluasi.
- d. Pemanfaatan teknologi informasi untuk pengembangan bidang administrasi, sarana riset, akademik dan pengambilan keputusan.

Sistem Informasi dan Teknologi Informasi telah banyak dimanfaatkan pada semua lini dalam lingkungan Universitas Wisnaga. Sistem Informasi dan Teknologi Informasi digunakan untuk menunjang kegiatan Pembelajaran, kegiatan Penelitian, Pengabdian pada masyarakat dan kegiatan Administrasi untuk semua aspek kegiatan universitas dari akademik, kemahasiswaan, alumni, kerjasama, kepegawaian, keuangan, sumber daya manusia, penelitian, pengabdian masyarakat, pendampingan mahasiswa, pusat bahasa, pusat studi dll. Penggunaan Sistem Informasi dan Teknologi Informasi tersebut adalah :

Kegiatan Pembelajaran :

1. Situs web untuk keperluan pembelajaran : situs E-Learning misalnya
<http://kuliaah.inf.wisnaga.ac.id>,
<http://mtf.inf.wisnaga.ac.id>,
<http://course.fe.wisnaga.ac.id>,
<http://kuliaah.ind.wisnaga.ac.id>

2. Sistem Informasi Akademik (SIA) : Sistem Informasi Akademik pada tiap fakultas yang mengelola kegiatan transaksi akademik Kegiatan Administrasi :

1. Email Server , <http://mail.wisnaga.ac.id> untuk civitas akademik Universitas Wisnaga.
2. Sistem Informasi Pengelolaan Soal Penerimaan Mahasiswa Baru
3. Sistem Informasi Penerimaan Mahasiswa Baru.
4. Sistem Informasi Anggaran dan Akuntansi untuk keperluan pengelolaan cashflow, pencairan dana, laporan pertanggungjawaban serta pembukuan keuangan.
5. Sistem Informasi Billing Telepon.
6. Sistem Informasi Pembayaran Mahasiswa yang *real time* dengan bank-bank satu atap dengan Universitas Wisnaga.
7. Sistem Informasi Keuangan dan Penggajian.
8. Sistem Pendukung Keputusan Academic Budget Guidance System (ABGS)
9. Sistem Informasi Perpustakaan, yaitu NCI-Bookman, CDS-ISIS, Sistem Informasi Pintu Elektronik, Sistem Informasi Denda dan Box Service.
10. Sistem Informasi Manajemen Inventaris.
11. Expert System Penerimaan Dosen Baru.
12. Search Engine di web untuk pencarian peraturan akademik yang ada di Universitas Wisnaga.

Kegiatan Kemahasiswaan, Alumni dan Kerjasama :

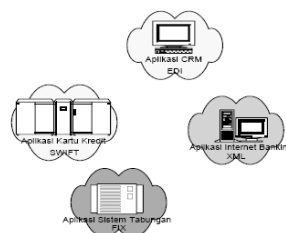
1. Situs web untuk lembaga kemahasiswaan, <http://students.inf.wisnaga.ac.id>
2. Situs alumni untuk berkomunikasi antar alumni, <http://alumni.inf.wisnaga.ac.id>, <http://www.wisnaga.net>, <http://www.kawisnaga.org>.
3. Situs untuk kerjasama baik dengan industri dan lembaga pendidikan, <http://www.wisnaga.ac.id>.

Dari begitu banyak sistem informasi yang ada di Universitas Atma Jaya Yogyakarta sampai saat ini belum terintegrasi secara universitas atau masih bersifat departmental karena masing-masing dibangun pada waktu yang berbeda dan menggunakan platform yang berbeda pula. Banyak transaksi yang mengharuskan keterkaitan transaksi dari satu unit ke unit yang lain tidak dapat diproses dengan baik. Laporan-laporan baik akademik maupun non akademik yang harus dihimpun dari berbagai unit sulit untuk didapatkan secara cepat. Sifat departmental dari sistem informasi ini menyebabkan ketidakakuratan dan ketidakkonsistenan data yang menyebabkan informasi yang dihasilkan baik dalam bentuk laporan maupun data yang digunakan kembali dalam transaksi menjadi tidak valid. Ketidakvalidan data pada akhirnya juga berdampak pada pengambilan keputusan yang diambil pada manajemen puncak.

1. Enterprise Application Integration

Integrasi Sistem Informasi atau pada dunia Teknologi Informasi sering disebut dengan istilah Enterprise Application Integration(EAI). EAI adalah teknologi yang sering digunakan oleh perusahaan berskala menengah dan besar untuk mengintegrasikan aplikasi-aplikasi yang dimiliki. Perusahaan tersebut mempunyai banyak aplikasi karena aplikasi dibangun sesuai dengan kebutuhan perusahaan pada waktu tertentu. Aplikasi tersebut dibangun diatas teknologi yang paling baik pada saat itu sehingga platform yang dipilih bisa berbeda dari satu masa ke masa lain.

Sebagai contohnya, sebuah Bank yang berskala sedang, setidaknya memiliki sebuah aplikasi perangkat lunak untuk bagian CIS(*Customer Information System*), Sistem *Branch Teller*, Sistem *Credit Card*, Sistem *Loan*, Sistem *Giro(Corperate Banking)*, Sistem *Tabungan(Customer Banking)*, *Internet Banking*, *Customer Relationship Manager(CRM)*, *Accounting*, *Procurement* dan *Human Resources*.



Gambar 1. Contoh aplikasi – aplikasi yang dibangun pada sebuah Bank

Kompleksitas akan bertambah jika data dan bisnis proses tersebut diperlukan oleh bagian atau unit yang lainnya. Pertukaran data menjadi pokok persoalan utama saat manajemen ingin mengetahui data-data yang berasal dari masing-masing unit. Manajemen dapat mengambil keputusan berdasarkan data yang riil dan bukan berdasarkan kepada spekulasi semata.

Keberagaman *platform*, *framework*, tipe data, membuat pertukaran data menjadi semakin kompleks. Sehingga data yang sebenarnya sudah dimasukkan oleh masing-masing unit tidak bisa digunakan untuk pelaporan. Ini mengakibatkan data yang dibutuhkan tidak tersedia pada waktunya. Untuk itu, dibutuhkan suatu *interface* yang bisa digunakan untuk mengintegrasikan data-data yang lintas unit tanpa perlu untuk melakukan perubahan radikal atau signifikan pada bisnis proses yang berjalan di masing-masing unit bersangkutan.

Aplikasi *interface* ini mengambil masukkan data dari aplikasi yang sudah ada kemudian menampilkannya kembali di aplikasi yang memintanya dengan *format* yang sesuai. Sehingga

data-data yang sudah dimasukkan di *level* unit bisa digunakan di *level* yang lebih atas dan data tersebut data merepresentasikan proses yang terjadi secara keseluruhan.

Ada beberapa alasan yang membuat sebuah perusahaan perlu mengintegrasikan berbagai aplikasi yang berdiri sendiri ke dalam sebuah sistem yang terpadu, yaitu:

- 1). Adanya sejumlah rangkaian proses di dalam sebuah perusahaan yang melibatkan aliran data dan informasi dari satu entitas bisnis ke entitas bisnis lainnya (lintas sektoral), sehingga seluruh aplikasi yang terkait dengan entitas bisnis tersebut harus dapat bekerja sama.
- 2). Menghindari proses terjadinya aktivitas berulang yang tidak perlu (redudansi), misalnya memasukkan data yang sama ke dalam beberapa aplikasi yang berbeda, karena masing-masing aplikasi tersebut terkait dengan atau membutuhkan data tersebut.
- 3). Mengurangi terjadinya banyak kesalahan akibat tersebarnya berbagai data dan informasi yang sama pada sejumlah sistem berbeda.
- 4). Mereduksi total biaya investasi maupun pemeliharaan berbagai aplikasi yang berbeda.
- 5). Memudahkan proses konsolidasi data dan informasi yang dibutuhkan oleh berbagai pihak di dalam perusahaan.
- 6). Keperluan untuk menerapkan berbagai konsep bisnis terkini, seperti *Supply Chain Management*, *Enterprise Resource Planning*, *Customer Relationship Management*, dan lain sebagainya.

Namun dalam melakukan proses integrasi terhadap aplikasi-aplikasi tersebut, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Biaya yang dikeluarkan tidak terlalu mahal.
2. Tidak memerlukan banyak perubahan pada aplikasi yang telah ada.
3. Dapat menangani kepadatan lalu lintas dengan kehandalan yang tinggi.
4. Fleksibel, sehingga mudah dalam proses manajemen dan rekonfigurasi.

2. Jenis Integrasi

Ada 6 tipe yang dapat digunakan untuk membantu dalam merancang dan mengimplementasikan integrasi (Hoppe,2003), yaitu :

1). Information Portal

Pengguna harus mengakses lebih dari satu sistem yang ada untuk memperoleh informasi yang detail dan valid. Misalnya, memeriksa status pemesanan, seorang *customer service* harus mengakses sistem manajemen pemesanan ditambah dengan *log on* ke dalam sistem untuk mengatur pesanan yang kemudian informasinya akan ditampilkan di Web. *Information Portal* mengumpulkan informasi dari berbagai sumber

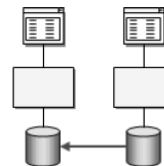
yang kemudian akan ditampilkan dalam satu *form* tersendiri.



Gambar 2. Information Portal

2).Data Replication

Banyak sistem perlu mengakses data yang sama. Misalkan, alamat pelanggan yang digunakan di *customer care system* (ketika pelanggan ingin mengubahnya), *accounting system* (ketika menghitung biaya penjualan), *shipping system* (untuk label pengiriman), *billing system* (untuk mengirim faktur). *Database* sistem tersebut perlu menyimpan informasi yang berhubungan dengan pelanggan. Ketika pelanggan ingin mengubah alamat rumahnya, maka sistem yang membutuhkan data alamat tersebut perlu diubah juga. Hal tersebut dapat diselesaikan dengan menerapkan integrasi sistem dengan replikasi data.



Gambar 3. Data Replication

Banyak cara untuk menerapkan integrasi dengan replikasi data, misalnya:

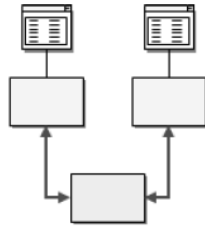
- Berapa vendor *database* membangun fungsi replikasi di *database*,
- Export data menjadi suatu *file* tertentu, kemudian di-*import* lagi ke sistem yang lain,
- Menggunakan *message-oriented*, dengan membawa data yang tersimpan dalam suatu pesan.

3).Shared Business Function

Kebanyakan aplikasi menyimpan data redundan, yang cenderung juga mengimplementasikan fungsionalitas yang redundan. Sistem mungkin perlu memeriksa apakah *security number valid* atau tidak, apakah alamat yang diinputkan sesuai dengan kode pos dan apakah *item* tertentu ada atau tidak. Sehingga mengakibatkan untuk berbagi fungsionalitas yang diimplementasikan sebagai suatu layanan.

Misalkan permasalahan yang dihadapi sama seperti permasalahan pada replikasi data yaitu alamat pelanggan. Sehingga dapat membentuk suatu

fungsionalitas, misalkan “*Get Customer Address*” yang dapat digunakan oleh sistem yang lain dari pada harus menyimpan data yang redundan.

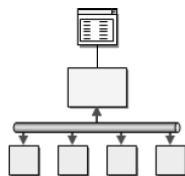


Gambar 4. Shared Business Function

4).Service-Oriented Architecture

Shared business function sering disamakan sebagai suatu layanan atau *service*. Namun, layanan adalah suatu fungsi *well-defined* yang dapat digunakan secara *universal* dan merespon permintaan tergantung dari permintaan pengguna. Misalkan, sebuah perusahaan mengumpulkan sekumpulan layanan yang akan digunakan kemudian mengelola layanan tersebut. Hal apa saja yang akan dilakukan. Pertama, layanan – layanan tersebut disimpan dalam sebuah direktori tertentu, kemudian setiap layanan perlu menggambarkan relasi dengan sistem atau aplikasi.

Sebuah aplikasi dapat dibangun dengan layanan yang sudah ada dari aplikasi yang lain. Oleh karena itu, pemanggilan layanan dibatasi oleh integrasi di antara kedua aplikasi. Selain itu, *Service-Oriented Architecture* biasanya menyediakan *tools* untuk pemanggilan layanan eksternal yang sesederhana dengan pemanggilan fungsi lokal.



Gambar 5. Service-Oriented Architecture

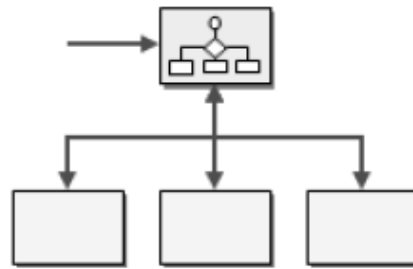
5).Distributed Business Process

Salah satu hal penting dalam proses integrasi adalah transaksi bisnis tunggal yang dibangun, digunakan secara terdistribusi pada sistem yang berbeda. Berdasarkan contoh yang sebelumnya yaitu “*place order*” yang digunakan oleh sistem yang lain, semua fungsi yang relevan dimasukkan ke dalam aplikasi yang ada. Namun terdapat kegagalan dalam koordinasi antar aplikasi, sehingga dapat ditambahkan sebuah komponen manajemen bisnis proses yang mengelola eksekusi fungsi bisnis yang berjalan di sistem yang ada.

6).Business-to-Business Integration

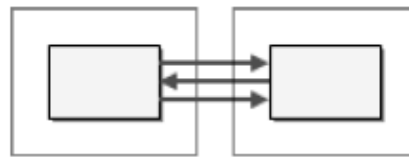
Dalam beberapa kasus, fungsi bisnis mungkin tersedia dari *outside supplier* atau *business partner*. Misalnya, perusahaan perkapalan yang

menyediakan layanan untuk pelanggan untuk menghitung biaya keberangkatan atau jalur pengiriman atau sebuah bisnis yang mungkin menggunakan *provider* dari luar untuk menghitung rata – rata biaya penjualan. Demikian juga, pada integrasi yang sering terjadi antar *business partner*. Pelanggan dapat menghubungi *retailer* untuk mendapatkan informasi mengenai biaya dan ketersediaan barang. Sebagai responnya, *retailer* dapat menanyakan ke *supplier* mengenai status dari pengiriman yang berisi barang diperlukan.



Gambar 6. Distributed Business Process

Pertimbangan tersebut merujuk pada *business-to-business integration*. Jadi, dengan kata lain *business-to-business integration* sering digunakan untuk integrasi dengan aplikasi *partner* bisnis atau aplikasi *supplier* luar.



Gambar 7. Business-to-Business Integration

Dari keenam tipe integrasi tersebut, *Service-Oriented Architecture* merupakan salah satu metode integrasi yang sering digunakan pada perusahaan menengah atau besar. Hal ini dikarenakan oleh beberapa hal yaitu:

- 1). Mendukung klien dan *platform* yang heterogen
- 2). Dapat berjalan diatas *platform* internet
- 3). Mudah pengimplementasiannya
- 4). Murah

II. ANALISIS INTEGRASI SISTEM

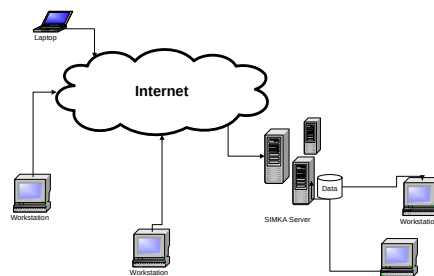
Sistem Informasi merupakan salah satu tuntutan utama pada setiap institusi untuk melakukan transaksi bisnis yang efisien dan efektif. Sistem – Sistem Informasi yang ada di

Universitas Wisnaga belum terintegrasi secara universitas atau masih bersifat departmental. Untuk mengatasi masalah tersebut Integrasi Sistem Informasi menjadi hal yang mutlak harus dilakukan. Penelitian ini akan melakukan analisis dan merancang suatu mekanisme integrasi sistem informasi pada beberapa unit pada Universitas Wisnaga dengan pendekatan arsitektur berbasis *service* (SOA).

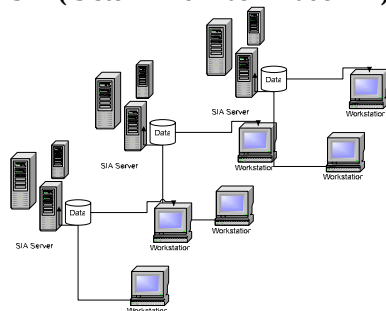
Unit – unit yang akan diintegrasikan adalah Kantor Sumber Daya Manusia, Fakultas, Kantor Penjaminan Mutu. Sistem-sistem yang ada adalah SIA (Sistem Informasi Akademik), SIPEM (Sistem Informasi Penjaminan Mutu), SIPAKAD (Sistem Informasi Pengelolaan Aktivitas Akademik Dosen), dan SIMKA (Sistem Informasi Kepegawaian).

Arsitektur dan Platform Sistem

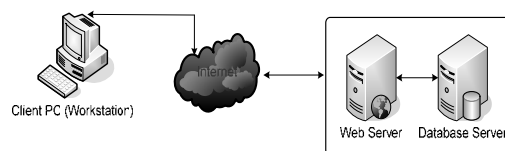
SIMKA (Sistem Informasi Kepegawaian)



Gambar. 8. Arsitektur Diagram SIMKA SIA (Sistem Informasi Akademik)

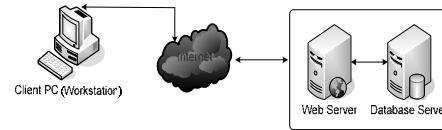


Gambar. 9. Arsitektur Diagram SIA SIPEM (Sistem Informasi Penjaminan Mutu)



Gambar. 10. Arsitektur Diagram SIPEM

SIPAKAD (Sistem Informasi Pengelolaan Aktivitas Dosen)



Gambar. 10. Arsitektur Diagram SIPAKAD

Tabel 1. Platform sistem informasi yang ada

Platform				
Sistem	OS	DBMS	Arsitektur	Language
SIA	Windows	SQL Server 2005	Desktop	C#
SIMKA	Windows	SQL Server 2005	Web, Desktop	ASP, C#
SIPAKAD	Linux	MySQL	Web	Php
SIPEM	Linux	MySQL	Web	Php

Tabel 2. Matriks fungsionalitas sistem informasi

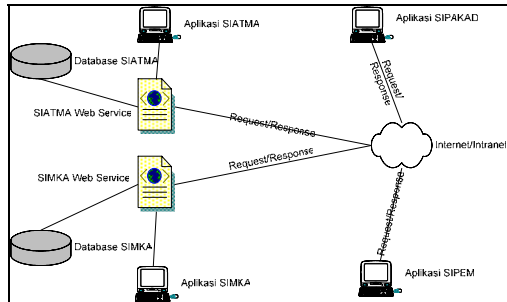
No	Nama fungsionalitas	SIMKA	SIATMA
SIPEM			
1.	Login	-	-
2.	Pengelolaan Kerjasama Prodi	-	-
3.	Pengelolaan Penelitian Lintas Ilmu Prodi	-	-
4.	Pengelolaan Publikasi Penelitian	-	-
5.	Pengelolaan Manajemen Waktu Dosen	-	✓
6.	Pengelolaan Keluhan	-	-
7.	Laporan Prodi/Fakultas	-	✓
8.	User Management	-	-
No	Nama fungsionalitas		

III. PERANCANGAN INTEGRASI SISTEM

Dari hasil penguraian fungsionalitas dari kedua aplikasi tersebut, maka fungsionalitas yang dapat digunakan sebagai suatu layanan adalah:

- SIPEM : Manajemen waktu dosen berupa jumlah bimbingan akademik, jumlah bimbingan TA, waktu bimbingan akademik, waktu bimbingan TA dan *history* pengajaran dosen.
- SIPAKAD : pengajaran dosen, pengajaran dosen pada prodi lain, tugas belajar dosen, *Reporting* pengajaran dosen pada prodi lain, *Reporting* tugas belajar dosen dan jabatan akademik.

Berikut adalah hasil rancangan arsitektur integrasi sistem informasi dengan SOA (Service-Oriented Architecture):



Gambar 11. Rancangan Arsitektur Integrasi Sistem Informasi-ISIUAJY

IV. PENGKODEAN INTEGRASI SISTEM

Integrasi sistem informasi ini digunakan untuk pertukaran data melalui sebuah layanan pada aplikasi SIPEM, SIPAKAD, SIATMA dan SIMKA. Integrasi ini dikembangkan dengan melakukan pendekatan SOA (*Service-Oriented Architecture*). Dalam hal ini, SIMKA dan SIATMA adalah penyedia layanan dan SIPEM dan SIPAKAD adalah pengguna layanan. Pengkodean dibuat menggunakan platform .NET dengan menggunakan bahasa pemrograman C#.NET sebagai penyedia layanan dan PHP PRADO sebagai pengguna layanan, serta menggunakan SQL Server 2005 sebagai DBMS (*Database Management System*). Hasil pengkodean akan ditabelkan dalam tabel hasil pengkodean dibawah ini:

Tabel 3. Daftar Kode Integrasi Sistem Informasi

No	Nama	type	ukuran	update	Keterangan
1.	SIATMA	*.cs	162	11/9/2008	Fungsi-fungsi Web Service SIATMA
2.	SIATMAStub	*.cs	27	11/9/2008	Stub Web Service SIATMA(berupa class-class SIATMA)
3.	SIMKA	*.cs	83	11/9/2008	Fungsi-fungsi Web Service
4.	SIMKAStub	*.cs	24	11/9/2008	Stub Web Service SIMKA(berupa class-class SIMKA)
5.	SIATMA	*.xsd	12	11/9/2008	XSD SIATMA
6.	SIMKA	*.xsd	15	11/9/2008	XSD SIMKA
7.	SIATMAClient	*.php	18	11/9/2008	Client SIATMA
8.	SIMKAClient	*.php	10	11/9/2008	Client SIMKA
9.	wsdlClient	*.php	1	11/9/2008	Wsdl Client

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik pada penelitian ini adalah :

1. Integrasi Sistem Informasi pada Universitas Wisnaga dapat dilakukan dengan menggunakan Service Oriented Architecture (SOA)

2. Integrasi Sistem Informasi mampu menghilangkan redundansi data, yang pada akhirnya menjamin validitas data
3. Service Oriented Architecture merupakan pendekatan integrasi sistem informasi yang menyediakan suatu layanan dalam bentuk Web Service yang memungkinkan komunikasi antar aplikasi, yang dalam hal ini cocok dengan kondisi Universitas Wisnaga
4. Mekanisme perancangan Integrasi Sistem Informasi harus dilakukan dengan memperhatikan fungsionalitas aplikasi yang menggunakan data bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- Amboro, L. Tono, 2008, *Pembangunan Sistem Informasi Pengelolaan Aktivitas Dosen*, Tugas Akhir pada program studi Teknik Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Bagus, I., dan Sudewa, A., 2003, *Mengenal Enterprise Application Integration*, <http://www.ilmukomputer.com>
- Brooks, M., 2004, *Service Oriented Architecture and Grid Computing*, The MITRE Corporation
- Budiarto, Y. Harry, 2008, *Pembangunan Sistem Informasi Penjaminan Mutu*, Tugas Akhir pada program studi Teknik Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Endre, M. I., Ang, J., Arsanjani, A., Chua, S., Comte, P., et al, 2004, *Pattern : Service Oriented Architecture and Web Service*, International Business Corporation 2004.
- Erl, T., 2005, *Service-Oriented Architecture : Concepts, Technology, and Design*, Prentice Hall, New York
- Hery, 2008, *Analisis dan Implementasi Integrasi Sistem Informasi Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan Service Oriented Architecture*, Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Hoppe, G., 2005, *Developing Software in a Service Oriented World*, ThoughtWorks, Inc.
- Hoppe, G., dan Woolf, B., 2003, *Enterprise Integration Patterns Designing, Building, and Deploying Messaging Solutions*.
- Hoppe, G., dan Istvanick, W., 2002, *Test Driven Development in Enterprise Integration Projects*, ThoughtWorks, Inc.
- Qusay, H. Mahmoud, 2005, *Service-Oriented Architecture (SOA) and Web Services: The Road to Enterprise Application Integration (EAI)*, ThoughtWorks, Inc.
- Wisnubroto, S. Pratowo, 2008, *Pembangunan Sistem Informasi Kepegawaian Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Sistem Informasi Distribusi Listrik pada PLN APJ Depok Berbasis SMS

Paskah Manurung¹⁾, Ionia Veritawati²⁾

¹⁾ *Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Pancasila / Staf PLN Depok*

Jl. Srengseng Sawah Jagakarsa-Jakarta Selatan

Telp : (021)7864730 ext 112, fax : (021) 7280128

²⁾ *Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Pancasila*

Jl. Srengseng Sawah Jagakarsa-Jakarta Selatan

Telp : (021)7864730 ext 112, fax : (021) 7280128

E-mail: paskah.parlindungan@pln.co.id, ioniaver11@gmail.com

Abstrak -- Aktivitas Bidang Distribusi pada PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) mencakup pengendalian distribusi tenaga listrik dari gardu induk sampai ke pelanggan melalui kabel listrik. Data aset yang dikelola cukup banyak sehingga tidak terkendali dengan baik. Data penambahan aset yang terlalu cepat meningkat tidak diiringi jumlah pegawai yang merekap data ke dalam *file* akibatnya data menumpuk dan sulit dicari. Data aset misalnya berupa data kabel, tiang, trafo, penyulang, kubikel, *recloser*, laporan beban, gangguan, jadwal piket, dan lain-lain. Selain itu, penginformasian jadwal piket pegawai yang diadakan untuk mengontrol keandalan pasokan listrik sepanjang hari 24 jam terkendala karena kesulitan menjumpai pegawai yang bersangkutan terhubung sering tugas ke lapangan maupun ke luar daerah. Permasalahan yang terjadi di Bidang Distribusi tadi diselesaikan dengan membuat suatu sistem yang akan mendata dan menyimpan data distribusi ke dalam *database* serta dapat mengkonfirmasi jadwal piket kepada pegawai yang bersangkutan. Sistem yang dibangun bernama “Sistem Informasi Distribusi Listrik pada PLN APJ Depok Berbasis SMS”. Sistem ini dapat menyimpan data aset distribusi, data gangguan dan penanganannya, informasi jadwal piket, melakukan otomatisasi pelaporan data harian, otomatisasi notifikasi piket gangguan distribusi melalui SMS dan pelaporan rekap gangguan distribusi serta beban puncak. Pegawai dipermudah dalam mengetahui informasi mengenai data gangguan dan beban puncak sebelumnya, serta jadwal piket hari kapanpun dengan adanya fitur *SMS auto respon*. Dengan sistem informasi yang dibangun ini pegawai Bidang Distribusi menjadi lebih mudah dalam mencari data, melaporkan kegiatan distribusi secara online ke Kantor Induk PLN Distribusi Jawa Barat & Banten (PLN DBB). Selain itu lebih mudah dalam pengelolaan jadwal piket, gangguan, beban distribusi, penanganan gangguan melalui SMS.

Kata Kunci : Sistem Informasi Distribusi Listrik, SMS auto respon

I. PENDAHULUAN

PT Perusahaan Listrik Negara Area Pelayanan Jaringan Depok (PT PLN APJ Depok) adalah bagian dari PT PLN Distribusi Jawa Barat & Banten (PLN DJBB) yang memiliki 15 Area Pelayanan Jaringan (APJ). Bagian Distribusi merupakan salah satu bidang kerja di PT PLN APJ Depok yang menjaga kehandalan penyaluran tenaga listrik. Bagian Distribusi wajib mengetahui sumber penyebab dan cara penormalan gangguan dengan berdasar pada beban peralatan.

Pasokan tenaga listrik dijaga selama 24 jam dengan mengadakan jadwal piket bagi pegawai PLN. Petugas piket memonitor dan mengontrol semua Gardu Induk menggunakan komunikasi radio, dengan tujuan jika terjadi gangguan / pemadaman di Gardu Induk akan lebih cepat diinformasikan dan dinormalkan oleh petugas yang ada di sana. Setiap jam para petugas yang ada di ruangan piket harus mencatat beban trafo gardu induk, beban kubikel, gangguan distribusi.

II. PERMASALAHAN

Beberapa permasalahan lain yang terjadi di Bagian Distribusi, yaitu:

- Pencatatan data gangguan dan beban gardu induk masih ditulis tangan dan kemudian diinput ke dalam *file*, proses pencatatan menjadi dua kalinya.
- Rekap data beban, gangguan jaringan distribusi, data piket banyak yang menumpuk karena tidak diinput langsung ke dalam sistem ketika bertugas piket. *File* yang dibuat untuk pelaporan berbeda-beda setiap bulan dan menyulitkan pembuatan laporan yang akan dikirimkan ke manajemen
- Terdapat arsip data gangguan dan beban yang ditulis tangan tidak ditemukan / hilang
- Informasi jadwal piket distribusi diberikan di awal bulan dalam sehelai kertas. Informasi jadwal piket setiap harinya tidak dikonfirmasi, sehingga pegawai terkadang lupa oleh kesibukan kerjanya.
- Tidak adanya petugas piket yang khusus mengirimkan laporan harian kepada manajemen, sehingga pelaporan dan informasi kadang-kadang tidak dikirimkan

- Manajemen atau pegawai lain yang sedang berada di luar kantor tidak bisa mengetahui informasi distribusi saat ini, kecuali dengan cara menelepon ke kantor

III. METODOLOGI

Pengembangan Sistem dengan melakukan perencanaan, survei, analisis, perancangan, implementasi, testing dan dokumentasi.

Analisis dan perancangan sistem dilakukan dengan pendekatan terstruktur dilengkapi beberapa alat pendukung untuk analisis dan perancangan sistem, yaitu Diagram Konteks, DFD (*Data Flow Diagram*) dan ERD (*Entity Relationship Diagram*).

Sistem yang dirancang, diimplementasikan dalam bentuk kode program dan penggunaan teknologi SMS. (*Short Messaging Service*).

3.1. Sistem Informasi

Informasi adalah data yang telah diolah menjadi bentuk yang lebih berarti bagi penerimanya dan bermanfaat dalam mengambil keputusan saat ini atau mendatang^[5].

Sistem informasi adalah suatu sistem di dalam suatu organisasi yang mempertemukan kebutuhan pengolahan transaksi harian, mendukung operasi, bersifat manajerial, kegiatan strategi dari suatu organisasi, dan menyediakan pihak luar tertentu dengan laporan-laporan yang diperlukan^[7].

3.2. Sistem Informasi Distribusi Listrik

Distribusi Listrik adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit ke instalasi konsumen melalui jaringan kabel.

Bagian Distribusi adalah bidang pekerjaan di APJ Depok yang menjaga penyaluran tenaga listrik agar tetap handal yang meliputi pemantauan dan pengontrolan peralatan sistem jaringan listrik bertegangan 20.000 Volt sampai dengan peralatan listrik bertegangan 220 Volt yang tersebar di lapangan. Pemantauan beban diperlukan untuk mempermudah pengambilan keputusan dalam penormalan sistem distribusi. Pengontrolan peralatan distribusi dilakukan selama 24 jam dengan cara membuat jadwal petugas piket.

Sistem Informasi Distribusi Listrik merupakan kumpulan elemen yang terintegrasi satu sama lain untuk menghasilkan informasi serta menghasilkan laporan yang dibutuhkan pegawai mengenai peralatan, gangguan tenaga listrik dan pencatatan beban peralatan distribusi.

3.3. Gardu Induk

Gardu Induk merupakan tempat beradanya trafo bertegangan 500.000 Volt, 150.000 volt, 70.000 Volt, 20.000 Volt, penyalang dan pusat pengontrol beban listrik. Di dalam Gardu Induk terdapat semua peralatan kendali untuk mengontrol semua aliran listrik dari pembangkit ke konsumen.

3.4. Penyalang

Penyalang merupakan panel tegangan 20.000 Volt yang berfungsi untuk mengamankan Trafo di Gardu Induk dari serangan gangguan lapangan. Contoh jika terjadi korsleting listrik di tegangan 20.000 volt, maka penyalang akan bekerja otomatis OFF memutuskan aliran listrik dari Gardu Induk ke arah konsumen. Penyalang akan kembali ON, dilakukan oleh petugas UPJ tentunya setelah gangguan diamankan terlebih dahulu.

3.5. Relay

Relay merupakan suatu alat pengendali penyalang untuk memerintahkan penyalang mengamankan peralatan dari gangguan lapangan serta dapat menampilkan indikator penyebab terjadinya gangguan di jaringan kabel. Informasi yang ditampilkan berupa kode gangguan dan beban terakhir sebelum penyalang trip / padam. Indikator dari relay yang menyebabkan penyalang trip/off di Gardu Induk.

3.6. SMS (Short Messaging Service)

SMS adalah salah satu layanan pesan singkat dari operator telekomunikasi sebagai pengganti layanan suara bagi pengguna telepon seluler untuk dapat saling bertukar informasi antar pengguna di manapun berada.

IV. ANALISIS SISTEM SEDANG BERJALAN

PT PLN APJ Depok memiliki total pelanggan 475.784 dan tersebar di 5 Unit Pelayanan Jaringan (UPJ), yaitu : Depok Kota, Cibinong, Cimanggis, Sawangan, Bojong Gede. APJ Depok juga memiliki 4 Kantor Pelayanan (KP), yaitu: Beji, Limo, Parung, Gunung Sindur. PT PLN APJ Depok dipimpin seorang Manajer APJ dan didampingi oleh 6 Asisten Manajer.

Bagian Distribusi PT PLN DJBB menerapkan sistem piket distribusi untuk mengontrol dan memantau jaringan listrik pada waktu jam kerja dan di luar jam kerja, dengan peralatan komunikasi yang lengkap seperti telpon, JWOT, radio HT. Petugas piket terdiri dari : Pimpinan, Pengawas, *Dispatcher*, *Operator* dimana masing-masing berjumlah 1 orang.

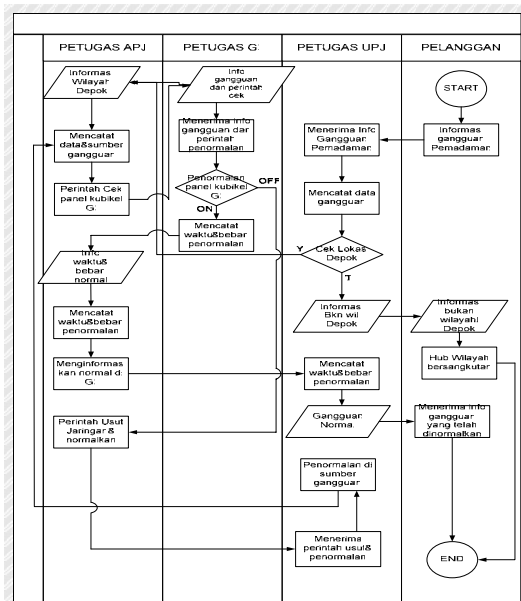
4.1. Workflow Sistem yang Sedang Berjalan

Workflow yang diamati ada dua, yaitu *Workflow* pengelolaan gangguan sekaligus pengelolaan keluhan pelanggan dan *Workflow* Pengelolaan Jadwal Piket.

Gambar 1 adalah *Flow Chart* pengelolaan gangguan sekaligus pengelolaan keluhan pelanggan yang berjalan saat ini.

Pengelolaan Gangguan dan Keluhan Pelanggan dimulai dari informasi gangguan distribusi dari pelanggan/pegawai bahwa terjadi pemadaman di daerahnya, yang ditujukan ke petugas UPJ. Sebelum mengecek lapangan, petugas menanyakan lokasi pemadaman apakah masih wilayah Depok, jika bukan, maka pelanggan akan diarahkan untuk menghubungi kantor pelayanan terdekat di wilayahnya dan segera memantau lokasi untuk melakukan perbaikan.

Pemadaman ataupun gangguan yang berada di wilayah Depok akan dicatat oleh petugas UPJ. Jika gangguan tidak bisa langsung diperbaiki, informasi diteruskan kepada petugas piket APJ untuk ditanggulangi dengan dilakukan pemadaman sementara.



Gambar 1 Workflow Pengelolaan Gangguan dan Keluhan Pelanggan

Petugas piket APJ mencatat data detail gangguan kemudian menanyakan posisi panel penyulang di GI, jika posisi OFF tidak perlu mengubah panel, namun jika posisi ON, dimintakan untuk di-OFF kan sehubungan akan dilakukan penormalan gangguan. petugas GI mencatat waktu pengubahan posisi panel dan wajib dilaporkan ke petugas piket APJ. Setelah posisi panel OFF, petugas GI menginformasikan kembali ke petugas piket APJ. Selanjutnya petugas piket APJ menginformasikan ke petugas UPJ bahwa jaringan kabel aman dari tegangan listrik dan dapat dilakukan pekerjaan penormalan.

Setelah proses penormalan selesai, petugas UPJ wajib menginformasikan waktu kepada petugas piket APJ untuk dicatat dan dilakukan penormalan panel (ON) penyulang yang padam sementara. Petugas GI akan menormalkan panel ke posisi ON. Waktu penormalan (ON) akan diteruskan ke pelanggan bahwa gangguan telah normal.

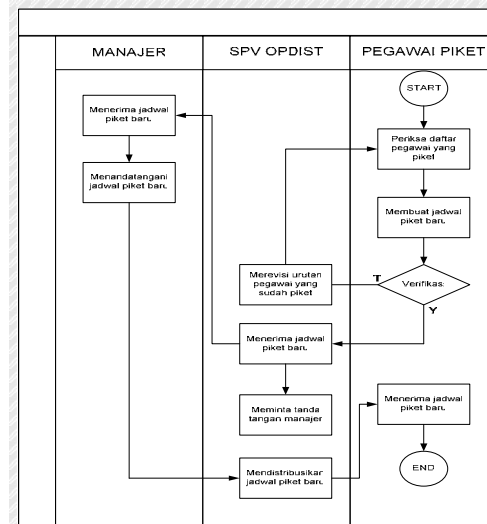
Penanganan gangguan direkap berupa beban, sumber dan penyebab gangguan. Catatan tersebut dimasukkan ke dalam *file* Ms-Excel. Pelaporan beban tertinggi harian juga perlu direkap untuk dikirimkan manajemen melalui SMS oleh petugas piket APJ.

Proses penanganan gangguan harus mengikuti prosedur yang ditetapkan oleh PT PLN DJBB. Informasi gangguan bisa bersumber dari pegawai, petugas GI (Gardu Induk) maupun dari pelanggan.

Workflow penjadwalan piket dimulai dengan memeriksa daftar pegawai yang telah piket di bulan

sebelumnya agar tidak bentrok dengan jadwal yang baru (Gambar 2).

Pembuatan jadwal baru yang baru dibuat perlu diverifikasi kembali oleh pegawai sebelum masuk ke Supervisor Opdist (Operasi Distribusi) dan Manajer. Jadwal yang masih salah urutan akan direvisi oleh Supervisor, sebaliknya jika benar akan dimasukkan ke ruangan manajer untuk ditandatangani dan disebarakan kepada seluruh pegawai yang bertugas piket.



Gambar 2 Workflow Pengelolaan Jadwal Piket

4.2. Analisis Kebutuhan dan Solusi Permasalahan

Sistem yang berjalan menggunakan *Personal Computer* (PC) dengan terkoneksi ke Modem GSM dan *Local Area Network* (LAN). Bagian Distribusi PT PLN APJ Depok juga dilengkapi dengan email korporasi untuk pengiriman informasi di dalam maupun ke luar perusahaan.

Analisis Kebutuhan pada Distribusi Listrik di PT PLN APJ Depok adalah :

- Pengelolaan gangguan listrik
 - pencatatan data gangguan
 - penginformasian gangguan secara cepat kepada pegawai, manajer maupun pelanggan
 - pengiriman sms penanganan gangguan dianjurkan ke nomor GSM berhubung no CDMA lambat menerima sms
- Pengelolaan piket pegawai
 - jadwal piket petugas
 - pengaksesan pegawai yang bertugas piket
- Pengelolaan keluhan pelanggan listrik
 - pembuatan fasilitas terima sms, balas / kirim sms, autoreply sms terhadap keluhan pelanggan yang masuk
 - pencatatan daftar keluhan pelanggan dan waktu penormalan
- Pengelolaan data petugas / pegawai

Untuk mengatasi masalah ada, dengan memenuhi kebutuhan sistem, maka dikembangkan Sistem Informasi Distribusi Listrik pada PLN APJ Depok

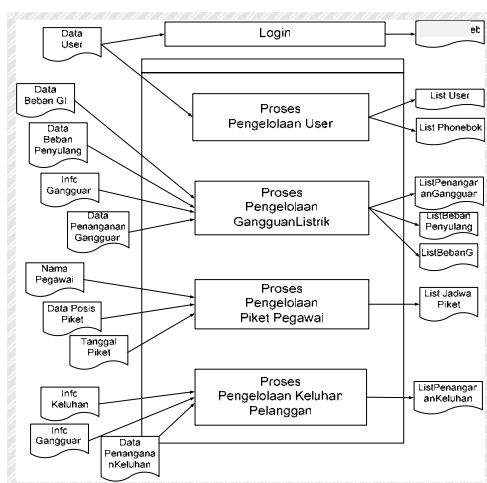
Berbasis SMS. Sistem ini merupakan *software* berbasis web yang dapat :

- mengelola data beban trafo per bulan
- memberi informasi jadwal piket petugas
- mengelola gangguan per bulan
- menginformasikan keluhan pelanggan
- menerima SMS yang dibalas secara otomatis sesuai format yang telah ditetapkan dalam sistem.
- mengirimkan SMS secara otomatis atau berkala dalam hal mengingatkan jadwal piket, mengirimkan laporan harian ataupun rekap laporan bulanan bagian distribusi.
- mengirimkan laporan distribusi

Berikut penjabaran mengenai Arsiterktur Pelangkat Lunak, Diagram Konteks, Data Flow Diagram, diagram hubungan entitas dan diagram relasi antar tabel darisistem informasi yang dikembangkan.

4.3. Arsitektur Perangkat Lunak

Gambar 3 adalah Arsitektur Perangkat Lunak Sistem yang dibangun.

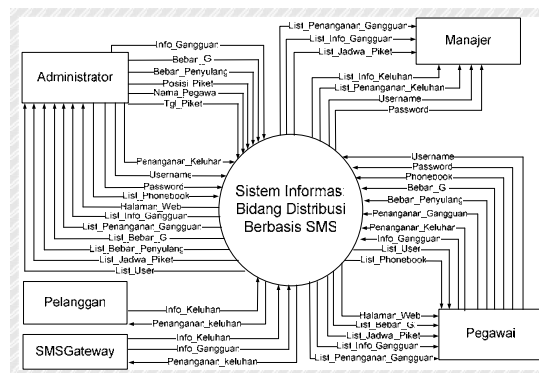


Gambar 3 Diagram Arsitektur Perangkat Lunak

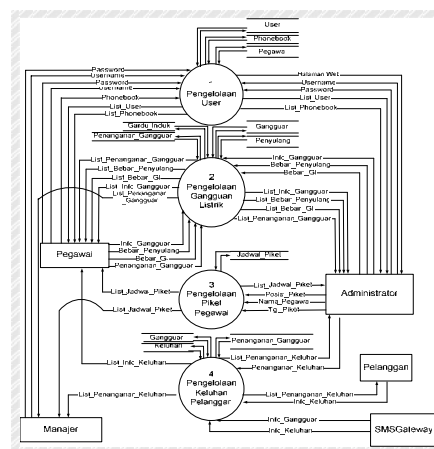
4.4. Pemodelan Sistem

Diagram Konteks (Gambar 4) dari proses Sistem Informasi Distribusi pada PLN Depok Berbasis SMS terdiri dari tiga entitas, yaitu Administrator, Pegawai, Pelanggan, Manajer. Administrator dan pegawai dapat memberikan input dan mengelola data pada sistem yang kemudian akan menghasilkan *output* seperti laporan. Pelanggan dapat memasukkan input info gangguan dan menampilkan informasi penormalan gangguan. Manajer dapat menampilkan informasi jadwal piket, informasi gangguan, informasi penormalan dan jadwal piket pegawai.

Gambar 5 merupakan *Data Flow Diagram* Level 1 yang menggambarkan proses dan aliran data pada Sistem Informasi. Terdapat empat proses utama yaitu: pengelolaan user, pengolahan gangguan listrik, pengelolaan piket pegawai dan pengolahan keluhan pelanggan.



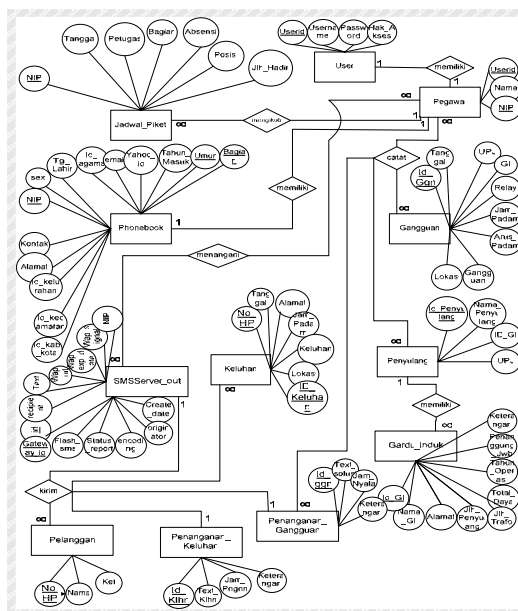
Gambar 4 Diagram Konteks Sistem Informasi Distribusi Listrik Berbasis SMS



Gambar 5 DFD Level 1

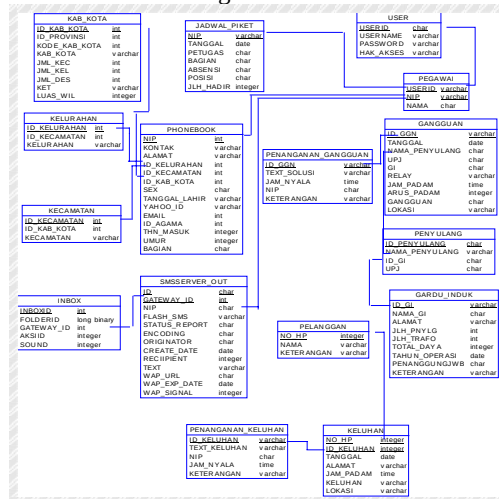
4.5. Perancangan Basis Data

Gambar 6 adalah ERD Sistem Informasi Distribusi Listrik yang dibangun.



Gambar 6 ERD SI Distribusi Listrik Berbasis SMS

Gambar 7 adalah diagram relasi antar tabel:



Gambar 7 Relasi Antar Tabel SI Distribusi Listrik Berbasis SMS

Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Hardware yang dibutuhkan agar sistem berjalan dengan baik adalah *Processor* Pentium IV, *Hard Disk* 40GB dan *Memory* 512 MB.

Software digunakan untuk pengembangan sistem adalah **XAMPP 1.7.2**, *Java Runtime* **jre-6u16-windows-i586.exe**, dengan *Sistem operasi* **Windows XP Professional**. *Database* yang digunakan **MySQL 5.1.3**.

Peralatan yang digunakan adalah *Handphone* Nokia E71 untuk mengirimkan dan menerima SMS.

V. IMPLEMENTASI PROSES

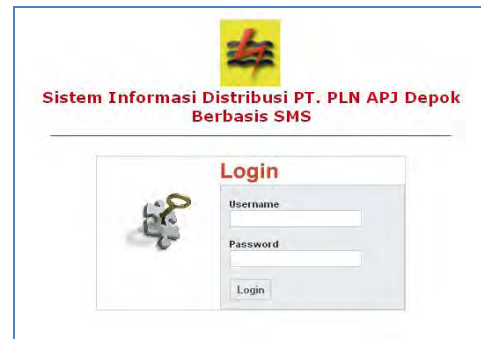
Implementasi Sistem Informasi Distribusi PT PLN APJ Depok Berbasis SMS dimulai dari menginput data gangguan, penanganan gangguan, beban, penyulang, gardu induk, menerima SMS (gambar 8). Setelah data dimasukkan ke dalam sistem, maka pelanggan yang ingin bertanya mengenai gangguan maupun keluhan akan dibalas sesuai dengan data tindakan penanganan yang ada.



Gambar 8 Implementasi Proses

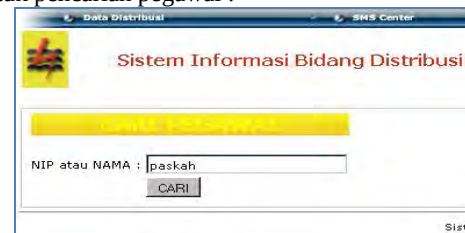
5.1. Implementasi Input

Gambar 9 adalah tampilan implementasi *input* login dalam Sistem Informasi Bidang Distribusi pada PLN APJ Depok.



Gambar 9 Implementasi Input Login

Gambar 10 adalah implementasi *input* untuk menu untuk pencarian pegawai :



Gambar 10 Implementasi Input Cari Pegawai

Gambar 11 adalah implementasi *input* untuk kirim SMS :



Gambar 11 Implementasi Input Kirim SMS

5.2. Implementasi Output

Gambar 12 adalah tampilan *output* dari menu *login*, yang sekaligus menampilkan *inbox* SMS :



Gambar 12 Implementasi Output Login / Inbox

Gambar 13 adalah tampilan *output* dari menu pencarian pegawai:



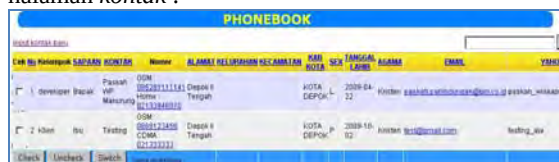
Gambar 13 Implementasi Output Pencarian Pegawai

Gambar 14 adalah tampilan implementasi *output* dari menu *autorespon* :



Gambar 14 Implementasi *Output Autorespon*

Gambar 15 adalah tampilan implementasi *output* dari halaman *kontak* :



Gambar 15 Implementasi *Output Kontak*

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Sistem Informasi Distribusi Listrik pada PT PLN APJ Depok dapat memberikan beberapa manfaat dalam meningkatkan efisiensi dan efektifitas kerja di PLN Depok, yaitu:

- Dapat menampilkan data beban trafo dan penyulang gardu induk, data gangguan distribusi dan keluhan pelanggan disertai cara penormalannya
- Menampilkan informasi jadwal piket serta notifikasinya menggunakan sms.
- mampu menampilkan data distribusi dari komputer manapun yang terhubung ke jaringan PLN, dengan demikian manajemen dapat memantau dengan cepat perkembangan gangguan, keluhan pelanggan maupun beban peralatan distribusi.
- Mengelola data user dan SMS
- Penyampaian informasi jadwal piket dan informasi distribusi dapat dikirimkan secara khusus kepada manajemen ataupun pegawai melalui fasilitas kirim SMS yang ada di dalam sistem informasi.
- Mereply / merespon perintah SMS secara otomatis

6.2. Saran

Saran untuk membantu sistem di atas dapat bekerja di lingkungan PLN APJ Depok:

- Penanganan penerimaan SMS dilakukan terdistribusi, berdasarkan kode pelanggan listrik daerah Depok.
- Mem-publish sistem informasi ke internet agar dapat diakses lebih luas oleh pegawai, manajemen, juga oleh pelanggan yang dapat melaporkan gangguan ataupun ingin mengetahui informasi gangguan beserta penormalannya.
- Disarankan pengiriman SMS hanya ke nomor GSM dikarenakan jaringan CDMA lambat menerima sms balasan dari Gateway Sistem Distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____, Sejarah PT. PLN (Persero), <http://www.pln.co.id>, diakses pada tanggal 01 Desember 2009
- [2] _____, Sejarah PT. PLN (Persero) Distribusi Jabar & Banten, www.pln-jabar.co.id, diakses pada tanggal 01 Desember 2009
- [3] Surat Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi No: 2769/04/600.1/2002
- [4] Dokumen ISO 9001:2000 Tahun 2009
- [5] Jogiyo H.M. : "Analisis & Disain Sistem Informasi: pendekatan terstruktur teori dan praktek aplikasi bisnis", Penerbit ANDI Yogyakarta, second edition, 2001, ISBN 979-533-661-4
- [6] Jogiyo HM, MBA, Akt., Ph.D., "Sistem Teknologi Informasi", Penerbit ANDI Yogyakarta, 2003, ISBN 979-533-907-9
- [7] <http://home.unpar.ac.id/~gkarya/si/si12.doc>, diakses pada tanggal 22 Oktober 2009
- [8] Pressman R.S. : "Software Engineering A Practitioner's Approach", fourth edition, 1997, ISBN 0-07-0521282-4.
- [9] *Data Flow Diagram dan Entity Relationship Diagram*, http://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_informasi, diakses pada tanggal 10 Desember 2009
- [10] _____, Desain dan Pembuatan Web Dinamis, www.joomla.org, diakses pada tanggal 18 Desember 2009
- [11] _____, *Flowchart Algoritma dan Pemrograman Sistem Informasi*, <http://www.kuliah-informatika.com/2009/06/algoritma-dan-pemrograman-flowchart.html>, diakses pada tanggal 07 Januari 2010
- [12] Indri Andayani, Mendesain *Entity Relationship Diagram*, <http://iaprima.staff.gunadarma.ac.id>, diakses pada tanggal 07 Januari 2010
- [13] _____, *SMS Gateway*, www.smslib.org, diakses pada tanggal 08 Januari 2010

Analisa Tingkat Kepuasan Mahasiswa terhadap Penggunaan E-Learning di Universitas XYZ

Ratna Mutu Manikam¹, Arief Suwandi²

Program studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer¹

Program studi Teknik Industri Fakultas Teknik²

Universitas Mercu Buana

e-mail: ratna@mercubuana.ac.id¹, ariefsuwandi@gmail.com²

Abstrak---Telah dilakukan penelitian dalam penggunaa e-learning di Universitas XYZ, agar diperoleh seberapa besar tingkat kepuasan mahasiswa terhadap penggunaan e-learning dengan menggunakan 5 faktor alat ukur yang dinilai yaitu kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati dan bukti langsung. Dan sampelnya adalah mahasiswa sebagai peserta dalam perkuliahan e-learning. Obyek yang diteliti adalah fasilitas e-learning XYZ. dengan melakukan penyebaran kuesioner menggunakan layanan interaktif berbasis web. Dan metode analisisnya menggunakan model regresi linier berganda. Hasil penelitian yang diperoleh didapatkan hanya dua faktor yang menunjukkan signifikan terhadap kepuasan penggunaan e-learning dengan tingkat signifikansi yang cukup tinggi yaitu faktor jaminan dan kehandalan. Sedangkan faktor yang lain yaitu daya tanggap, empati dan bukti langsung belum menunjukkan tingkat kepuasan dalam penggunaan e-learning. Hal ini berarti perlu adanya perhatian khusus terhadap 3 faktor tersebut dalam penyelenggaraan e-learning.

Kata kunci: kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, bukti langsung, regresi linier berganda

I. LATAR BELAKANG

Salah satu ciri dari pembelajaran jarak jauh adalah terpisahnya secara fisik antara dosen dan mahasiswa sehingga diperlukan alat bantu ajar melalui teknologi informasi tersebut. Untuk teknologi pendidikan yang berbasis web atau *web base learning* bisa menggunakan alat bantu ajar yang disebut dengan *course tool*. Software yang digunakan *e-learning* XYZ adalah Moodle.

Permasalahannya yang muncul kemudian dalam tahapan implementasi di lingkungan XYZ adalah adanya beberapa matakuliah yang diterapkan dalam *e-learning* yang tidak dapat dilakukan dengan cara perkuliahan *e-learning*, sehingga kurang puasnya pemahaman terhadap matakuliah yang e-learningkan dan berakibat pemahaman terhadap perkuliahan tersebut menjadi

rendah. Selain itu, rendahnya partisipasi dosen maupun mahasiswa yang memanfaatkan layanan ini terutama dalam layanan forum dan quiz

II. PERUMUSAN MASALAH

Untuk memperjelas masalah yang akan diteliti, maka masalah tersebut dirumuskan sebagai berikut:

1. Seberapa besar tingkat kepuasan mahasiswa terhadap penggunaan *e-learning* di Universitas XYZ.
2. Bagaimana meningkatkan kualitas dan kinerja aplikasi *e-learning* yang telah diterapkan di Universitas XYZ.
3. Bagaimana melakukan evaluasi tentang kepuasan pengguna *e-learning* berdasarkan data yang diambil melalui kuesioner

III. TUJUAN PENULISAN

1. Untuk menganalisa aplikasi *e-learning* di Universitas XYZ sehingga dapat mengetahui tingkat kepuasan mahasiswa terhadap penggunaan aplikasi *e-learning* dan dapat meningkatkan efektifitas pembelajaran mahasiswa dan dosen dalam kegiatan belajar mengajar
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh kualitas pengajaran dalam kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, dan bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa menggunakan metode *e-learning*.
3. Untuk mengetahui kualitas pelayanan mana yang paling mempengaruhi kepuasan mahasiswa menggunakan metode *e-learning*

IV. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat enam variabel yang akan diukur. Untuk menjelaskan variabel maka perlu definisi operasional dari masing-masing variabel sebagai upaya pemahaman dalam penelitian.

1. Kepuasan mahasiswa (Y) adalah suatu penilaian yang diberikan oleh mahasiswa setelah perkuliahan *e-learning*. Indikatornya adalah mahasiswa yang kuliah *e-learning* secara berulang,

2. Kehandalan/*reliability* (X_1) adalah kemampuan memberikan pelayanan sesuai dengan yang dijanjikan dan dapat diandalkan. Indikatornya adalah pemenuhan janji, penyelesaian masalah dan sikap karyawan *e-learning*.
3. Daya tanggap/*responsiveness* (X_2) adalah kesediaan dan kesiapan petugas *e-learning* untuk membantu mahasiswa dan memberikan layanan dengan tanggap. Indikatornya adalah mengutamakan kepentingan mahasiswa dan tanggap atas keluhan.
4. Jaminan/*assurance* (X_3) yaitu dapat dipercaya, bebas dari keragu-raguan. Indikatornya adalah menimbulkan kepercayaan dan keyakinan mahasiswa terhadap *e-learning* serta keamanan dalam mengakses *e-learning*.
5. Empati/*empathy* (X_4) yaitu meliputi hubungan, komunikasi, perhatian pribadi dan memahami kebutuhan mahasiswa. Indikatornya adalah perhatian kepada mahasiswa, merespons kebutuhan mahasiswa serta komunikasi.
6. Bukti langsung/*tangibles* (X_5) adalah meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, penampilan. Indikatornya adalah fasilitas secara visual, bahan pustaka yang dimiliki, profesionalisme karyawan, teknologi dan peralatan.

V. MODEL ANALISIS DATA

Model analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi linier berganda yaitu untuk mengetahui dimensi kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, dan bukti langsung berpengaruh secara serempak maupun parsial terhadap kepuasan mahasiswa.

Model regresi linier berganda dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + e$$

Keterangan :

Y	=	kepuasan mahasiswa
β_0	=	<i>intercept</i> Y
β_1	=	koefisien variabel x_1
β_2	=	koefisien variabel x_2
β_3	=	koefisien variabel x_3
β_4	=	koefisien variabel x_4
β_5	=	koefisien variabel x_5
x_1	=	kehandalan
x_2	=	daya tanggap
x_3	=	jaminan
x_4	=	empati
x_5	=	bukti langsung
e	=	epsilon atau variabel tidak terungkap

Untuk mengetahui pengaruh dimensi kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, dan bukti langsung

terhadap kepuasan mahasiswa dilakukan uji serempak dan uji parsial dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

Pengujian secara serempak dilakukan dengan uji-F, hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$ (tidak terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, dan bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

$H_a: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 \neq 0$ (terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

Pengujian secara parsial dilakukan dengan uji-t, hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0: \beta_i = 0$ (tidak terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

$H_a: \beta_i \neq 0$ (terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, dan bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

Untuk perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan paket program SPSS for Windows.

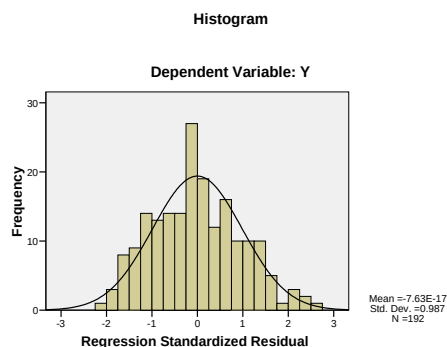
VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Uji Asumsi Klasik

Pengujian asumsi klasik dilakukan untuk menjamin semua variabel (baik bebas maupun tidak bebas) yang diukur dengan benar; tidak ada *heteroscedascity*; tidak ada multikolinearitas yang sempurna; tidak ada *autocorrelation*; dan model matematis yang digunakan menjadi tepat (Gujarati, 2003).

6.2 Normalitas

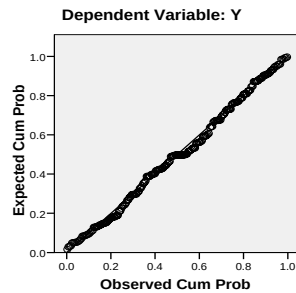
Uji normalitas dilakukan untuk mendeskripsikan data dan menguji apakah data ada yang *outlier* digunakan untuk *explore*. Pengujian kenormalan dilakukan melalui tampilan histogram dan *normal probability plot*.



Dari gambar histogram diatas tampak bahwa frekuensi data membentuk *bell* dengan

kecenderungan di tengah yang berarti distribusi data mengikuti distribusi normal atau mendekati normal.

Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual

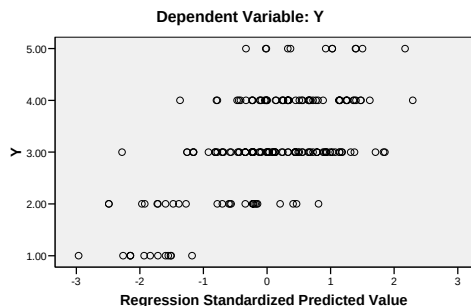


Deteksi normalitas lainnya adalah dengan melihat penyebaran data (titik) pada sumbu diagonal dari grafik. Dari gambar diatas terlihat data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal maka model regresi dapat dikatakan memenuhi asumsi normalitas.

6.3 Heteroskedastisitas

Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat apakah variabel-variabel yang dianalisa mempunyai variansi yang sama atau tidak. Jika terdapat kesamaan variansi (kondisi yang diharapkan), maka dapat dikatakan kondisi homokedastisitas telah terpenuhi. Sebaliknya jika terdapat perbedaan variansi, maka hal ini dikatakan dalam kondisi heterokedastisitas.

Scatterplot



Dari gambar diatas kita dapat melihat pola penyebaran data pada plot yang ada. Penyebaran data ini membentuk suatu pola tertentu, yang berarti terdapat kesamaan variansi (kondisi yang diharapkan), maka dapat dikatakan kondisi homokedastisitas telah terpenuhi.

6.4 Multikolinieritas

Multikolinieritas dimaksudkan untuk melihat apakah ada hubungan diantara variabel yang menjelaskan. Untuk menguji apakah pada model

regresi ditemukan adanya korelasi antara variabel dependen dan independen digunakan koefisien korelasi.

Model	Coefficients									
	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.	Zero-order	Partial	Part	Collinearity Statistics	Tolerance	VIF
1	(Constant)									
	.560	.257	2.178	.031						
X1	.283	.068	.291	4.193	.000	.504	.294	.241	.682	1.466
X2	.062	.068	.062	.912	.363	.347	.067	.052	.720	1.389
X3	.330	.070	.321	4.715	.000	.517	.327	.271	.712	1.405
X4	.068	.071	.067	.955	.341	.376	.070	.055	.663	1.508
X5	.072	.072	.071	.995	.321	.389	.073	.057	.652	1.534

a. Dependent Variable: Y

Koefisien korelasi antara variabel independen haruslah lemah (dibawah 0.5) jika dikatakan tidak terjadi multikolinieritas. Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai korelasi parsial masing-masing variabel dibawah 0.5 sehingga dapat dikatakan multikolinieritas tidak terjadi. Nilai pengamatan lainnya dapat dilakukan dengan melihat nilai VIF dimana jika $VIF > 5$ maka terdapat multikolinieritas. Dari tabel diatas nilai VIF semua variabel dibawah 5 sehingga dapat dikatakan multikolinieritas tidak terjadi.

6.5 Autokorelasi

Autokorelasi dimaksudkan untuk melihat apakah terdapat korelasi antara serangkaian observasi yang diurutkan menurut waktu atau ruang (*time series* atau *cross sectional*). Karena satu dari asumsi penting dari model linear klasik adalah bahwa kesalahan atau gangguan u_i yang masuk kedalam fungsi regresif populasi adalah random atau tak berkorelasi. Jika asumsi ini dilanggar, maka terdapat problem serial korelasi atau otokorelasi (Gujarati, 2003).

Model Summary(b)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.622(a)	.387	.370	.75995	1.898

a. Predictors: (Constant), X5, X2, X3, X1, X4

b. Dependent Variable: Y

Untuk melihat terjadinya autokorelasi atau tidak, digunakan deteksi autokorelasi yang biasa disebut besaran Durbin-Watson. Hasil pada Tabel diatas menunjukkan angka D-W adalah 1,898 hal ini menjelaskan bahwa angka tersebut terletak antara -2 dan +2 yang berarti tidak ada autokorelasi. Atau tidak adanya hubungan langsung antara masing-masing variable satu dengan yang lainnya.

Dengan demikian uji asumsi klasik yang telah dilakukan untuk menjamin semua variabel (baik bebas maupun tidak bebas) telah diukur dengan benar dan hasilnya menunjukkan bahwa perolehan

data dan pengolahan data layak diuji dengan menggunakan model regresi linier berganda.

6.6 Model Persamaan Regresi

Persamaan regresi linier berganda terdiri dari lebih dari satu variabel bebas. Pada umumnya, variabel tidak bebas atau respons dapat dihubungkan pada sejumlah variabel bebas, dan dari hubungan ini dapat dibuat suatu prediksi hubungan dan keterkaitan untuk variabel tidak bebas tersebut.

Hubungan antar variabel dijelaskan dari hasil olahan spss pada tabel berikut :

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1											
(Constant)	.560	.257			2.178	.031					
X1	.283	.068	.291		4.193	.000	.504	.294	.241	.682	1.466
X2	.062	.068	.062		.912	.363	.347	.067	.052	.720	1.389
X3	.330	.070	.321		4.715	.000	.517	.327	.271	.712	1.405
X4	.068	.071	.067		.955	.341	.376	.070	.055	.663	1.508
X5	.072	.072	.071		.995	.321	.389	.073	.057	.652	1.534

a. Dependent Variable: Y

Persamaan model regresi dapat dibentuk dengan melihat koefisien B pada tabel diatas dimana dengan $\alpha = 0,05$, persamaan regresi yang didapat adalah sebagai berikut:

$$Y = 0,560 + 0,283 X1 + 0,062 X2 + 0,330 X3 + 0,068 X4 + 0,072 X5$$

Dari persamaan tersebut, terlihat bahwa variable X3 (jaminan) dan X1 (kehandalan) memberikan sumbangsih terbesar dalam rangka memenuhi kepuasan mahasiswa terhadap penggunaan e-learning memiliki konstanta variable yang besar dibandingkan yang lain. Variable lain yang cukup memberikan pengaruh terhadap kepuasan mahasiswa adalah yaitu bukti langsung, empati dan daya tanggap.

6.7 F-test

Pengujian F dilakukan untuk melihat linieritas dari model yang dibangun. Dari hasil uji ANOVA (Analysis Of Variance) dapat menjelaskan pengujian hipotesa penelitian.

Hipotesa yang digunakan untuk pengujian F adalah sebagai berikut:

H_0 : $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=\beta_5=0$ (tidak terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, dan bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

H_1 : $\beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=\beta_5\neq 0$ (terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

ANOVA(b)

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1					
Regression	67.783	5	13.557	23.474	.000(a)
Residual	107.420	186	.578		
Total	175.203	191			

a. Predictors: (Constant), X5, X2, X3, X1, X4

b. Dependent Variable: Y

Dari tabel anova didapat nilai F sebesar 23.474. Untuk menguji hipotesa maka haruslah melihat table uji F, dengan df numerator 4 ($k-1 = 5-1$) dan df denominator 120 (maksimal) pada $\alpha = 5\%$ diperoleh F-tabel sebesar 2,447. Dengan demikian F-hitung lebih besar dari F-tabel yang berarti tolak H_0 (terima H_1). Hal ini berarti seluruh variabel bebasnya yang ada dalam model (kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati dan bukti langsung) secara bersama-sama berpengaruh nyata terhadap variabel tak bebasnya (nilai kepuasan mahasiswa) pada taraf kepercayaan 95%.

Cara lain untuk menguji hipotesa ini yaitu dengan melihat nilai signifikansinya dari hasil olahan SPSS, dimana nilai signifikansi yang mendekati nol, berarti semua variabel bebasnya berpengaruh nyata terhadap variabel tak bebasnya

6.8 t-test

Uji t atau *t-test* dilakukan untuk melihat apakah secara individu atau parsial masing-masing variabel independen dalam model berpengaruh nyata terhadap variabel dependennya. Hipotesa yang digunakan untuk pengujian t adalah sebagai berikut:

H_0 : $\beta_i = 0$ (tidak terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

H_a : $\beta_i \neq 0$ (terdapat pengaruh signifikan kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati, dan bukti langsung terhadap kepuasan mahasiswa).

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta				Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1											
(Constant)	.560	.257			2.178	.031					
X1	.283	.068	.291		4.193	.000	.504	.294	.241	.682	1.466
X2	.062	.068	.062		.912	.363	.347	.067	.052	.720	1.389
X3	.330	.070	.321		4.715	.000	.517	.327	.271	.712	1.405
X4	.068	.071	.067		.955	.341	.376	.070	.055	.663	1.508
X5	.072	.072	.071		.995	.321	.389	.073	.057	.652	1.534

a. Dependent Variable: Y

Pengujian hipotesa secara individu variabel dilakukan dengan melihat nilai signifikansinya. Jika nilai signifikansi lebih kecil daripada $\alpha = 0,05$, maka berarti tolak H_0 . Dari Tabel *coefficients* terlihat bahwa nilai signifikansi yang berada dibawah 0,05 adalah konstanta, X1 dan X3 sedang variabel lainnya mempunyai nilai signifikansi masih diatas nilai α

Dengan demikian dapat dinyatakan secara

individu hanya variable keandalan dan variable jaminan merupakan variable yang berpengaruh nyata terhadap Y (nilai kepuasan mahasiswa) pada taraf kepercayaan 95%.

Hal ini menjelaskan bahwa karena ada dua variable yang berpengaruh nyata terhadap kepuasan mahasiswa, maka dapat dikatakan bahwa H_0 ditolak (menerima H_a).

VII. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tingkat kepuasan mahasiswa terhadap penggunaan e-learning di kampus XYZ didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Indikator *Service quality* yang terdiri dari faktor kehandalan, daya tanggap, jaminan, empati dan bukti langsung, merupakan indikator yang berpengaruh dalam memberikan nilai kepuasan mahasiswa terhadap penggunaan e-learning.
2. Faktor jaminan merupakan faktor yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kepuasan mahasiswa dalam menggunakan e-learning, faktor-faktor lain yang cukup memberikan kontribusi selanjutnya adalah faktor kehandalan, bukti langsung, empati dan daya tanggap.
3. Dari analisa dengan metode Regresi Berganda didapatkan bahwa faktor keandalan dan jaminan mempengaruhi nilai kepuasan penggunaan *e-learning* dengan tingkat signifikansi yang cukup tinggi.
4. Hasil dari penyebaran kuisioner yang dilakukan pada mahasiswa XYZ masih jauh dari sempurna. Terutama karena tingkat partisipasi yang rendah dari mahasiswa untuk mengisi dan menyerahkan kuisioner ini. Sehingga secara tidak langsung gambaran yang didapatkan dari penelitian ini belum mewakili kondisi pengguna e-learning sebenarnya secara menyeluruh.

VIII. SARAN

Beberapa saran dapat diberikan dari hasil penelitian ini mengingat masih banyaknya kekurangan yang harus menjadi perhatian semua pihak pengelola *e-learning* di Universitas XYZ, antara lain:

1. Tingkat partisipasi yang rendah dari responden para mahasiswa dapat dikurangi dengan cara memberikan kuisioner yang terkandung dalam konten (isi) dari layanan e-learning. Dengan kata lain para mahasiswa sedikit dipaksa untuk memberikan opini atau pendapat mereka tentang sesuatu melalui kuisioner yang harus mereka isi sebelum dapat menggunakan layanan *e-learning* tersebut. Dengan demikian tingkat partisipasi mahasiswa diharapkan akan lebih tinggi dengan kondisi tersebut.

2. Dari faktor penentu tingkat kepuasan, hanya faktor jaminan dan keandalan yang memberikan tingkat signifikansi, sedang yang lainnya masih perlu ditingkatkan. Ini berarti faktor daya tanggap, empati, dan bukti langsung harus menjadi fokus perhatian untuk peningkatan pelayanan *e-learning* sehingga diharapkan di masa mendatang semua faktor yang mempengaruhi tingkat kepuasan ini dapat memberikan kontribusi dengan taraf keberartian yang tinggi.
3. Jika semua faktor penentu tingkat kepuasan dapat berjalan dengan sempurna maka dari penelitian ini dapat memprediksi tingkat kepuasan mahasiswa dimasa mendatang, sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan e-learning di Universitas XYZ.

DAFTAR PUSTAKA

- [Gujarati, 2003] Gujarati, Damodar N, 2003, *Basic Econometrics*, 4th ed., International Edition, Mc Graw-Hill, Boston
- [Harinaldi, 2005] Harinaldi, 2005, *Prinsip-prinsip Statistik*, Penerbit PT Gelora Aksara Pratama, Jakarta
- [Irawan, 2003] Irawan, Handi, 2003. *10 Prinsip Kepuasan Pelanggan*, Penerbit PT. Elex Media Komputindo, Jakarta
- [Rangkuti, 2002] Rangkuti, Freddy, 2002, *Teknik Mengukur dan Strategi Meningkatkan Kepuasan Pelanggan*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [Santoso, 2002] Santoso, S. (2002). *Buku latihan SPSS statistik multivariat*, PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta
- [Singarimbun, 1989] Singarimbun, Masri dan Sofyan Effendi 1989, *Metode Penelitian Survei*, Cetakan 1, Penerbit LP3ES, Jakarta
- [Singgih, 2002] Singgih Santoso, 2002, *SPSS versi 10 Mengolah data statistik secara profesional*, Penerbit Elex Media Komputindo, Jakarta
- [Sudarmanto, 2005] Sudarmanto, R Gunawan, 2005, *Analisis Regresi Linier ganda dengan SPSS*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta,
- [Supranto, 2006] J. Supranto, 2006, *Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta

Fermentasi Asam Laktat dari Tepung Onggok dan Limbah Cair Tahu menggunakan Jamur *Rhizopus Oryzae*

Abdullah Moch Busairi* , Rintis Manfaati**

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik , Universitas Diponegoro**

*Jurusan Teknik Bioproses, Politeknik Negeri Bandung***

Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang , Semarang, Phone: (024) 7460058,

E.mail: abd_busairi@yahoo.com

Abstrak-- Asam laktat merupakan salah satu asam organik yang digunakan sebagai bahan baku industri polimer yang ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari potensi campuran tepung onggok dan limbah cair tahu sebagai media fermentasi untuk memproduksi asam laktat dengan menggunakan jamur *Rhizopus oryzae*. Fermentasi dilakukan secara batch dalam erlemeyer 250 ml dengan volume media produksi 100 ml yang diinokulasi dengan 7 ml inokulum, dan ditempatkan dalam Incubator shaker dengan laju pengadukan 150 rpm, suhu 30°C. Waktu fermentasi berlangsung selama 72 jam dengan interval pengambilan sample setiap 8 jam kemudian dianalisa konsentrasi gula dan asam laktat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembentukan asam laktat yang relative optimum dicapai pada kondisi C/N rasio 2,4-3,2 dan laju pengadukan 150 rpm dengan asam laktat yang diperoleh maksimum 10,19 g/l.

Kata Kunci : Asam Laktat, Limbah, *R. oryzae*

I. PENDAHULUAN

Asam laktat merupakan salah satu asam organik yang potensial diproduksi dalam skala besar karena komoditi kimia intermediate ini dapat diperoleh dari berbagai sumber karbohidrat terbarukan dan digunakan sebagai bahan baku industri polimer , pengatur pertumbuhan tanaman, pelarut yang ramah lingkungan dan bahan kimia intermediat khusus . Salah satu terapan yang paling menjanjikan adalah untuk polimer poli asam laktat yang ramah lingkungan sebagai alternatif pengganti plastik non-biodegradable yang dihasilkan dari minyak bumi, batu bara atau gas alam [5,8]. Produksi asam laktat secara sintesis kimia menghasilkan campuran dua isomer, sedangkan secara fermentasi dapat dihasilkan salah satu isomer atau campuran dua isomer dengan perbandingan yang berbeda, tergantung pada mikroorganisme, substrat dan kondisi operasi [1]. Keunggulan proses fermentasi dibandingkan sintesis kimia adalah penggunaan bahan baku yang

murah seperti whey, molase, starch, gula tebu dan beet, dan material lain yang kaya akan karbohidrat. Gula dan tepung telah digunakan secara luas untuk memproduksi asam laktat secara komersial [4].

Keterbatasan fermentasi bakterial adalah tingginya biaya untuk pretreatment hidrolisis substrat menjadi glukosa, penambahan nutrient spesifik seperti yeast ekstrak dan vitamin-B, pengaturan pH selama proses fermentasi untuk menjaga pertumbuhan bakteri, recovery dan purifikasi asam laktat pada proses hilir. Keterbatasan fermentasi bakterial adalah tingginya biaya untuk pretreatment hidrolisis substrat menjadi glukosa, penambahan nutrient spesifik seperti yeast ekstrak dan vitamin-B, pengaturan pH selama proses fermentasi untuk menjaga pertumbuhan bakteri, recovery dan purifikasi asam laktat pada proses hilir [3]. Mikroorganisme jamur telah lama memegang peranan penting dalam menghasilkan berbagai metabolit sekunder khususnya asam organik, antibiotik dan enzim. Penelitian produksi asam laktat dari *Rhizopus* spp. terus dilakukan karena kemudahan dalam proses pemisahan dan purifikasi dan kemampuannya untuk memanfaatkan baik karbohidrat kompleks atau gula pentose. Dari kelompok jamur *Rhizopus* ternyata *R.oryzae* merupakan spesies yang potensial untuk menghasilkan asam laktat [2]. Onggok merupakan limbah padat yang dihasilkan dari industri tepung tapioka. Tepung onggok dikenal dengan nama tepung asia masih memiliki nilai jual untuk makanan ternak, biskuit dan campuran saus. Penggunaan tepung onggok sebagai bahan campuran makanan masih dipertanyakan tingkat higienitasnya [7].

Limbah cair dan ampas tahu berasal dari kedelai yang sudah dimasak sehingga protein limbah cair dan ampas tahu mempunyai nilai biologis yang lebih tinggi dari pada biji kedelai itu sendiri . Bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah cair tahu adalah protein (40-60%), karbohidrat (25-50%) dan lemak (10%). Komponen nutrisi yang lengkap dari limbah cair tahu terutama kandungan proteinnya diharapkan

sesuai sebagai sumber N untuk media fermentasi asam laktat [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari potensi campuran tepung onggok dan limbah cair tahu sebagai media fermentasi asam laktat dengan menggunakan jamur *Rhizopus oryzae*

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui metoda eksperimental dengan tahapan: 1. Karakterisasi media fermentasi yaitu tepung tapioka dan limbah cair tahu meliputi pengujian gula total (gula tereduksi), nitrogen, fosfat, sulfat dan pH; 2. Proses fermentasi asam laktat oleh *Rhizopus oryzae* dalam media produksi campuran tepung tapioka dan limbah cair tahu. Peubah yang divariasikan adalah jumlah tepung tapioka yang ditambahkan pada volume limbah cair tahu yang tetap (rasio C/N) dan laju pengadukan. Selama proses fermentasi ditentukan konsentrasi gula total dan asam laktat.

2.1. Bahan Baku

Kultur murni *Rhizopus oryzae* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung. Strain *Rhizopus oryzae* ditumbuhkan dalam media agar miring *Potato Dextrose Agar* (PDA) sebagai *stock culture* dan disimpan pada suhu 4°C [3]. Tepung tapioka diperoleh di pasaran, memiliki kadar air $\pm 12\%$. Limbah cair tahu diperoleh dari pabrik sekitar desa Ciwaruga.

2.2. Inokulum

Spora *Rhizopus oryzae* diinokulasikan dalam 100 ml media pra kultur pada erlemeyer bervolume 250 ml. Kemudian diinkubasi pada *Incubator shaker* (150 rpm) pada suhu 30°C selama 12 jam.

2.3. Fermentasi

Proses fermentasi dilakukan secara batch dalam erlemeyer 250 ml dengan volume media produksi 100 ml. Variasi komposisi media produksi adalah 20,30,40 dan 50 gram tepung tapioka untuk setiap liter limbah cair tahu agar dihasilkan rasio C dengan: N adalah 1,6; 2,4; 3,2 dan 4. Media produksi kemudian diinokulasi dengan 7 ml inokulum, dan ditempatkan dalam *Incubator shaker* dengan laju pengadukan 150 rpm, suhu 30°C. Waktu fermentasi berlangsung selama 72 jam dengan interval pengambilan data setiap 8 jam

2.4. Analisa Hasil

Konsentrasi gula total diukur dengan metoda DNS (*Dinitro salicylic acid*) menggunakan *Spectronic Genesis* pada $\lambda = 540$ dan dialurkan pada kurva standar glukosa [3]. Konsentrasi asam

laktat dianalisa dengan menggunakan HPLC dengan kolom C18, UV *detector* (210 nm), *eluent* 0,2 M asam fosfat pada laju alir 0,8 ml/menit, suhu 25°C.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakterisasi Limbah Cair Tahu

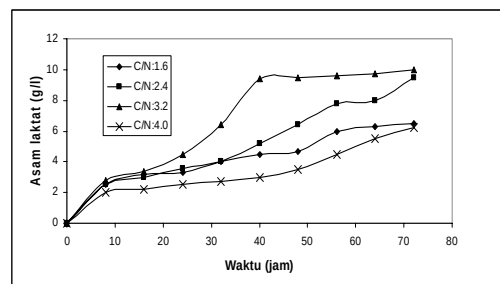
Komposisi limbah cair tahu yang diperoleh dari pabrik tahu Cimahi disajikan pada Tabel1. Rentang komposisi media fermentasi sintetis untuk produksi asam laktat oleh *Rhizopus oryzae* yang disarankan oleh Jin Bo *et al.* [4] adalah $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1-6 g/l, KH_2PO_4 0,12-0,6 g/l, dengan sumber karbon gula atau pati. Limbah cair tahu memiliki kadar nitrogen (5 g/l) yang cukup untuk mendukung produksi asam laktat sedangkan kadar fosfat yang rendah (0,6 mg/l), dapat diatasi dengan penambahan fosfat anorganik KH_2PO_4 sebanyak 0,12 g/l.

Tabel 1. Komposisi limbah cair tahu

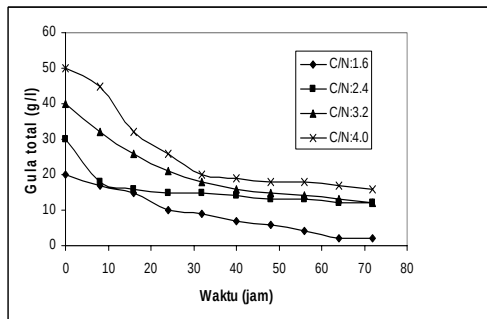
Komponen	Nilai
Nitrogen	5 g/l
Gula total	1,1 g/l
Fosfat (PO_4)	0,6 mg/l
Sulfat (SO_4)	Tidak terdeteksi
pH	3,63

3.2. Pengaruh Rasio C/N Terhadap Penggunaan Gula dan Pembentukan Asam Laktat

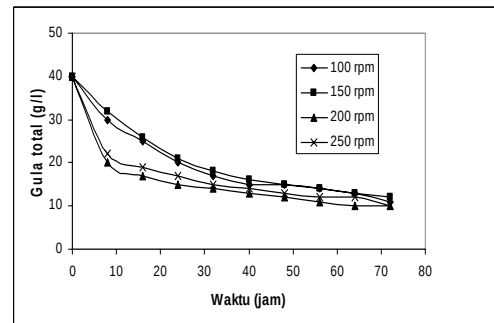
Proses fermentasi dilakukan pada pH : 6, Suhu : 30°C, laju pengadukan: 250 rpm, dengan penambahan inokulum : 7 ml dan umurnya 12 jam. Kecepatan pembentukan asam laktat dari berbagai C/N rasio naik hingga jam ke-72 (Gb,1). Konsentrasi asam laktat akhir meningkat dengan kenaikan rasio C/N dari 1,6 ke 3,2 yaitu dari 6,47 ke 10,19 g/l, kemudian menurun pada rasio C/N 4 yaitu 6,59 g/l. Penggunaan gula pada waktu awal fermentasi sampai 40 jam sangat tinggi sesuai dengan asam laktat yang dihasilkan, tetapi semua gula tidak habis dikonsumsi untuk pertumbuhan mikroba maupun produksi asam laktat kecuali pada C/N rasio yang paling rendah (1,6) habis dikonsumsi hanya untuk pertumbuhan saja (Gb.2).



Gambar 1. Hubungan waktu dengan asam laktat



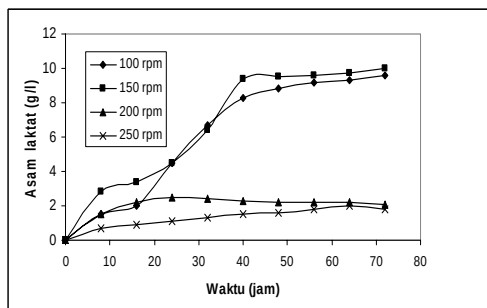
Gambar 2. Hubungan waktu dengan konsentrasi gula



Gambar 4. Hubungan waktu dengan konsentrasi gula

3.3. Pengaruh Laju Pengadukan terhadap Penggunaan Gula dan Pembentukan Asam Laktat

Proses fermentasi dilakukan dengan kondisi sama seperti sebelumnya dengan memvariasi laju pengadukan 100-250 rpm pada C/N rasio 3,2. Kecepatan pembentukan asam laktat dari berbagai laju pengadukan menunjukkan bahwa makin tinggi laju pengadukan kecepatan pembentukannya makin turun (150 – 250 rpm) sedangkan setelah waktu 60 jam kecepatan pembentukan asam laktat relative konstan sesuai dengan penggunaan gula. Produksi asam laktat maksimum dicapai dengan laju pengadukan 150 rpm pada konsentrasi asam laktat 10,19 g/l (Gb.3). Penggunaan gula pada awal fermentasi sampai 40 jam dari berbagai laju pengadukan (100 – 250 rpm), cukup tinggi sesuai dengan asam laktat yang dihasilkan, setelah waktu 60 jam konsentrasi gula relative tetap dan tidak habis dikonsumsi untuk pertumbuhan mikroba (Gb.4).



Gambar 3. Hubungan waktu dengan asam laktat

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian fermentasi asam laktat oleh jamur *Rhizopus oryzae* dengan media produksi campuran tepung tapioka dan limbah cair tahu adalah:

1. Limbah cair tahu memiliki kandungan nitrogen yang mencukupi untuk pembentukan asam laktat yaitu 5 g/l. Kandungan karbon dalam limbah cair tahu relatif sedikit yaitu 1,1 g/l, sehingga harus dilakukan penambahan unsur C dari sumber lain.
2. Rasio C/N relatif optimum untuk fermentasi asam laktat adalah 2,4-3,2. Laju pengadukan relatif optimum untuk pembentukan asam laktat adalah 150 rpm dengan asam laktat yang diperoleh maksimum 10,19 g/l.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Efremenko E., O. Spiricheva, S. Varfolomeyev, V. Lozinsky. (2006). *Rhizopus oryzae* Fungus cells Producing L (+)-Lactic Acid: Kinetic and Metabolic Parameters of Free and PVA-cryogel-entrapped Mycelium, *Appl Microbial Biotechnol*, 72.
- [2] J. M Dominguez, dan Vazquez, M. (1999), Effect of the Operational Condition on Lactic Acid Production by *Rhizopus oryzae*, *Cienc.Tecnol. Aliment.* Vol.2, No.3.
- [3] Jin Bo, Li Ping Hua, Paul Lant. (2003). *Rhizopus arrhizus*, A Producer for Simultaneous Saccharification and Fermentation of Starch Wastes Materials to L(+) Lactic Acid, *Biotechnology Letters*. 25.
- [4] Jin Bo, Pinghe Yin, Yibong Ma, Ling Zha O. (2005) Production of Lactic Acid and Fungal

- Biomassa by Rhizopus Fungi from Food Processing Waste Streams, *Jurnal Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 32.
- [5] Payot, T., Chemaly, Z. and Fick, M. (1999). Lactic Acid Production by *Bacillus coagulans* : Kinetic Studies and Optimisation of Culture Medium for Batch and Continuous Fermentations. *Enzyme Microb. Technology*, 24(2).
- [6] Rossiana Nia MS.(2006). *Uji Toksisitas Limbah Cair Tahu Sumedang terhadap Reproduksi Daphnia carinata King*. Laporan Penelitian, Universitas Padjadjaran,
- [7] Tjokroadikoesoemo P.Soebijanto.(1986). *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*, PT Gramedia, Jakarta,
- [8] Wang, H., Seki, M., and S.Furusaki. (1995). Mass Transfer Behaviour in Lactic Acid Fermentation Using Immobilized *L. Delbrueckii*. *J. Chemical Engineering of Japan* , 28(4).

Pemanfaatan Teknologi Komunikasi *Fault Indicator* GSM untuk Peningkatan Keandalan Distribusi Tenaga Listrik

Sugeng Suprijadi¹, Hamzah Hilal²

¹Jurusan Teknik Elektro, FT, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

Jl. Perjuangan No. 17 Telp. (0231) 481945, Fax, (0231) 485345 Cirebon

²Bidang Rekayasa Sistem, PTKKE, BPPT, Jl. MH.Thamrin No. 8, Jakarta Pusat, 10340

E-mail : sugeng_suprijadi@yahoo.com¹, taura889@yahoo.com

Abstrak-- Teknologi komunikasi *fault indicator* GSM dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik berfungsi untuk mengindra lokasi gangguan secara optimal pada penyulang-penyulang yang akan ditingkatkan keandalannya, untuk memperoleh nilai indeks keandalan yang lebih baik. Penelitian pengindra lokasi gangguan dengan metode teknologi *fault indicator* GSM dilakukan untuk memenuhi target PT PLN (Persero) yakni tercapainya tujuan Visi dan Misinya sebagai WCS (World Customer Service) serta WCC (World Class Company) yakni indeks keandalan SAIFI harus mencapai 3 kali padam/pelanggan/tahun dan SAIFI mencapai 100 menit padam/ pelanggan/ tahun. Dari hasil penelitian pada penyulang diperoleh nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI yang dijadikan acuan untuk mengetahui langkah perbaikan keandalan yang diharapkan sehingga target WCS dapat tercapai.

Kata kunci: Indeks keandalan, Fault indicator GSM

I. PENDAHULUAN

Permasalahan yang paling mendasar pada distribusi daya listrik adalah pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Penggunaan evaluasi keandalan sistem pada jaringan distribusi primer 20 kV merupakan salah satu faktor yang penting untuk menentukan segala langkah yang menjamin penanganan secara benar permasalahan yang mendasar tersebut, sehingga dapat diantisipasi terjadinya gangguan distribusi yang disebabkan karena menurunnya tingkat keandalan melampaui batas yang memadai atau karena kurangnya pemeliharaan, yang akan berakibat pada memendeknya umur dari peralatan yang bersangkutan.

Mutu keandalan pendistribusian tenaga listrik merupakan tingkat kontinuitas pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem sampai ke konsumen, sedangkan indeks keandalan

merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam besaran probabilitas[1]. Tingkat keandalan pendistribusian tenaga listrik tergantung pada berapa lama terjadi pemadaman selama selang waktu tertentu (satu tahun) atau yang dikenal dengan SAIDI dan berapa kali sering mengalami padam dalam kurun waktu tertentu (satu tahun) atau disebut SAIFI[2].

Pada umumnya sistem distribusi di luar perkotaan menggunakan model radial sehingga apabila terjadi gangguan pada pangkal suatu penyulang akan terjadi pemadaman pada percabangan lainnya.

Untuk mengetahui secara cepat titik dimana lokasi gangguan terjadi, salah satu cara yang dapat dilakukan dan sekaligus dapat meningkatkan keandalan sistem distribusi tipe radial khususnya mengurangi lamanya gangguan adalah penggunaan otomatisasi pengindraan lokasi gangguan dengan *fault indicator* GSM, sehingga bila terjadi gangguan pada sistem dalam waktu cepat dapat dinormalkan atau mempersempit daerah padam.

Tujuan penggunaan *fault indicator* ini adalah untuk menentukan prioritas mana saja dalam sistem distribusi tenaga listrik primer 20 kV yang harus dipelihara dan diganti peralatannya sehingga dapat membantu manajemen dalam meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Karena itu, pada penelitian disini akan dianalisa suatu strategi pemanfaatan *fault indicator* GSM untuk meningkatkan keandalan pendistribusian tenaga listrik kepada konsumen.

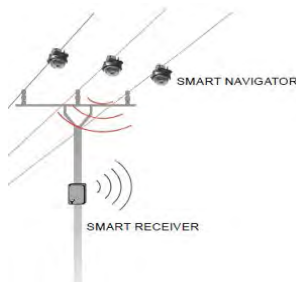
II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan memilih penyulang yang diamati banyak mengalami gangguan dengan data-data seperti dapat dilihat pada tabel 1 dimana terlihat gangguan tidak jelas (*temporer*) mendominasi banyaknya kejadian gangguan.

Tabel 1 Data gangguan penyulang

FEEDER	RELAY	TGL PDM	JAM PDM	TGL NYALA	JAM NYALA	LAMA PDM	X PDM	JENIS GANGGUAN
Gunting	GFR	06/01/2010	14:28:00	06/01/2010	17:14:00	2:46:00		1 POHON
Gunting	GFR	08/01/2010	2:01:00	08/01/2010	2:03:00	0:02:00		1 TEMPORER
Gunting	OCR RS	29/01/2010	16:13:00	29/01/2010	17:15:00	1:02:00		1 BINATANG
Gunting	GFR	03/02/2010	14:28:00	03/02/2010	14:37:00	0:09:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR	03/02/2010	14:39:00	03/02/2010	15:17:00	0:38:00		1 LAYANGAN
Gunting	GFR	07/02/2010	17:05:00	07/02/2010	17:09:00	0:04:00		1 JEMPER
Gunting	GFR M	20/02/2010	18:36:00	20/02/2010	18:43:00	0:07:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR	23/02/2010	18:17:00	23/02/2010	18:20:00	0:03:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR TT	05/03/2010	6:30:00	05/03/2010	6:34:00	0:04:00		1 TEMPORER
Gunting	OCR T	21/03/2010	15:40:00	21/03/2010	15:43:00	0:03:00		1 TEMPORER
Gunting	OCR ST	28/03/2010	11:18:00	28/03/2010	11:50:00	0:32:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR	15/04/2010	23:57:00	16/04/2010	0:00:00	0:03:00		1 POHON
Gunting	GFR	17/04/2010	5:55:00	17/04/2010	5:58:00	0:03:00		1 KAWAT
Gunting	GFR M	21/04/2010	15:12:00	21/04/2010	15:30:00	0:18:00		1 LAYANGAN
Gunting	GFR M	23/04/2010	8:00:00	23/04/2010	10:25:00	2:25:00		1 KABEL
Gunting	OCR RS	09/05/2010	18:10:00	09/05/2010	19:45:00	1:35:00		1 FUSE
Gunting	GFR M	17/05/2010	12:28:00	17/05/2010	12:40:00	0:12:00		1 JEMPER
Gunting	OCR RS	20/05/2010	15:22:00	20/05/2010	15:38:00	0:16:00		1 LAYANGAN
Gunting	OCR RT	03/07/2010	17:30:00	03/07/2010	17:56:00	0:26:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR M	06/07/2010	12:17:00	06/07/2010	12:48:00	0:31:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR	07/07/2010	14:03:00	07/07/2010	14:08:00	0:05:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR M	12/07/2010	17:04:00	12/07/2010	17:09:00	0:05:00		1 TEMPORER
Gunting	OCR GF	21/08/2010	1:34:00	21/08/2010	2:01:00	0:27:00		1 TEMPORER
Gunting	GFR	23/08/2010	18:54:00	23/08/2010	19:52:00	0:58:00		1 KABEL
Gunting	OCR RS	25/08/2010	19:05:00	25/08/2010	19:22:00	0:17:00		1 FUSE
Jumlah							13:11:00	25
SUMBER : PT PLN (PERSERO) UPI BOGOR KOTA								

Gangguan yang tidak jelas (*temporer*) dirasakan padam oleh konsumen, dan berpengaruh pada tingkat mutu pelayanan penyaluran distribusi tenaga listrik, dan gangguan temporer yang belum diketahui gangguannya akan terulang kembali sampai gangguan temporer menjadi gangguan permanen. Pada metode penelitian dilakukan pemanfaatan *fault indicator* yang menggunakan GSM, dan *fault indicator* ini akan merasakan adanya arus gangguan yang timbul dan meneruskan sinyal penginderaan ke operator melalui SMS dengan komunikasi GSM, seperti dapat dilihat pada gambar 1 yang merupakan model pemasangan pengindra *fault indicator* dan receiver penyampai pesan ke operator.



Gambar 1. Fault indicator dan receiver

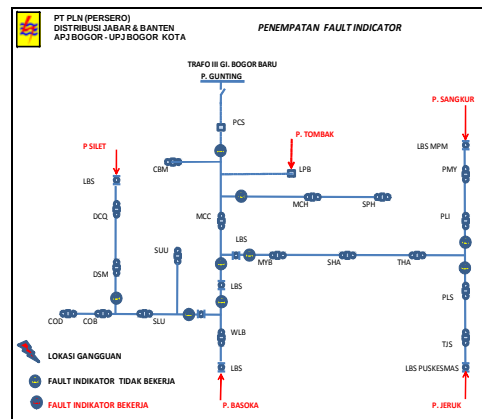
Dalam penempatan pengindra *fault indicator*, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sehingga penerapan metode pemanfaatan komunikasi ini dapat efektif yaitu:

- Sistem distribusi tidak perlu disederhanakan/direduksi, dan hanya direpresentasikan secara sederhana.

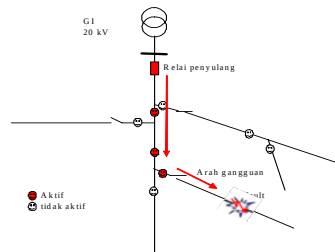
- Setiap komponen diperlukan data keandalan yang relevan seperti: tingkat kegagalan (*failure rate*), waktu perbaikan (*repair time*), dan waktu pensaklaran (*switching time*).

- Fault indicator* GSM dipraktekan sebagai komponen sistem dan alokasinya disesuaikan dengan konfigurasi jaringan.

Prosedur dasar dari metode ini dimulai dengan memodelkan jaringan yang dianalisa. Topologi sistem direpresentasikan dengan cabang-cabang dari sistem. Suatu cabang didefinisikan sebagai satu set komponen yang terhubung seri dan berujung pada dua busbar (rel). Setiap cabang dan semua komponen yang diperhitungkan perlu diidentifikasi, diantaranya: jumlah cabang dan ujung cabang, jumlah komponen, yang akan dianalisa dan jumlah *tie-switch normally open* serta data pelanggan. Teknik pemasangan *fault indicator* diilustrasikan pada gambar 2.

Gambar 2 Penempatan *fault indicator*

Berdasarkan pada pertimbangan ekonomis dan konfigurasi jaringan, selanjutnya *fault indicator* ditempatkan sedemikian rupa sehingga akhirnya prioritas penempatan yang optimal dapat diperoleh. Penginderaan *fault indicator* berdasarkan pada adanya arus gangguan yang terjadi dengan alur kerja penginderaan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Arah arus gangguan pada penyulang

Penelitian untuk peningkatan keandalan sistem disini menggunakan penyulang Gunting, dimana

penyebab gangguan terbanyak adalah temporer yang berarti tidak jelas lokasi gangguannya. Dengan *fault indicator* dapat dibaca arah arus hubung singkat akibat gangguan, dan hasil pemantauan diberikan pada tabel 2.

Tabel 2 Indikator yang bekerja saat gangguan

FEEDER	RELAY	TGL PDM	JENIS GANGGUAN	NO FAULT INDICATOR YANG KERJA													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gunting	GFR	15/09/2010	TEMPORER														
Gunting	GFR M	22/09/2010	TEMPORER														
Gunting	GFR M	08/10/2010	TEMPORER														
Gunting	OCR GFR	16/10/2010	TEMPORER														
Gunting	GFR M	30/10/2010	POHON														
Gunting	GFR M	07/11/2010	TEMPORER														
Gunting	GFR M	11/11/2010	KABEL														
Gunting	OCR GFR	28/11/2010	FUSE														

Dengan diketahuinya kerja *fault indicator*, maka dapat disusun suatu rencana kerja pemeliharaan secara optimal dan terfokus dari komunikasi melalui pengindraan *fault indicator* GSM.

Dari penelitian pendahuluan diperoleh bahwa penyulang Gunting mempunyai indeks keandalan SAIFI sebesar 25 kali/pelanggan/bulan, sedangkan SAIDI 0,549 jam/pelanggan/bulan yang dipantau pada tahun 2010 selama 8 bulan.

Untuk tujuan analisis penempatan *fault indicator*, maka beberapa hal yang diperlukan antara lain:

- One line diagram* pada area penyulang Gunting.
- Data perkiraan angka keluar komponen distribusi serta waktu operasi kerja[3].
- Data kapasitas trafo pada penyulang Gunting.
- Data gangguan tahun 2009 pada penyulang Gunting
- Data pelanggan pada penyulang Gunting

III. HASIL DAN PERENCANAAN

3.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Dari macam hubung singkat, pada umumnya gangguan yang terjadi merupakan gangguan yang bersifat temporer (sementara), atau yang berakibat hubung singkat fasa tunggal ke tanah. Perhitungan arus hubung singkat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$I = \frac{V}{Z} \quad (1)$$

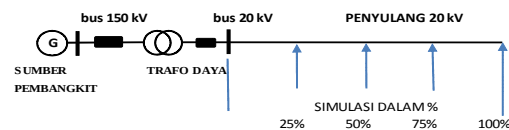
dimana: I = arus gangguan hubung singkat, V = tegangan sumber, dan Z = impedansi dari sumber ke titik gangguan, atau impedansi ekuivalen. Perbedaan perhitungan tiga jenis gangguan diberikan sebagai berikut:

- Gangguan fasa 3, impedansi yang terjadi adalah impedansi urutan positif nilai ekuivalen Z_1 dengan tegangan E_{fasa}
- Gangguan fasa 2, impedansi yang terjadi adalah jumlah impedansi urutan positif dan

urutan negatif, (nilai ekuivalen $Z_1 + Z_2$). Tegangan adalah $E_{\text{fasa-fasa}}$

- Dan untuk gangguan fasa tunggal ke tanah, impedansi yang terjadi adalah jumlah impedansi urutan positif + urutan negatif + urutan nol, nilai ekuivalen $Z_1 + Z_2 + Z_0$ dengan tegangan E_{fasa}

Simulasi perhitungan arus hubung singkat karena gangguan terlihat pada skema arus gangguan penyulang dari sumber pembangkit pada gambar 4, dimana impedansi penyulang per % dari panjang penyulang dan impedansi sumber pembangkit dapat hitung.



Gambar 4 Skema arus gangguan penyulang

3.1.1 Reaktansi trafo tenaga urutan positif dan negatif

Short circuit level di bus 150 kV didapat dengan[4]:

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA}$$

(2)

dimana dengan tegangan sumber 150 kV, dan trafo daya di GI (Gardu Induk) berkapasitas 500 MVA, maka nilai impedansi di sisi 150 kV adalah:

$$X_s = \frac{150^2}{500} = 45 \text{ Ohm}$$

Untuk impedansi di sisi 20 kV, dihitung dengan:

daya di sisi 150 kV = daya di sisi 20 kV

$$\frac{kV_1^2}{Z_1} = \frac{kV_2^2}{Z_2}$$

(3)

dan untuk $kV_1 = 150 \text{ kV}$, $Z_1 = 45 \text{ Ohm}$ dan tegangan penyulang = 20 kV, impedansi jaringan distribusi (Z_2) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Z_2 = \frac{20^2}{150^2} \times 45 = 0.8 \text{ Ohm}$$

Untuk daya trafo di GI = 60 MVA, rasio tegangan trafo = 150/20 kV, reaktansi trafo = 12%, impedansi dasar trafo (100%) di sisi 20 kV adalah:

$$Z_s = \frac{20^2}{60} = 6.666 \text{ Ohm}$$

dan reaktansi urutan positif dan negatif trafo adalah, $X_T = 12\% \times 6.666 = 0.7999 \Omega$

3.1.2 Reaktansi trafo tenaga urutan nol

Reaktansi urutan nol trafo dihitung dengan memperhatikan ada atau tidaknya belitan delta pada trafo daya:

- Kapasitas delta sama dengan kapasitas bintang, nilai $X_{T,0} = X_{T,1}$ berlaku pada trafo unit pada simulasi $X_{T,0} = 0,7999 \Omega$
- Trafo tenaga di GI dengan hubungan bintang-bintang (Yy) umumnya memiliki belitan delta dengan kapasitas sepertiga x kapasitas primer atau sekunder, dengan nilai $X_{T,0} = 3 \times X_{T,1}$, pada simulasi nilai $X_{T,0} = 3 \times 0,7999 = 2,3997 \Omega$
- Trafo tenaga di GI dengan hubungan bintang-bintang (Yy) yang tidak mempunyai belitan delta didalamnya, nilai $X_{T,0}$ berkisar antara 9 sd 14 x $X_{T,1}$, dan pada simulasi digunakan nilai 10 kali, sehingga $X_{T,0} = 10 \times X_{T,1}$ dengan nilai $X_{T,0} = 10 \times 0,7999 = 7,999 \Omega$.

3.1.3 Impedansi penyulang

Impedansi penyulang didapat dari industri kawat dan kabel. Kabel dan kawat yang digunakan di penyulang adalah kabel XLPE dan kawat AAAC. Impedansi penyulang dihitung dari tabel = panjang penyulang kali Z per km (dari tabel). Simulasi lokasi gangguan dalam perhitungan arus hubung singkat dinyatakan pada jarak 25%, 50%, 75% dan 100%. Impedansi penyulang berupa impedansi urutan positif, negatif dan urutan nol dihitung sebagai berikut:

- Impedansi urutan positif dan negatif, yang diambil dari tabel industri kawat/kabel, untuk penampang kawat AAAC 150 mm yang digunakan adalah $(0,2162 + j0,3305)$ ohm/km, dan impedansi untuk panjang penyulang 20 km diberikan pada tabel 3.

Tabel 3 Impedansi urutan positif dan negatif penyulang.

%	Perhitungan impedansi penyulang Z1, Z2
25	$0,25 \times 20 \times (0,2162 + j0,3305) = (1,0810 + j1,6525) \text{ Ohm}$
50	$0,50 \times 20 \times (0,2162 + j0,3305) = (2,1620 + j3,3050) \text{ Ohm}$
75	$0,75 \times 20 \times (0,2162 + j0,3305) = (3,2430 + j4,9575) \text{ Ohm}$
100	$1,00 \times 20 \times (0,2162 + j0,3305) = (4,3240 + j6,6100) \text{ Ohm}$

- Impedansi penyulang urutan nol, untuk kawat yang sama adalah $(0,3631 + j1,6180)$ ohm/km, dan impedansi untuk panjang 20 km diberikan pada tabel 4.

Tabel 4 Impedansi urutan nol penyulang

%	Perhitungan impedansi urutan nol penyulang
25	$0,25 \times 20 \times (0,3631 + j1,618) = (1,8155 + j8,0900) \text{ Ohm}$
50	$0,50 \times 20 \times (0,3631 + j1,618) = (3,6310 + j16,1800) \text{ Ohm}$
75	$0,75 \times 20 \times (0,3631 + j1,618) = (5,4465 + j24,2700) \text{ Ohm}$
100	$1,00 \times 20 \times (0,3631 + j1,618) = (7,2620 + j32,3600) \text{ Ohm}$

- Impedansi ekuivalen urutan pasif positif dan negative (tabel 5), dapat dihitung sesuai lokasi

gangguan dengan menjumlahkan impedansi sumber, impedansi trafo dan impedansi penyulang ($Z_1 + Z_2 + \%Z_L$), sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{1 \text{ eki}} &= Z_{2 \text{ eki}} = Z_{1 \text{ s}} + Z_{1 \text{ t}} + Z_{1 \text{ peny}} \\ (4) \quad &= j0,8 + j0,7999 + Z_{1 \text{ peny}} \\ &= j1,5999 + Z_{1 \text{ peny}} \end{aligned}$$

Tabel 5 Nilai impedansi ekuivalen urutan positif, negatif penyulang

%	Perhitungan impedansi Z1, Z2 ekuivalen
25	$j1,5999 + (0,0810 + j1,6525) = (0,0810 + j3,2524) \text{ Ohm}$
50	$j1,5999 + (2,1620 + j3,3050) = (2,1620 + j4,9049) \text{ Ohm}$
75	$j1,5999 + (3,2430 + j4,9575) = (3,2430 + j6,5574) \text{ Ohm}$
100	$j1,5999 + (4,3240 + j6,6100) = (4,3240 + j8,2099) \text{ Ohm}$

- Impedansi ekuivalen urutan nol, dihitung dengan didasarkan pada sistem pentanahan netral pasokan GI. Pentanahan untuk sistem Jawa Barat adalah 40 Ohm. Z0 dihitung dengan:

- Memulai dari trafo yang ditanahkan
- Tahanan netral bernilai $3R_N$
- Impedansi penyulang

Trafo tenaga umumnya memiliki belitan delta dengan kapasitas 1/3, dan untuk X_0 trafo dihitung sama dengan $3 \times X_1$ trafo:

$$\begin{aligned} X_{0 \text{ trafo}} &= 3 \times X_1 \text{ trafo} \\ &= 3 \times j0,7999 = j2,3997 \text{ Ohm} \end{aligned} \quad (5)$$

$$3 R_N = 3 \times 40 = 120 \text{ Ohm}$$

Z_0 ekuivalen penyulang = % panjang penyulang kali Z_0 total. Perhitungan Z_0 ekuivalen dapat dilihat pada tabel 6 yang dihitung ssebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{0 \text{ eki}} &= Z_{0 \text{ T}} + 3 R_N + Z_0 \text{ penyulang} \\ &= j2,3997 + 120 + Z_0 \text{ penyulang} \end{aligned}$$

Tabel 6 Nilai impedansi ekuivalen urutan nol penyulang

%	Perhitungan impedansi Z0 ekuivalen
25	$j2,3997 + 120 + (1,8155 + j8,0900) = (121,8155 + j10,4897) \text{ Ohm}$
50	$j2,3997 + 120 + (3,6310 + j16,1800) = (123,6310 + j18,5797) \text{ Ohm}$
75	$j2,3997 + 120 + (5,4465 + j24,2700) = (125,4465 + j26,6697) \text{ Ohm}$
100	$j2,3997 + 120 + (7,2620 + j32,3600) = (127,2620 + j34,7597) \text{ Ohm}$

Arus gangguan dihitung dengan menimbang 3 jenis gangguan sebagai berikut:

- Arus hubung singkat karena gangguan fasa 3 dapat dihitung berdasarkan pada:

$$I = \frac{V}{Z} \quad (6)$$

dimana, V = tegangan fasa-netral, dan Z = impedansi Z_1 ekuivalen.

Pada 25% penyulang, arus gangguan,

$$I = \frac{\text{tegangan fasa - netral}}{\text{impedansi ek. urutan positif, negatif}} \quad (7)$$

$$I = \frac{(20.000/\sqrt{3})}{((0.0810 + j 3.2524))} = 11.547 / 3.549$$

$$= 3.549,204 \text{ Ampere}$$

- b. Arus hubung singkat karena gangguan fasa 2 dihitung berdasarkan pada:

$$I = \frac{V}{Z} \text{ Ampere}$$

dimana, V tegangan fasa-fasa, dan Z = impedansi (Z1 + Z2) ekuivalen.

Untuk lokasi gangguan di 25% panjang penyulang, arus hubung singkat akan yang terjadi:

$$I = \frac{\text{tegangan fasa - fasa}}{\text{impedansi } (Z_1 + Z_2)} \quad (8)$$

$$I = \frac{20.000}{2 \times (0.0810 + j 3.2524)} \text{ Ampere}$$

$$= \frac{20.000}{\sqrt{(2 \times 0.0810)^2 + (2 \times 3.2524)^2}} = \frac{20.000}{6.5068}$$

$$= 3.074,179 \text{ Ampere}$$

- c. Arus hubung singkat karena gangguan fasa ke netral dihitung dengan:

$$I = \frac{V}{Z} \text{ Ampere}$$

dimana, V = 3 x tegangan fasa-netral, dan Z = impedansi (Z1 + Z2 + Z0) ekuivalen
Arus hubung singkat di 25% panjang penyulang adalah:

$$I = \frac{3 \times \text{tegangan - netral}}{\text{impedansi } (Z_1 + Z_2 + Z_0)} \quad (9)$$

$$= \frac{3 \times \frac{20.000}{\sqrt{3}}}{2 \times (0.0810 + j 3.2524) + (121.8155 + j 10.4897)} \text{ kV}$$

$$= 281,278 \text{ Ampere}$$

3.2 Analisa Arus Hubung Singkat

Hubung singkat di atas dapat dianalisa bahwa arus gangguan yang besar berakibat arus hubung singkat pada penyulang, atau arus yang melebihi nominal kemampuan penghantar yang terpasang. Pada tabel 7 terlihat bahwa pada lokasi yang dekat dengan sumber tenaga (GI) semakin besar arus yang terjadi dan sebaliknya bila jauh dari sumber tenaga maka arus hubung singkat semakin kecil.

Tabel 7 Analisa arus hubung singkat penyulang

% panjang penyulang lokasi gangguan	Arus hubung singkat akibat gangguan (A)		
	Fasa-tanah	2 fasa beradu	3 fasa beradu
25 %	281	3.074	3.549
50 %	264	1.865	2.154
75 %	251	1.366	1.578
100 %	238	1.077	1.244

Arus hubung singkat akibat gangguan meskipun lokasi berada pada 100 % panjang penyulang, cukup kuat untuk memberikan rangsangan pada *fault indicator* yang di pasang (menggunakan ComTroll 120 GLM, Line Troll 3100K atau Line Troll 3100) di percabangan penyulang untuk menyampaikan sinyal ke operator.

3.3 Hasil Penelitian

Penelitian menghasilkan data berupa *on* dan *off*, dalam arti bahwa apabila ada arus hubung singkat karena adanya gangguan maka *fault indicator* akan menyampaikan sms, berarti ada gangguan di sisi hilir yang dirasakan, seperti diberikan pada tabel 8.

Table 8 Data gangguan yang terjadi

TGL PDM	JENIS GANGGUAN	NOMOR INDICATOR YANG KERJA					LOKASI GANGGUAN	PENYEBAB GANGGUAN
15/09/2010	TEMPORER	1					B-F-H (5)	Pohon
22/09/2010	TEMPORER	1	3				H-I (6)	Pohon
08/10/2010	TEMPORER	1	5	7			L-R (14)	Hujan / petir
16/10/2010	TEMPORER	1	6	7	8		M-N (11)	jamper/connector
30/10/2010	POHON	1	6	7	8	9	O-P (12)	Pohon
07/11/2010	TEMPORER	1	2				F-G (4)	Pohon
11/11/2010	KABEL	1	3	4			I-J (7)	Kabel MV
28/11/2010	FUSE	1	6	7	8		O-Q (13)	Fuse Jaring Putus

3.4 Evaluasi Keandalan

Filosofi dari metode yang dipresentasikan ini adalah mengevaluasi keandalan jaringan distribusi dengan menghitung indeks-indeks keandalan SAIDI dan SAIFI. Indeks keandalan yang dihitung adalah indeks keandalan penyulang Guntung PLN APJ Bogor, sedangkan indeks keandalan secara keseluruhan penyulang dapat diasumsikan, mengingat untuk seluruh penyulang diperlukan anggaran yang terencana.

Pemanfaatan komunikasi *fault indicator* yang berbasis GSM adalah suatu metode untuk menganalisa lokasi gangguan. Gangguan (*fault*) yang terjadi langsung diidentifikasi daerah lokasinya dengan menggunakan akibat adanya gangguan. Dalam penelitian ini penerapan pemanfaatan *fault indicator* yang berbasis GSM pada penyulang Guntung diperoleh dua model kegagalan, yang pertama adalah pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), kegagalan

terjadi pada peralatan terpasang (internal) dan faktor luar (eksternal) pohon, alam, binatang dan lainnya, dan kedua pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), kegagalan yang terjadi didominasi oleh akibat internal atau peralatan dan komponen.

Evaluasi keandalan sistem ini menggunakan standar dari SPLN 59: 1985. Laju kegagalan (*failure rate*) dan waktu perbaikan (*repair time*) operasi kerja untuk penormalan gangguan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) *overhead line* diberikan sebagai berikut [3] :

- Dengan asumsi komponen dalam 1 unit penyulang: pemutus 1 bh, SUTM 16 km, gardu trafo distribusi 32 bh, maka frekwensi pemadaman ditetapkan untuk SUTM dengan sistem radial adalah 3,21 kali/tahun[3]. Nilai ini merupakan indeks keandalan frekwensi pemadaman (SAIFI).
- Lamanya pemadaman untuk SUTM dengan asumsi fisik jaringan sama, ditetapkan 21,094 jam/tahun[3]. Nilai ini merupakan indeks keandalan lamanya padam (SAIDI).

Untuk hasil penelitian, diasumsikan bahwa seluruh gangguan akan terdeteksi oleh *fault indicator* yang kerja seperti tergambar pada tabel 8, dan perhitungan SAIDI/SAIFI diasumsikan seluruh hasil penginderaan *fault indicator* ditindak lanjuti untuk upaya peningkatan keandalan sehingga perhitungan setelah penelitian terlihat pada tabel 9.

Tabel 9 SAIDI-SAIFI setelah penelitian

FEEDER	RELAY	TGL PDM	LAMA PDM	PLG PDM	SAIDI	SAIFI
Gunting	GFR	06/01/2010	2:46:00	12.450,00	0,11528	1,00000
Gunting	OCR RS M	29/01/2010	1:02:00	12.450,00	0,04306	1,00000
Gunting	GFR	03/02/2010	0:38:00	12.450,00	0,02639	1,00000
Gunting	GFR	07/02/2010	0:04:00	12.450,00	0,00278	1,00000
Gunting	GFR	15/04/2010	0:03:00	12.450,00	0,00208	1,00000
Gunting	GFR	17/04/2010	0:03:00	12.450,00	0,00208	1,00000
Gunting	GFR M	21/04/2010	0:18:00	12.450,00	0,01250	1,00000
Gunting	GFR M	23/04/2010	2:25:00	12.450,00	0,10069	1,00000
Gunting	OCR RST M	09/05/2010	1:35:00	12.450,00	0,06597	1,00000
Gunting	GFR M	17/05/2010	0:12:00	12.450,00	0,00833	1,00000
Gunting	OCR RS M	20/05/2010	0:16:00	12.450,00	0,01111	1,00000
Gunting	GFR	23/08/2010	0:58:00	12.450,00	0,04028	1,00000
Gunting	OCR RS M	25/08/2010	0:17:00	12.450,00	0,01181	1,00000
Jumlah			10:37:00	12.450,00	0,44236	13,00000

Dengan pemanfaatan pengelolaan manajemen pemeliharaan berdasarkan pada kerja *fault indicator* dapat dianalisa bahwa dalam data 8 bulan, SAIDI berubah dari 0,549 menjadi 0,442 dan SAIFI berubah dari 25 menjadi 13, dan bila dievaluasi dengan menggunakan SPLN 59: 1985 dengan asumsi SUTM model radial sepanjang 16 km dan gardu distribusi 32 bh diperoleh SAIDI = 21,07 jam/tahun dan SAIFI = 3,20 kali/tahun. Dengan demikian, pemanfaatan *fault indicator* berbasis GSM cocok diterapkan untuk pemulihan

cepat penyulang Gunting dan penyulang lainnya yang mengalami gangguan.

3.5 Upaya Meningkatkan Keandalan

Keandalan merupakan salah satu aspek yang penting dalam pendistribusian tenaga listrik ke pelanggan. Walaupun terdapat bentuk susunan jaringan yang berbeda di kota dan pedesaan, keandalan pendistribusian tenaga listrik harus tetap terjaga berdasarkan pada ketentuan PLN melalui:

- Edaran PLN No: 003/PST/1988 tanggal 22 Januari 1988, tentang: Pemeliharaan Instalasi Pem-bangkitan, Transmisi dan Distribusi.
- Edaran PLN No: 040.E/152/DIR/1999 tanggal 12 Maret 1999, tentang: Manajemen Pemeliharaan Distribusi.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian analisis peningkatan keandalan sebagai indeks keandalan penyulang Gunting dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu: Dengan metode *monitoring fault indicator* dengan komunikasi GSM untuk peningkatan keandalan sistem distribusi sangat cocok diterapkan ditinjau dari segi ekonomis, praktis, mudah, cepat dan sederhana karena:

- Nilai indeks keandalan SAIDI untuk penyulang Gunting dapat menghasilkan indikasi membaik untuk menghasilkan kinerja WCS di tahun 2012.
- Nilai indeks keandalan SAIFI untuk penyulang Gunting memberikan manfaat pemasangan *fault indicator* berupa penurunan, namun belum menunjukkan nilai tingkat keandalan yang baik, sehingga diperlukan perencanaan pemasangan *Recloser* pada jaringan.

Dapat disimpulkan juga bahwa penggunaan metode pemasangan *fault indicator* berbasis GSM untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik terlihat cocok diterapkan, terutama pada saluran udara tegangan menengah 20 kV yang banyak percabangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Billinton, R., Billinton, J.E. (1989). *Distribution System Reliability Indices*, IEEE Trans, Power Delivery, vol 4.
- [2] Dugan, Roger, C. (1996). *Electrical Power Systems Quality*, United States of America: McGraw-Hill Companies, Inc
- [3] PLN (Persero), PT. (1985). SPLN 59 :Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV. Jakarta: Departemen Dertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [4] A.Arismunandar dan S Kuwahara. (1979). *Teknik Tenaga Listrik*, jilid 2 Saluran Transmisi, Jakarta 1979
- [5] ComTroll 120 GLM , GSM modem for sending SMS alarms from Line Troll fault indicators.

Studi Transien Sistem Generator Sinkron – Kontrol dan Proteksi Berbasis Zelio Logic Smart Relays

Erliza Yuniarti

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Jln. A. Yani 13 Ulu Plaju Palembang

E-mail: erlizay@yahoo.com

Abstrak -- Konsumen energi listrik membutuhkan daya listrik dengan frekuensi dan tegangan yang konstan. Adanya variasi beban pada PLTMh sedangkan debit air konstan mengakibatkan berubahnya putaran turbin dan pada akhirnya akan mengubah frekuensi dan tegangan yang dihasilkan. PLTMh umumnya menggunakan alat kontrol dan proteksi ELC (electronic load controller) untuk menjaga tegangan dan frekuensi selalu konstan. ELC bekerja untuk menstabilkan frekuensi dan tegangan berdasarkan frekuensi dan tegangan referensi yang diinginkan saat terjadinya perubahan beban dengan mengatur arus menuju ballast load. Mempelajari karakteristik dinamik PLTMh dapat dilakukan dengan menggunakan generator-set. Pendekatan model generator-set dan ELC menggunakan model pendekatan kontrol adaptif orde 1 untuk ELC dan orde 2 untuk generator-set. Pengujian transien dilakukan berdasarkan perubahan pem-bebanan generator-set dengan dan tanpa ELC. Berdasarkan hasil pengujian dan simulasi dengan software Matlab Simulink didapatkan perbandingan arus overshoot dan steady state maksimum dari hasil pengujian sebesar 2,664 pada pengujian 50 Watt ke 550 Watt dengan waktu overshoot 9 -10 ms atau 0,01 detik. Respon ELC terhadap perubahan beban diatur setelah 255 ms (23 cycles) saat terjadi kenaikan beban dan 125,6 ms (12 cycles) saat terjadi penurunan beban setelah kondisi steady state yang baru diperoleh.

Kata kunci : ELC, studi transien, overshoot, steady state, generator-set

I. PENDAHULUAN

PLTMh merupakan pembangkit energi listrik berskala kecil atau di bawah 100 kilo Watt (kW) dapat dibuat dengan memanfaatkan potensi air berasal dari sungai kecil atau air terjun yang direkayasa sedemikian rupa sehingga mampu

menghasilkan aliran listrik sebagaimana yang dilakukan PLN.

Sebagian besar energi listrik yang dihasilkan PLTMh di pedesaan hanya digunakan untuk penerangan pada malam hari, sedangkan penggunaan pada siang hari jumlahnya relatif kecil. Perubahan-perubahan konsumsi energi listrik pada konsumen ini apa bila tidak disesuaikan dengan daya yang dihasilkan pada sisi pembangkit akan menyebabkan ketidakstabilan tegangan dan frekuensi keluaran dari generator [1,3].

Terjadinya perubahan dari kondisi tunak atau biasa dikenal dengan nama *steady state* ke kondisi beban yang baru membutuhkan proses penyesuaian yang dinamakan transien [4,5] sebelum kondisi *steady state* yang baru dapat dicapai. Studi transien mengamati perubahan tegangan, frekuensi dan arus pada saat terjadinya penambahan atau pengurangan beban.

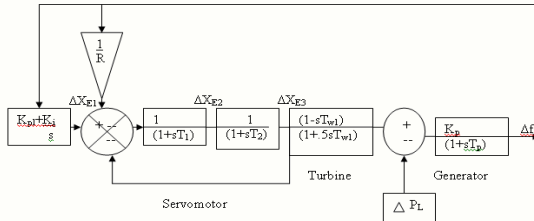
Studi dilakukan dengan melakukan simulasi PLTMh dengan sistem dinamik yang setara. Generator-set dipilih sebagai simulator PLTMh karena memiliki karakteristik dinamik yang hampir sama dan mudah didapatkan. Pengujian generator-set dilakukan berdasarkan pembebanan menggunakan ELC (*Electronic Load Controller*) berbasis *Zelio Logic Smart Relays* dan tanpa ELC. ELC berbasis *Zelio Logic Smart Relays* di desain sebagai alat kontrol terintegrasi dengan sistem proteksi yaitu untuk *under/over voltage*, *under/over current*, serta *under/over frekuensi*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Air adalah *prime over* atau penggerak mula pada sistem PLTMh dengan energi potensialnya menggerakkan turbin yang dikopel dengan generator untuk energi mekanik. Beberapa tipe turbin yang biasa dipergunakan pada PLTMh diantaranya adalah turbin *open flume*, *cross flow*, pelton, dan kincir. Penggunaan didasarkan pada *head* atau elevasi tinggi air, efisiensi turbin dan keekonomisan.

Perencanaan sistem pembangkit dengan berbagai komponen pendukungnya seperti governor, turbin dan generator dapat dilakukan melalui simulasi

terlebih dahulu. Model simulasi dengan Matlab Simulink [2,7] untuk sistem pembangkit PLTMH secara umum yang terdiri dari governor yang dilengkapi dengan motorservo untuk mengatur debit air yang masuk, turbin dan generator dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Simulasi Matlab Simulink Pembangkit Energi Listrik Mikrohidro [7]

Kontrol beban elektronik (*Electronic Load Controller*) merupakan suatu alat yang terdiri dari komponen-komponen elektronika dan mekanik yang bermanfaat untuk menjaga frekuensi dan tegangan output generator pada sistem PLTMh tetap konstan walaupun terjadi perubahan beban [1,4]. ELC difungsikan sebagaimana fungsi governor [6,8] yaitu mengatur aliran air menuju turbin yang terjadi pada saat perubahan beban. ELC menjaga frekuensi dan tegangan generator dengan cara mensuplai beban penyeimbang (*ballast load*) saat daya tidak dibutuhkan oleh beban utama (konsumen), dengan kata lain ELC akan membagi arus yang dihasilkan PLTMh ke kedua beban yaitu beban konsumen dan beban penyeimbang.

Di sistem tenaga tanggapan akan menunjukkan transien ketika diberi masukan maupun gangguan. Tanggapan transien dengan sistem masukan *step* [7] akan bergantung dengan variasi sistem, yaitu sistem mula-mula diam dengan keluaran dan semua turunan waktunya adalah nol, sehingga karakteristik tanggapan dapat dengan mudah dibandingkan [4,5]. Penyederhanaan dan pendekatan dilakukan dengan menggunakan orde ke-2, *input output* [5] sistem dinyatakan dalam,

$$\ddot{y} + 2\xi\omega_n\dot{y} + \omega_n^2 y = q_0 u \quad (1)$$

Tanggapan transien yang menunjukkan osilasi [19,22] *under damp*, *over damp* atau *critically damp* terjadi sebelum mencapai kondisi tunak atau *steady state*. Penggolongan tanggapan transien [4,5,7] dalam sistem kontrol terhadap masukan *step* dikelompokkan menjadi waktu tunda, t_d , waktu naik, t_r , waktu puncak, t_p , maksimum *overshoot*, M_p , dan waktu turun, t_s .

Waktu naik, T_r (*rise time*), waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 10% menjadi 90%, 5% menjadi 95 % atau 0% menjadi 100% dari nilai akhir yang dipergunakan.

$$T_r = \frac{\pi - \alpha}{\omega_n \sqrt{1 - \xi^2}} \quad (2)$$

Waktu puncak, t_p (*peak time*), waktu yang diperlukan untuk mencapai puncak pertama *overshoot*.

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1 - \xi^2}} \quad (3)$$

Maksimum *overshoot* (u) merupakan nilai puncak kurva atau grafik waktu yang diukur dalam satuan, biasanya dinyatakan dalam %, nilai persen *overshoot* menunjukkan kestabilan relatif dari system.

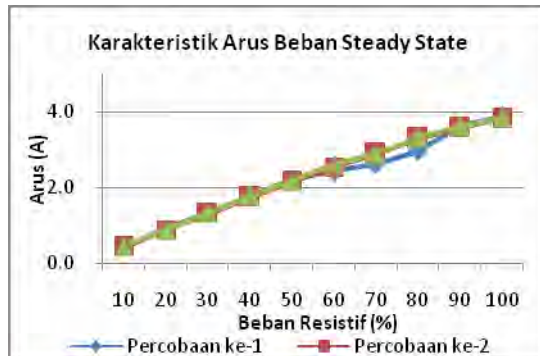
$$u = \frac{x_{\max} - x_{\infty}}{x_{\infty}} \quad (4)$$

Waktu turun, T_s (*settling time*), waktu yang diperlukan untuk menanggapi kurva agar dapat mencapai dan tetap berada pada nilai akhir dengan presentase mutlak sebesar 2 – 5%.

$$T_s = \frac{\ln(\epsilon \sqrt{1 - \xi^2})}{\xi \omega_n} \quad (5)$$

III. PEMODELAN SISTEM PLTMh

Proses penelitian studi transien menggunakan pemodelan sistem PLTMh disimulasikan dengan menggunakan generator-set 1 kVA sebagai simulator dengan alat kontrol dan proteksi ELC berbasis *Zelio Logic Smart Relays*. Pengujian pembebanan dilakukan untuk mendapatkan karakteristik steady state dan menentukan parameter model sebelum pembuatan model menggunakan model kontrol adaptif.



Gambar 2. Karakteristik Arus Generator

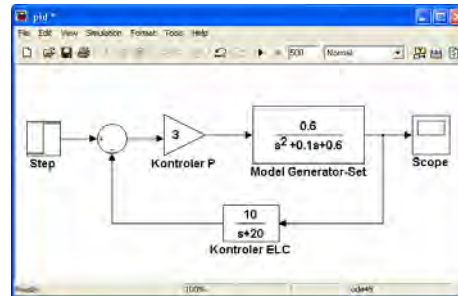
Pengujian dimulai dengan melakukan uji karakteristik generator-set pada kondisi steady state dengan melakukan pembeban resistif, dari pengujian diharapkan akan di dapatkan frekuensi, tegangan dan arus beban pada kondisi *steady state* sebagai referensi pengujian transien untuk nilai X_e (*settling time*). Pengujian dilakukan dengan pengukuran arus [2] dengan menggunakan osiloskop analog di bantu dengan *software Signal Analyzer 3.63* untuk merekam sinyal.

Pengujian menggunakan ELC melakukan pembebanan secara bertahap mulai dari pembebanan 50 W dan di tambah bertahap sebesar 100 W hingga beban 550 W. Pengujian ini dilakukan dengan batasan 550 W karena triac pada rangkaian ELC mempunyai kemampuan maksimum sebesar 2 A dengan tegangan 220 V di dapat daya sebesar 450 W, sehingga arus yang dapat dialihkan ke *ballast load* juga 450 W. Besarnya total arus keduanya yaitu arus ke beban dan ke *ballast load* mencukupi 1000 W.

Model pendekatan generator-set dan ELC dibuat dengan persamaan model orde 2 dengan persamaan model kontrol adaptif sedangkan ELC dibuat dengan metode *trail and error* dalam bentuk *transfer function* orde 1. Pendekatan dipilih dengan orde satu dengan asumsi ELC sebagai kontroler berfungsi sebagai penstabil dengan kata lain sebagai fungsi koreksi untuk mendapat tegangan dan frekuensi yang diinginkan dengan cara pembagian beban.



Gambar 3. Arus Transien Pengujian Beban 10 % ke 80 %



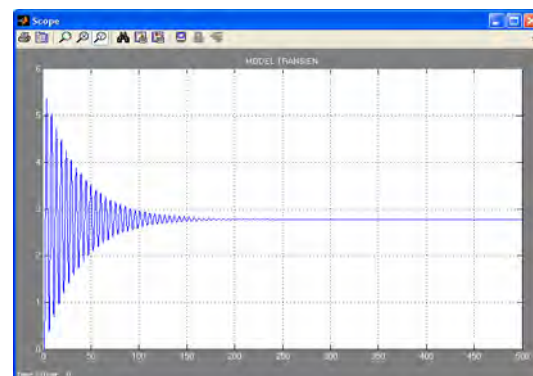
Gambar 4. Blok Diagram Simulasi Generator-Set Menggunakan ELC

pengujian menggunakan ELC dan generator-set ada pada Tabel 1 didapat, waktu *overshoot* relatif singkat berkisar pada 9 – 10 ms, sedangkan waktu *steady state* berada pada 123,5 – 255 ms bergantung pada kenaikan pembebanan.

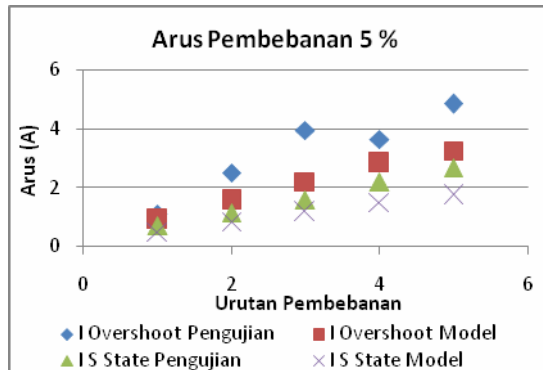
Arus *overshoot* terbesar pada pengujian ke 5 pada pembebanan 50 ke 550 W sebesar 7,042 Amper atau 2,67 kali lebih besar dari arus *steady statenya* 2,643 A. Secara umum dapat dikatakan dari Tabel 1 didapatkan kenaikan arus *overshoot* dan arus *steady state* masing-masing berbanding lurus dengan pembebanannya. Frekuensi juga menunjukkan kestabilan dari awal pengujian sampai ke kondisi *steady state* baru sebesar 49,99 Hz.

Hasil model pendekatan generator-set dengan ELC pada Tabel 2, mendapatkan arus *overshoot* maksimum sebesar 5,378 A lebih kecil dari hasil pengujian yaitu 7,042 A. % *error* untuk arus *overshoot* berada pada range yang sama yaitu 0,42 – 23,63 %, sedangkan % *error* arus *steady state* pada model di bandingkan dengan pengujian saling mendekati satu dengan yang lain terlihat pada % *error* maksimum *steady state* yang relatif kecil yaitu 22,46 %.

Waktu *overshoot* pada model 3,60 ms, lebih singkat dari waktu *overshoot* pengujian dengan range 9 -10 ms sehingga % *error* maksimum menjadi cukup besar yaitu 64 %, waktu *steady state* mempunyai *error* sebesar 29,41 %.



Gambar 5. Scope Model Pendekatan Pembebanan Bertambah Generator-Set Menggunakan ELC



Gambar 6. Arus Pembebanan Generator-Set dengan Menggunakan ELC

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian studi transien yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa arus *overshoot* (I_{max}) maksimum pada pengujian generator-set menggunakan ELC sebesar 2,67 kali dari arus *steady state*, dengan waktu puncak (T_p) maksimum 10 mili detik.

Respon ELC terhadap perubahan beban diatur setelah 255 ms saat terjadi kenaikan beban dan 125,6 ms saat terjadi penurunan beban setelah kondisi *steady state* yang baru diperoleh.

Hasil penelitian dengan menggunakan pengukuran arus didapati kesulitan seperti menentukan *settling time* karena keterbatasan kemampuan osiloskop yang dipergunakan, untuk kesempurnaan penelitian perlu dibuat *hardware* tambahann guna mengukur *time*, arus dan tegangan secara bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. R. Widmer., A. Arter., 1992, Village Electrification, Volume 5, Harnessing Water Power on Small Scale.
2. Takyin Taky Chan, Transient Analysis of Tntegrated Solar/Hybrid Power System Using MATLAB Simulink, School of Electrical Engineering Victoria University, Australia
3. Helmi Heriyanto, 2010, Rancang Bangun Alat Kontrol dan Proteksi Terintegrasi Berbasis Zelio Logic Smart Relays untuk PLTMH, Tesis UGM
4. Ogata, Katsuhiko., 1996, Teknik Kontrol Automatik, Penerbit Erlangga, Jakarta
5. Grantham, Walter J., Vincent, Thomas L., 1993, Modern Control Systems Analysis and Design, John Wiley Sons, Inc.
6. Lutz, Holger., Wendt, Wolfgang., 2000, Taschenbuch der Regelungstechnik, Verlag Hari, Deutsch
7. Jaganathan, S., Palaniswami, S., Adithya, R., Kumar, Naresh., 2011, Synchronous Generator Modelling ang Analysis for a Microgrid in Autonomous ang Grid Connected Mode, International Journal of Computer Applications, Vol. 13 No. 5.
8. Himani Goyal., M. Hanmandlu., D.P. Kothari., An Artificial Intelegence based Approach for Control of Small Hydro Power Plants, Indian Institute of Technology, Hauz Khas, New Delhi, India

Tabel 1 Identifikasi Pengujian Pembebanan Menggunakan ELC dan Generator-Set

No.	Beban (%)	Xo					Xa max						Xa (ss)					
		To (ms)	V (A)	Vrms (A)	Irms (A)	F (Hz)	T' (ms)	Tp (ms)	V (A)	Vrms (A)	Irms (A)	F (Hz)	T'' (ms)	Tss (ms)	V (A)	Vrms (A)	Irms (A)	Fss (Hz)
Pengujian Arus																		
1	50-150	62,5	1,2	0,424	0,260	49,9	71,5	9,0	7,6	2,687	1,647	49,9	186,0	123,5	3,4	1,2	0,737	49,9
2	50-250	92,0	1,2	0,424	0,260	49,9	101,0	9,0	12,6	4,455	2,730	49,9	242,0	150,0	5,4	1,9	1,170	49,9
3	50-350	8,7	1,2	0,424	0,260	49,9	18,7	10,0	17,8	6,294	3,857	49,9	163,0	154,3	7,4	2,6	1,603	49,9
4	50-450	173,0	1,2	0,424	0,260	49,9	182,0	9,0	21,4	7,567	4,637	49,9	377,0	204,0	9,0	3,2	1,950	49,9
5	50-550	171,0	1,2	0,424	0,260	49,9	180,3	9,3	32,5	11,492	7,042	49,9	426,0	255,0	12,2	4,3	2,643	49,9

1.

Tabel 2. Perbandingan Pengujian dan Model Pendekatan Pembebanan Menggunakan ELC dan Generator-Set

No.	Beban (%)	Pengujian						Model						% Error			
		Td	Tr	Tp	Tss	I max	Iss	Td	Tr	Tp	Tss	I max	Iss	I max	Iss	Tp	Tss
		(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(A)	(A)	(ms)	(ms)	(ms)	(ms)	(A)	(A)				
Pengujian Arus																	
1	50-150	4,50	5,69	9,0	123,5	1,647	0,737	1,80	2,28	3,60	150,00	1,550	0,800	5,87	8,60	60,00	21,46
2	50-250	4,50	5,69	9,0	150,0	2,730	1,170	1,80	2,28	3,60	150,00	2,597	1,344	4,87	14,87	60,00	0,00
3	50-350	5,00	6,32	10,0	154,3	3,857	1,603	1,80	2,28	3,60	160,00	3,614	1,830	6,29	14,14	64,00	3,72
4	50-450	4,50	5,69	9,0	204,0	4,637	1,950	1,80	2,28	3,60	170,00	4,617	2,388	0,42	22,46	60,00	16,67
5	50-550	4,65	5,88	9,3	255,0	7,042	2,643	1,80	2,28	3,60	180,00	5,378	2,784	23,63	5,32	61,29	29,41

Analisa Koordinasi Proteksi Instalasi Listrik pada Terminal Loading Area (TLA), Lapangan Minyak dan Gas Bumi Senipah

Radita Arindya

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Satyagama

E-mail: raditatech@yahoo.com

Abstrak -- Koordinasi proteksi adalah pemilihan alat pelindung dan penentuan setelan waktu guna menentukan daerah perlindungannya terhadap gangguan sementara dan mengkoordinasikan alat-alat perlindungan. Manfaat koordinasi alat perlindungan adalah meminimumkan daerah atau bagian yang terganggu dan menentukan tempat terjadinya gangguan. Hasil akhir dari analisa koordinasi proteksi adalah gambaran tentang bagaimana koordinasi antara circuit breaker pada jaringan sisi atas (upstream) dengan circuit breaker pada jaringan sisi bawahnya (downstream). Setiap beban listrik pasti memerlukan suatu peralatan pengaman untuk mencegah terjadinya gangguan pada sistem. Circuit breaker adalah alat proteksi yang bekerja untuk memutuskan sirkuit saat terjadi gangguan. Ada beberapa circuit breaker yang terpasang pada instalasi listrik yang saling berkoordinasi membentuk diskriminasi, agar pada saat terjadi gangguan hanya pada circuit breaker yang mengalami gangguan saja yang trip sedangkan yang lainnya tetap beroperasi. Program Ecodial merupakan program yang digunakan untuk mengetahui apakah terjadi diskriminasi atau tidak. Hasil yang didapat dari program Ecodial adalah Koordinasi proteksi antara CB Q1 pada bagian transformator dengan CB Q6 untuk Supressor terjadi diskriminasi total dan Koordinasi antara CB Q1 pada bagian transformator dengan CB Q11 untuk Feeder 220V dan CB Q18 untuk Heater BL#1 terjadi diskriminasi total.

Kata Kunci : Diskriminasi, Proteksi tenaga listrik

I. LATAR BELAKANG

Kebutuhan tenaga listrik demikian pesatnya seiring dengan begitu cepatnya perkembangan di industri minyak dan gas bumi . PT TEPI merupakan bagian dari industri minyak dan gas bumi yang membutuhkan tenaga listrik cukup besar untuk memperlancar produksi . Sistem tenaga listrik yang handal merupakan faktor utama untuk mengalirkan minyak dan gas bumi .

Bilamana terjadi suatu gangguan pada jaringan listrik dan beban maka proses produksi di PT.Total E&P Indonesia akan terhenti, sehingga menyebabkan perusahaan mengalami kerugian yang besar. Perusahaan harus memperbaiki peralatan yang rusak dan perusahaan juga tidak dapat menjual hasil produksinya. Hal tersebut bisa dihindari dengan pemasangan alat proteksi yang bertujuan melindungi peralatan atau mesin-mesin yang digunakan untuk produksi. Persoalan yang dihadapi adalah apakah saat terjadi gangguan koordinasi proteksi antara peralatan proteksi (*circuit breaker*) yang terpasang pada instalasi motor telah berjalan dengan baik atau belum, oleh karena itu perlu dilakukan uji atau simulasi untuk mengetahui kinerja (koordinasi proteksi) peralatan proteksi yang dipasang pada saat terjadi gangguan. Proteksi motor listrik terhadap pembebanan lebih maupun hubung singkat dapat menggunakan relai arus lebih dengan karakteristik *invers*. Motor yang kecil, di bawah 10 HP menggunakan relai arus lebih dengan elemen *thermal* untuk proteksi arus lebih yang dikombinasi dengan sekering lebur untuk proteksi hubung singkat. Pada arus yang besar, sekering lebur bekerja lebih cepat daripada relai arus lebih dengan elemen *thermal* (Marsudi. D, 2005).

Instalasi listrik dan panel listrik yang baik akan memberikan suplai daya listrik kepada beban listrik sesuai kebutuhan, sekaligus mengamankan beban listrik tersebut, peralatan instalasi, dan manusia sebagai operator dari kemungkinan bahaya yang terjadi seperti arus hubung singkat dan arus beban lebih. Perencanaan instalasi listrik dan panel listrik ini menggunakan program ecodial untuk menggantikan perencanaan instalasi listrik dan panel listrik secara manual (Gregorius Mosed K.M).

Dijelaskan juga tentang bagaimana kinerja rele *Restricted Earth Fault* (REF) pada proteksi trafo 150/20 KV 60 MVA di GI Jajar . Dimana rele akan bekerja apabila terjadi gangguan yang dapat mengakibatkan kinerja trafo menurun ataupun merusak trafo (Suryadi, 2002).

1.1 Diskriminasi Tenaga Listrik

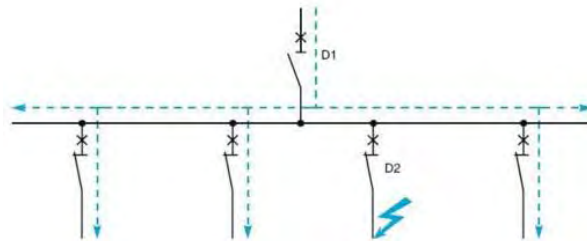
Diskriminasi diperlukan karena setiap level instalasi listrik membutuhkan tingkat keselamatan, keamanan, ketersediaan yang khusus dan juga merupakan faktor kunci untuk *continueitas* suplai, gambar diskriminasi tenaga listrik ditunjukkan pada gambar 1. Diskriminasi menjamin kontinuitas suplai saat terjadi gangguan, dengan mencegah gawai sisi atas terbuka karena arus gangguan telah dihilangkan dengan terbukanya gawai sisi bawah.

Diskriminasi merupakan koordinasi antara karakteristik operasi pemutus sirkit satu dengan pemutus sirkit lain yang dipasang secara seri sehingga bila terjadi gangguan pada sisi bawah (D2) maka yang bekerja untuk memutus rangkaian atau *trip* adalah pemutus sirkit yang terpasang tepat diatas gangguan atau bukan sisi atau daerah atas (D1).

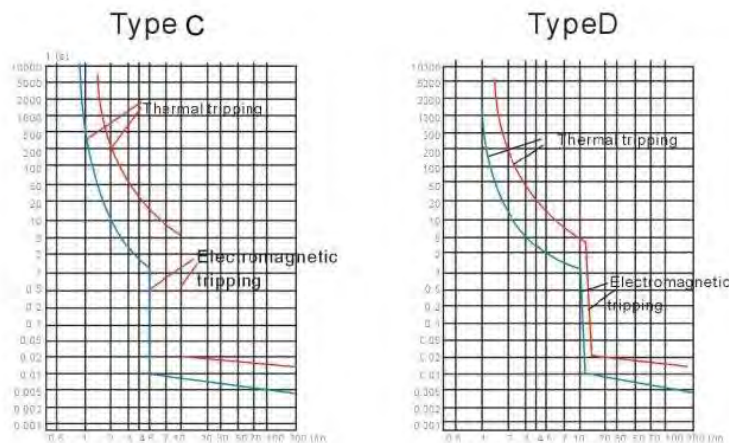
1.2 Circuit Breaker (CB)

Circuit breaker merupakan peralatan yang berfungsi sebagai pembatas dan pelindung beban. Sebuah CB harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Harus dapat menghantarkan arus beban penuh untuk waktu yang lama.
- Harus mampu menahan arus hubung singkat dalam waktu tertentu sampai gangguan dapat dibatasi oleh pemutus lain yang letaknya paling berdekatan dengan titik gangguan.
- Harus mampu menahan efek busur api pada kontak-kontaknya dan kenaikan temperatur yang disebabkan oleh arus hubung singkat yang lewat.
- Celah diantara kontak-kontaknya pada saat terbuka harus mampu menahan tegangan sistem



Gambar 1. Diskriminasi Tenaga Listrik



Gambar 2 Kurve karakteristik CB

1.3 Perhitungan Arus Nominal dan Arus Hubung Singkat

Besarnya arus nominal ditunjukkan persamaan (1) dan persamaan (2) digunakan untuk menentukan kapasitas CB yang akan dipakai. Beban satu fasa (C.Sinkaran):

$$I_{\text{NOMINAL}} = \frac{P}{V \times \cos \phi \times \eta} \quad (1)$$

Beban tiga fasa (C.Sinkaran):

$$I_{\text{NOMINAL}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi \times \eta} \quad (2)$$

P = Daya (W)
 V = Tegangan antar fasa (V)
 $\cos\phi$ = Faktor daya
 η = efisiensi (%)

Pemilihan CB selain memperhatikan kapasitas arus nominal beban, juga harus memperhatikan arus hubung singkat yang dapat terjadi. Besar arus hubung singkat sesuai dengan persamaan (3).

$$I_{SC} = \frac{V_0}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_{total})^2 + (X_{total})^2}} \quad (3)$$

dengan :

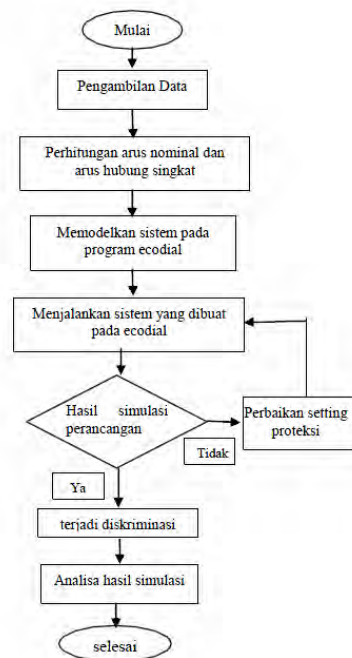
I_{sc} = Arus hubung singkat (kA)
 V_0 = Tegangan antar fasa transformator pada kondisi tanpa beban (V)
 R_{total} = Resistansi total (Ω)
 X_{total} = Reaktansi total (Ω)

II.. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis koordinasi proteksi :

1. CB Q1 pada MDP (*Main Distribution Panel*) Transformator T1 100 kVA 400v 50 Hz dengan Circuit Breaker Q6 (*Sup Distribution Panel*) untuk beban motor pompa suppressor 3
2. koordinasi proteksi CB Q1 untuk Transformator T1 100 kVA 400v 50 Hz dengan CB Q11 untuk Feeder 220V dan CB Q18 untuk Heater BL#1.

Analisa proteksi untuk kedua kasus tersebut menggunakan program Ecodial. Langkah pertama memodelkan atau menggambar diagram sistem instalasi motor pada program Ecodial. Selanjutnya dilakukan sebuah simulasi analisis koordinasi proteksi antar CB jaringan sisi atas dengan jaringan sisi bawahnya. Tahap terakhir setelah diperoleh hasilnya, analisa bentuk kurve karakteristik antar CB jaringan sisi atas dengan CB jaringan sisi bawah. Alur penelitian ditunjukkan pada gambar 3.

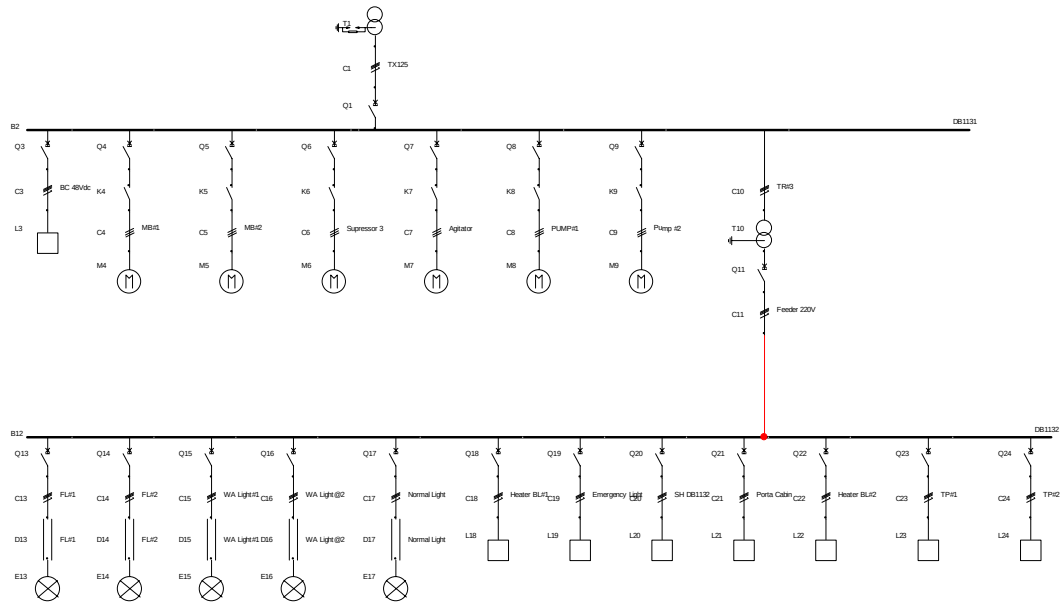


Gambar 3. Diagram alir simulasi koordinasi proteksi

III. ANALISA KOORDINASI PROTEKSI

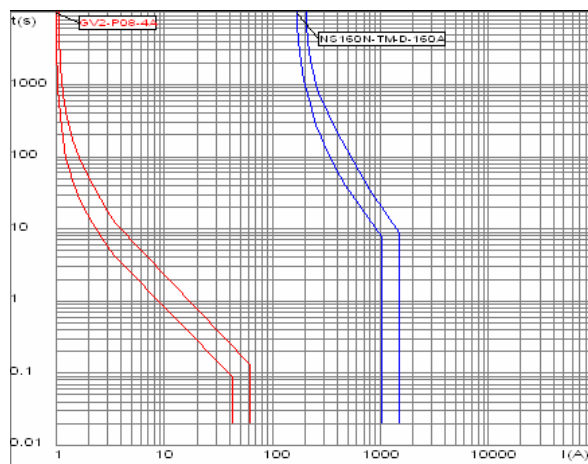
Fungsi utama peralatan proteksi atau perlindungan adalah melepaskan atau memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem keseluruhannya guna memperkecil kerusakan yang dapat terjadi dan sebanyak mungkin mempertahankan kontinuitas penyediaan tenaga listrik. Peralatan pengaman harus melakukannya dalam waktu yang secepatnya sehingga seluruhnya dilaksanakan secara otomatis dan selektif terhadap segala jenis gangguan yang mungkin terjadi.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka peralatan proteksi harus mempunyai koordinasi yang baik sehingga mutu pelayanan energi listrik dapat terjaga. Untuk mengetahui apakah terjadi diskriminasi atau tidak antar CB ditunjukkan pada lampiran.



Gambar 4. Single Line Diagram - TLA

3.1 Koordinasi proteksi antara CB Q1 pada bagian transformator dengan CB Q6 untuk Suppressor 3



Gambar 4 Koordinasi antara CB Transformator dengan CB pada bagian panel MDP

- Mengalami diskriminasi total, yaitu pada saat terjadi arus gangguan di bawah 51 A, maka CB GV2-P08 yang akan bekerja sesuai setting waktunya. Dapat dilihat pada Gambar 4
- Arus gangguan sebesar 1000 A, maka sesuai setting arusnya maka GV2-P08 bekerja terlebih dahulu, namun jika ada kerusakan atau sebab lain maka CB NC-160N-TM-D akan bekerja sesuai waktu tundanya
- Arus gangguan di atas 1.000 A maka CB GV 2-P08 akan bekerja seketika sesuai settingannya.

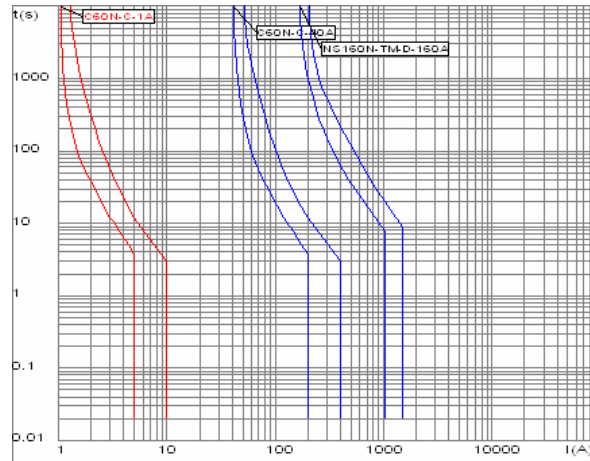
Sedangkan CB NC 160N-TM-D baru akan bekerja.

3.2 3.2 Koordinasi antara CB Q1 pada bagian transformator dengan CB Q11 untuk Feeder 220V dan CB Q18 untuk Heater BL#1.

- Mengalami diskriminasi total, yaitu pada saat terjadi arus gangguan di bawah 10 A, maka CB C-60N-C 1A yang akan bekerja sesuai setting waktunya. Dapat dilihat pada Gambar 5
- Arus gangguan sebesar 350 A, maka sesuai setting arusnya maka CB C60 N-C – 1A bekerja

terlebih dahulu, namun jika ada kerusakan atau sebab lain maka CB C 60N-C 40 A akan bekerja sesuai waktu tundanya.

c. Arus gangguan di atas 1000 A maka CB C60 N-C – 1A akan bekerja seketika sesuai settingannya. Sedangkan CB C60 N-C – 40A baru akan bekerja dan disusul CB NS 160N-TM-D-160 A baru akan bekerja .



Gambar 4 Koordinasi antara CB Transformator dengan CB pada bagian panel MDP

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisa pengujian software ecodial terhadap kasus koordinasi proteksi dapat disimpulkan beberapa hal :

- Koordinasi proteksi antara CB Q1 pada bagian transformator dengan CB Q6 untuk Supressor terjadi diskriminasi total.
- Koordinasi antara CB Q1 pada bagian transformator dengan CB Q11 untuk Feeder 220V dan CB Q18 untuk Heater BL#1 terjadi diskriminasi total.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrillaga, J. ; C.P. Arnold. dan B.J. Harker. 1984. Computer Modeling of Electric Power Systems. John Wiley & Sons Ltd.
- Marsudi, Jiteng. 1990. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Balai penerbit dan Humas ISTN, Jakarta
- Stevenson Jr, William D dan Kemal Idris. 1990. Analisis Sistem Tenaga, Erlangga. Jakarta, 1990.
- Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Umar, Dadang Hermawan. Analisa Koordinasi Proteksi Instalasi Motor pada PT. Kusumaputra Santosa Karanganyar : Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2010 (SNATI 2010), 19 Juni 2010

Identifikasi Potensi Penghematan Energi di Industri Kertas

Achmad Hasan

Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT

Gedung II BPPT, Lt. 20. Jl. MH. Thamrin No.8, Telp. (021) 3169789. Jakarta 10340

e-mail : a_hasan@webmail.bppt.go.id, hasan_bppt@yahoo.com

Abstrak -- Identify potential energy savings is one way to optimize the supply and use of energy in industrial sector. Electrical energy supplied by PT. PLN (Persero) with installed power capacity of 30,000 kVA. Electrical energy to the production process with a voltage of 20 kV through 11 (eleven) units transformer. Based on the results of power quality measurements with HIOKI 3197 and HIOKI 3286-20 show as seen in the previous section, it can be seen that: (a) load unbalances seen from the voltage and current in the transformer MCC-01 and the transformer E-34. (b) magnitude fluctuating voltage on the main transformer phase S and T. Even the relatively high voltage (up to 233 V) on the transformer lighting. (c) the power factor is around 0.92 is good enough, but the power factor at the transformer low enough E-34 which reached 0.56. The power factor on transformer lighting value -1 (leading). (d) total harmonic distortion (THD) voltage and current transformer at some fairly high beyond the limit of tolerance. There are several potential energy savings that can be identified, among others: decrease the voltage and current THD, reduction of reactive power consumption in lighting, improved load balancing.

Kata Kunci: Energi, Filter Harmonik, Faktor Daya, Penghematan

I. PENDAHULUAN

Identifikasi potensi penghematan energi merupakan salah satu cara untuk merencanakan optimalisasi penyediaan dan pemanfaatan energi yang dibutuhkan di sektor industri, baik untuk industri kecil maupun menengah. Selain itu untuk mengoptimalkan alokasi energi dalam proses penciptaan nilai tambah dengan tujuan dapat tersusunnya pokok-pokok pikiran. Selanjutnya dapat dijadikan dasar dan pola perencanaan energi sektoral di industri yang bersifat dinamis dan terpadu sebagai bahan penyusunan strategi pengembangan energi di sektor tersebut, baik untuk jangka pendek, menengah maupun jangka panjang [3]. Industri yang peralatan produksi utamanya mengkonsumsi energi terbesar merupakan industri yang padat energi. Dengan semakin ketatnya persaingan antara industri yang sejenis dalam pemasaran produknya, maka

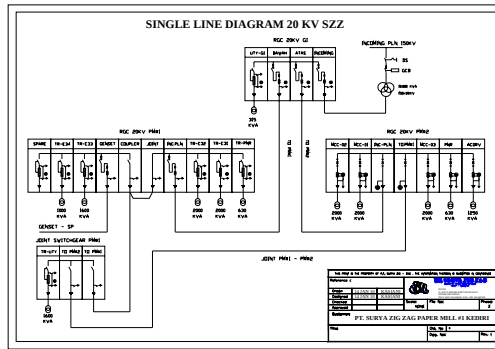
peningkatan kemampuan daya saing dapat diperoleh dari keselarasan harga produk dengan kualitasnya menurut konsumen. Terus meningkatnya harga energi mengakibatkan keselarasan tersebut memberatkan konsumen.

Perusahaan terus berupaya menurunkan biaya energi (ongkos produksi) guna untuk mengantisipasi kenaikan harga energi dan kebocoran penggunaan energi. Namun diperlukan aktifitas alternatif agar usaha penurunan biaya energi dapat lebih ditingkatkan dalam bentuk program konservasi energi jangka panjang di perusahaan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut harus dilakukan kegiatan audit energi agar dapat diidentifikasi dan diquantifikasi (dihitung) konsumsi energi secara rinci dari peralatan energi utama. Dari pelaksanaan kegiatan audit tersebut, nantinya dapat diambil beberapa ketentuan, yaitu : (a) apakah pengelompokan industri yang mengkonsumsi energi terbesar dan terkecil. (b) apakah lebih dari 50% dari total keseluruhan konsumsi energinya berasal dari BBM, listrik, batu bara, maupun energi lainnya, dan (c) apakah teknologi yang digunakan masih sederhana, sehingga potensi penghematan energinya masih berpeluang besar [1]. Makalah ini akan membahas pelaksanaan identifikasi potensi penghematan energi di salah satu pabrik kertas ternama di Jawa Timur.

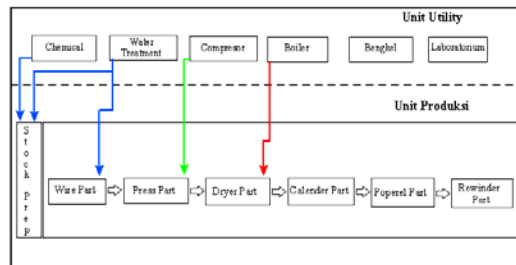
II. BAHAN DAN METODE

2.1. Potret Penggunaan Energi

Sumber energi yang digunakan pada pabrik kertas ini terdiri atas energi listrik dan energi termal. Energi listrik dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan kapasitas daya terpasang 30.000 kVA. Energi listrik untuk proses produksi dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan tegangan 20 kV melalui 11 (sebelas) buah transformator.



Gambar 1. Single line diagram sistem kelistrikan



Gambar 2. Unit-unit pengguna energi listrik dan energi termal

Single line diagram dan skema penggunaan energi listrik dan termal seperti diperlihatkan pada gambar 1 dan gambar 2 di atas.

2.2. Kualitas Daya

Parameter kualitas daya yang menjadi perhatian adalah: [5]

a. Harmonik Tegangan

Merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) tegangan, sehingga bentuk gelombang tegangan menjadi buruk (tidak sinusoidal murni). Harmonik tegangan ini dapat menyebabkan terjadinya pemanasan dan kualitas operasi yang buruk pada kinerja peralatan.

b. Harmonik Arus

Merupakan gelombang distorsi yang merusak bentuk gelombang fundamental (sinusoidal) arus, sehingga bentuk gelombang arus menjadi buruk (tidak sinusoidal murni). Penyebab utama timbulnya harmonik adalah adanya peralatan listrik yang bersifat non linier, seperti komputer, inverter, UPS, DC Drive dan battery charger. Adanya harmonik arus ini dapat menyebabkan beberapa kerugian pada peralatan di antaranya *overheating*, penurunan *life time* peralatan dan rugi-rugi energi.

c. Fluktuasi Tegangan

Merupakan rentang perubahan tegangan maksimum dan minimum. Besarnya tegangan sangat berpengaruh terhadap pengoperasian suatu peralatan. Apabila tegangan yang dipasang ke

beban melebihi tegangan nominalnya maka akan terjadi *over voltage* dan kemungkinan terjadinya gradien tegangan lebih besar, dan bisa menyebabkan *discharge*. Sebaliknya bila tegangannya rendah jauh melebihi tegangan nominalnya, akan berakibat terhadap tidak berfungsinya peralatan listrik dengan baik, dan juga dapat menyebabkan arus lebih. Fluktuasi tegangan menunjukkan karakteristik fluktuasi beban konsumen, semakin rendah fluktuasi tegangan menunjukkan kondisi beban cukup baik.

d. Ketidakseimbangan Tegangan

Merupakan prosentase perbedaan tegangan antar fasa. Ketidakseimbangan tegangan terjadi apabila tegangan tiap fasa mempunyai besar dan sudut tegangan yang tidak standar, sehingga tegangan antara fasa tidak sama. Ketidakseimbangan tegangan sangat berpengaruh terhadap beban tiga fasa seperti motor dan trafo. Hal ini akan menyebabkan kenaikan temperatur, rugi-rugi panas dan energi serta penurunan kemampuan operasi.

e. Ketidakseimbangan Arus Beban

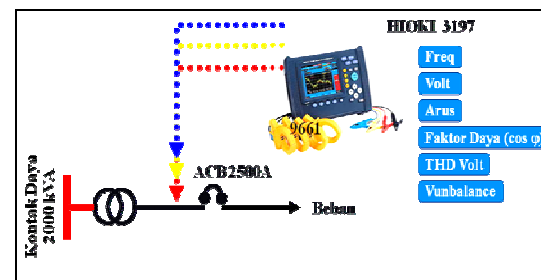
Idealnya arus masing-masing fasa sebaiknya sama besar. Bila arus fasa tidak seimbang, maka akan berakibat terhadap pemanasan peralatan terutama pada transformator dan motor.

f. Faktor Daya

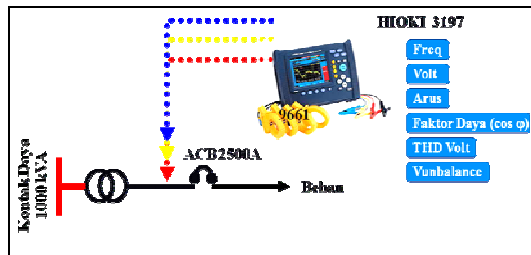
Merupakan pergeseran fasa antara tegangan dan arus, yang didapatkan dari perkalian bilangan kompleksnya. Faktor daya dapat bersifat *leading* (arus mendahului tegangan) dan dapat juga *lagging* (arus tertinggal dari tegangan). Faktor daya *leading* disebabkan oleh beban yang bersifat kapasitif dan *lagging* karena beban induktif. Faktor daya yang rendah dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada saluran, tidak optimalnya kontrak daya (kVA) dan biaya tambahan akibat denda faktor daya.

2.3. Metode Pengukuran

Metode pengukuran frekuensi, tegangan, arus, faktor daya, THD (*Total Harmonic Distortion*) tegangan, THD arus dan ketidakseimbangan tegangan di trafo MCC-01 dan trafo E-34 pada masing-masing fasa dengan alat ukur PQA (*Power Quality Analyzer*) HIOKI 3197 seperti diperlihatkan pada gambar di bawah.



Gambar 3. Titik pengukuran di trafo MCC-01

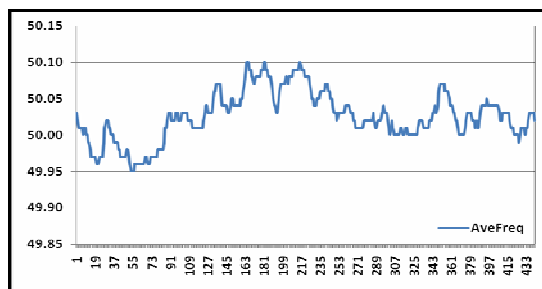


Gambar 4. Titik pengukuran di trafo E-34

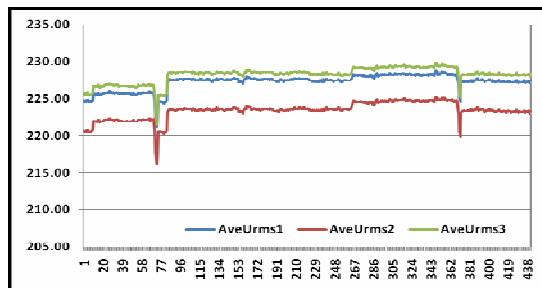


Gambar 5. Pelaksanaan pengukuran pada trafo
Hasil Pengukuran:

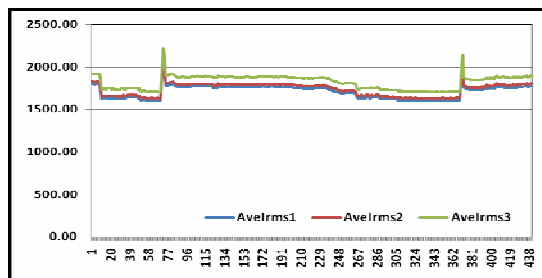
a. Trafo MCC-01



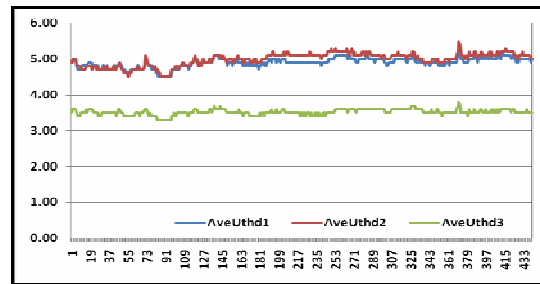
Gambar 6. Grafik frekuensi



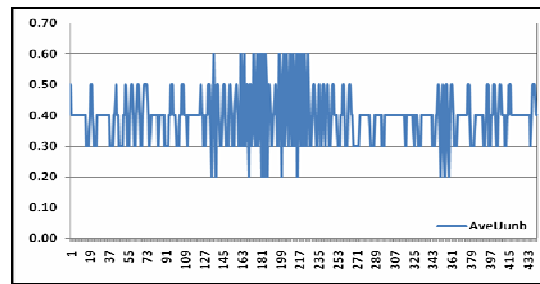
Gambar 7. Grafik tegangan



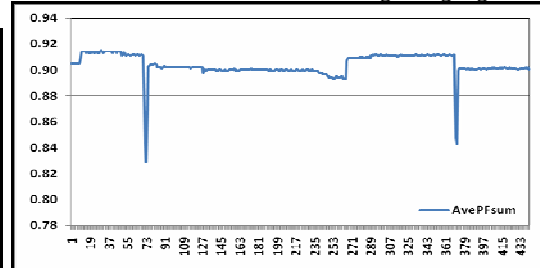
Gambar 8. Grafik arus



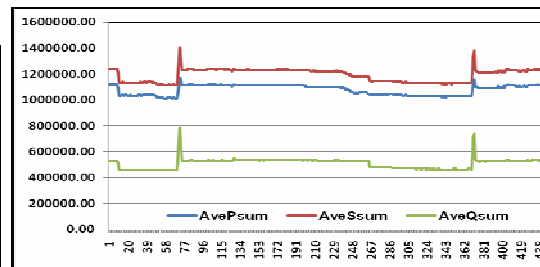
Gambar 9. Grafik THD tegangan



Gambar 10. Grafik ketidakseimbangan tegangan



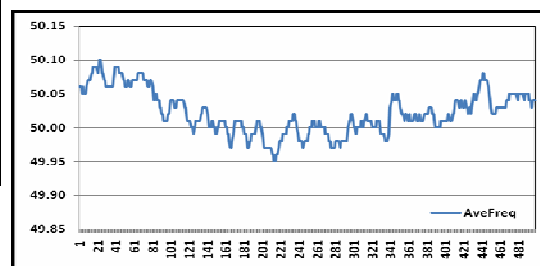
Gambar 11. Grafik faktor daya (cosφ)



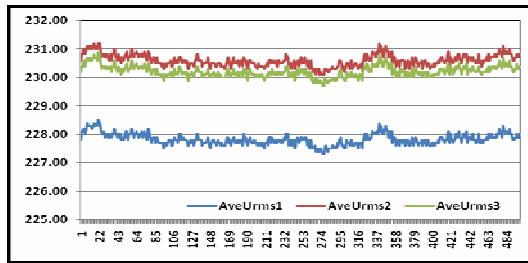
Gambar 12. Grafik PSQ

dimana: P (Daya Aktif) = $V.I.\cos\phi$
 S (Daya Semu) = $V.I$
 Q (Daya Reaktif) = $V.I.\sin\phi$

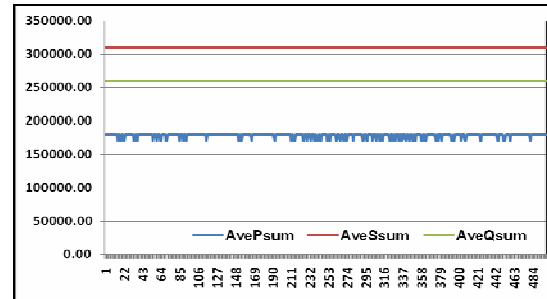
b. Trafo E-34



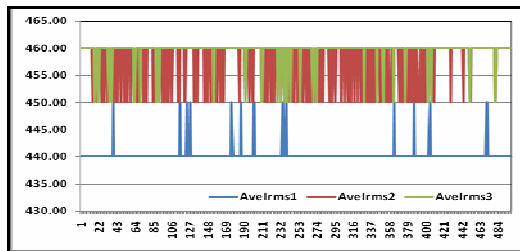
Gambar 13. Grafik frekuensi



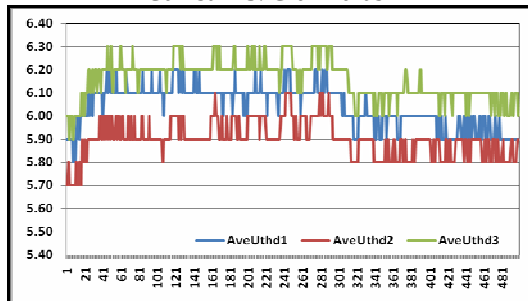
Gambar 14. Grafik tegangan



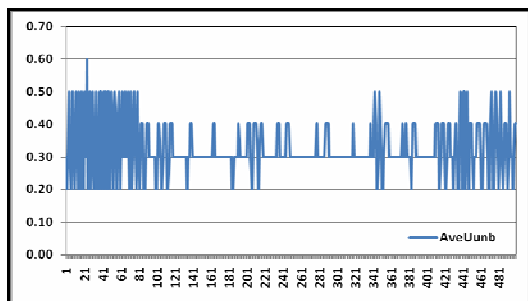
Gambar 19. Grafik PSQ



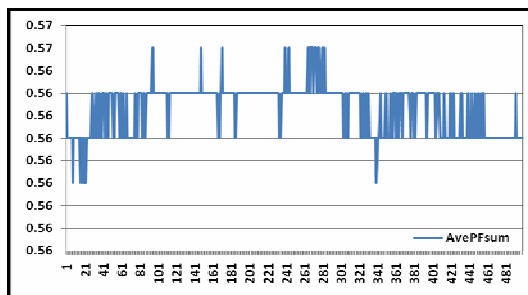
Gambar 15. Grafik arus



Gambar 16. Grafik THD tegangan



Gambar 17. Grafik ketidakseimbangan tegangan



Gambar 18. Grafik faktor daya ($\cos\phi$)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan pada hasil pengukuran kualitas daya dengan PQA HIOKI 3197 seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat dilihat bahwa:

- Terjadi ketidakseimbangan beban dilihat dari tegangan dan arus pada trafo MCC-01 dan trafo E-34.
- Magnitude tegangan berfluktuasi pada fasa S dan T. Bahkan tegangan mencapai 230 V.
- Faktor daya trafo MCC-01 cukup bagus yaitu berkisar 0,90 – 0,92. Namun faktor daya pada trafo E-34 cukup rendah yaitu mencapai 0,56 – 0,57.
- Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan pada trafo MCC-01 cukup bagus, sedangkan pada trafo E-34 melebihi batas toleransi 5% (mencapai 6,3%).

3.2. Analisis Data Potensi Penghematan Energi

Dari survei dan pengamatan serta diskusi yang dilakukan perusahaan tersebut, ada beberapa peluang potensi untuk penghematan yang bisa dilakukan seperti dijelaskan berikut ini. [2]

- Hasil pengukuran harmonik pada trafo MCC-01 menunjukkan bahwa THD tegangan dan faktor daya cukup bagus, sedangkan pada trafo E-34 THD tegangan melebihi batas toleransi 5% dan faktor dayanya cukup rendah di bawah batas toleransi 0,90. Terjadi ketidakseimbangan beban dilihat dari tegangan dan arus, magnitude tegangan berfluktuasi hingga mencapai 230 V. Hal ini berdampak pada mesin-mesin akan cepat panas dan juga akan menimbulkan rugi-rugi. Munculnya harmonik ini juga akan membuat peralatan elektronik seperti *inverter* yang digunakan di industri cepat rusak. Disarankan untuk memasang filter harmonik pada trafo MCC-01 dan trafo E-34. Karena pemasangan filter harmonik dapat memberikan penghematan sebesar 20%, tetapi dalam analisis disini hanya 10% penghematan saja yang akan dipertimbangkan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa daya aktual mesin kertas adalah antara 100 sampai 120 kVA, dan bila diasumsikan efisiensi mesin 90%, maka rugi-rugi (*losses*) akan menjadi 12

$x \ 0,7 = 8,4 \text{ kW}$. Bila filter harmonik berkapasitas 50 kVAr dipasang, maka penghematan energi yang diperoleh dalam satu jam adalah sebesar $8,4 \times 0,1 \times 1 = 0,84 \text{ kWh}$, atau 7.257,6 kWh per tahun. Apabila pada trafo MCC-01 dan trafo E-34 dilengkapi masing-masing 1 unit filter harmonik (harga energi Rp. 440,- per kWh), maka keseluruhan penghematan yang diperoleh adalah 14.515,2 kWh per tahun atau Rp. 6.386.688,- dalam setahun dari energi yang dikonsumsi sebesar 145.152 kWh per tahun atau Rp. 63.866.880,- per tahun. Dengan perkiraan investasi sebesar Rp. 15.000.000,- akan memberikan *Pay Back Period* (PBP) 2,5 tahun.

- b. Penggantian *ballast* lampu penerangan dari penggunaan *ballast* biasa menjadi *ballast* elektronik khususnya pada ruang kantor, *workshop* sekitar kurang lebih 150 titik lampu perlu juga dilakukan. Perubahan dari *ballast* konvensional ke *ballast* elektronik untuk lampu TL 36/40 watt, didapatkan selisih konsumsi daya sebesar 12 watt, dengan demikian didapatkan potensi penghematan sebesar 1.800 watt. Bila lampu tersebut digunakan selama 10 jam per hari, maka didapatkan potensi penghematan energi sebesar $12 \text{ watt} \times 10 \text{ jam} \times 150 \text{ unit} \times 22 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} = 4.752 \text{ kWh}$. Bila harga energi Rp. 605,- per kWh, maka didapatkan potensi penghematan biaya sebesar Rp. 2.874.960,-. Penggantian *ballast* pada masing-masing lampu bila *ballast* lampu yang bersangkutan rusak. Dengan investasi sebesar Rp. 6.000.000,- maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 2 tahun.
- c. Salah satu cara untuk mengontrol penggunaan energi adalah dengan menggunakan *Energy Management System* (EMS) [4]. Industri kertas seperti ini dapat menggunakan EMS tipe standar dengan 9 titik monitoring. Investasi peralatan ini sekitar Rp 100.000.000,-. Bila peralatan ini dapat memonitor sistem operasi perusahaan sehingga dapat menghindari sebagian pemakaian energi listrik pada WBP (Waktu Beban Puncak). Diasumsikan, saat ini penggunaan energi saat beban puncak adalah 230.000 kWh/bulan. Bila dengan pemasangan EMS dapat mengurangi penggunaan energi pada WBP (asumsi: 15%), maka biaya energi listrik rata-rata yang dapat dihemat dalam sebulan adalah $0,15 \times 230.000 \text{ kWh} = 34.500 \text{ kWh}$ per bulan. Berdasarkan TDL Tahun 2010, harga energi listrik untuk jenis tarif I3 adalah LWBP = Rp. 680,- per kWh dan WBP = $k \times \text{Rp. 680,- per kWh}$. Dengan demikian potensi penghematan yang dapat diperoleh dengan cara ini adalah : $34.500 \text{ kWh} \times (\text{Rp. 952,-} - \text{Rp. 680,-}) = \text{Rp. 9.384.000,-}$ per bulan atau sebesar

Rp. 84.456.000,- per tahun, maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 1,2 tahun.

Keuntungan lain yang diperoleh dengan pemasangan EMS ini adalah dapatnya dilakukan beberapa hal antara lain:

- Identifikasi rugi-rugi energi (*identifying energy losses*).
- Penyeimbangan pembebanan energi *online* (*online energy balancing*).
- Perhitungan pembiayaan energi per unit *output* secara akurat.
- Identifikasi potensi penghematan energi dengan perbaikan proses (*fine-tuning processes*).
- Sebagai Sarana verifikasi kuantitatif pencapaian penghematan energi setelah instalasi EMS.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Potret Penggunaan Energi

Potret penggunaan energi yang digunakan pada perusahaan adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan energi listrik dipasang dari gardu PT. PLN (Persero) dengan kontrak daya sebesar 30.000 kVA dengan total konsumsi energi listrik rata-rata sebesar 3.385.196 kWh per tahun.
- b. Tegangan kerja kurang bagus yaitu antara 230 - 235 Volt, juga ketidakseimbangan tegangan masih rendah yaitu $< 2,5\%$. Rata-rata THD tegangan pada salah satu trafo melebihi batas toleransi yaitu 6,3% dan faktor daya sangat rendah yaitu mencapai 0,56. Hal ini dapat dinyatakan kurang baik.

4.2. Potensi Penghematan Energi

Terdapat beberapa potensi penghematan energi yang dapat diidentifikasi pada perusahaan, antara lain:

- a. Pemasangan filter harmonik pada trafo MCC-01 dan trafo E-34 untuk menghindari terjadinya panas tinggi dan kerusakan pada mesin-mesin dan peralatan elektronik serta untuk mengurangi rugi-rugi (*losses*).
- b. Penggantian *ballast* konvensional ke *ballast* elektronik untuk lampu TL.
- c. Pemasangan alat monitoring EMS (*Energy Management System*).
- d. Optimasi kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya pada beberapa *incoming feeder* transformator.

4.3. Ringkasan Rekomendasi

Dari hasil pengamatan lapangan, pengumpulan dan analisis data yang dilakukan serta kalkulasi terhadap beberapa peralatan pengguna energi utama, terdapat banyak peluang penghematan/konservasi energi yang dapat dilakukan. Dalam waktu yang relatif singkat, analisis peluang

konservasi energi tidaklah dapat dilakukan pada semua peralatan dan proses. Untuk itu improvisasi dan usaha internal haruslah dilakukan dengan berkesinambungan, sehingga proses optimalisasi dan penggunaan energi yang efisien dapat dilakukan sendiri oleh perusahaan. Tabel 1 merupakan ringkasan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan dan perkiraan nilai penghematan energi dan biaya serta nilai investasi yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Herman A, et al. (2003). *Hasil Audit Energi Direct Reduction Plant*. UPT-LSDE, Puspiptek, Serpong, Tangerang.
- [2] JICA and ECCJ. (2002). *Energy Efficiency and Conservation*. Textbook, Page 2 of 5, Japan.
- [3] Pape, H. (1999). *Captive Power in Indonesia: Development in the Period 1980 – 1997*. The World Bank.
- [4] Smith, C.B. (1981). *Energy Management Principles*. Pergamon Press, UK.
- [5] WEC. (2001). *Energy Efficiency Policies and Indicators*. Report by the World Energy Council, Australia.

Tabel 1. Ringkasan Potensi Penghematan Energi

No.	Langkah-Langkah Penghematan Energi	Konsumsi Energi Listrik		Potensi Penghematan Energi				Biaya Implementasi (Rp)			PBP (thn)
		kWh/thn	Rp/thn	kWh/thn (listrik)	% kWh	Rp/thn	%	Tanpa Biaya	Biaya Sedang	Biaya Tinggi	
1.	Pemasangan filter harmonik untuk 2 unit masing-masing berkapasitas 100-120 kVA	145.152	63.866.880	14.515,20	10	6.386.688	10		15.000.000		2,5
2.	Penggantian ballast elektronik untuk 150 titik lampu	4.752	2.874.960	617,76	13	373.745	13		6.000.000		2
3.	Pemasangan EMS di 9 titik monitoribg	414.000	84.456.000	62.100,00	15	12.668.400	15		100.000.000		1,2
Total		563.904	151.197.840	77.232,96		19.428.833			121.000.000		

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa total konsumsi energi listrik per tahun sebesar 563.904 kWh atau setara dengan Rp. 151.197.840,- dan potensi penghematan energi listrik per tahun sebesar 77.232,96 kWh atau setara dengan Rp. 19.428.833,-. Didapat total penghematan per tahun sebesar 13,69%.

KWh Meter Digital dengan Keluaran Nilai Rupiah

Badaruddin

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mercubuana Jakarta

Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

Email : bsulle@gmail.com

Abstract -- Cost electric energy counter device is measure tools of electric energy in the word KWh (kilo watt hour) can be convert electric energy to rupiah. This tool used volt-ampere measure method for calculated electric power. Every hour screen change can be known how rupiah used electric energy. This tool used Volt-ampere measure method for assumption voltage change (V_{ac}) in the detector current resistor as used change current (I_{ac}). Voltage analog wave convert to digital data wave with ADC (Analog to Digital Converter) and than this data to be input VCO (Voltage Controlled Oscillator) processed with micro controller produce digital wave with variation frequency to follow change (V_{ac}). Micro controller can convert to rupiah from this frequency as input data for to calculated from used electric energy follow PLN basic price rate have approved government. This device have maximum current 50A and tolerance $\pm 1,7\%$ to 4% from total used electric energy.

Key word : Cost, Current-tranformer, Micro controller, KWh-meter

kuat arus, dan selisih waktu. sesuai dengan persamaan dibawah ini:

$$W = V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

w = energi listrik (joule)

V = beda potensial (volt)

I = kuat arus (amper)

t = selisih waktu (detik)

Satuan energi listrik adalah *joule* atau *watt* detik.

Kesetaraan satuan KWH dengan satuan joule adalah sebagai berikut :

1 watt = 1 joule/detik

1 watt detik = 1 joule

1 KWH = (1.000 watt) 3.600 detik = 3.600.000 watt detik

Dengan demikian 1 KWH = 3.600.000 joule.

Untuk mengukur jumlah pemakaian energi listrik diperumahan atau perusahaan menggunakan KWH-meter atau meteran listrik dengan satuan kilo watt hour (KWh).

2.1. Trafo Arus

Trafo arus digunakan sebagai transduser untuk mendeteksi besarnya arus yang mengalir ke beban.

Cara kerja dari trafo arus ini: Jika pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan primer akan timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 I_1$. gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti. Fluks ini membangkitkan gaya gerak listrik pada kumparan sekunder. Jika kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_2 . arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 I_2$ pada kumparan sekunder.

Sebagai contoh suatu CT dengan pengenal nominal arus 300/5A, dimana I_1 adalah arus primer 300 A dan I_2 arus sekunder 5 A

I. PENDAHULUAN

Pengukuran penggunaan energi listrik disaat mendatang harus mengikuti kondisi zaman era digital dan tidak lagi system konvensional dengan hasil pengukuran lebih teliti.

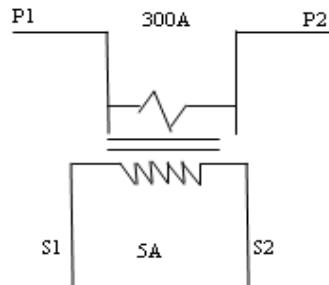
Dengan menggunakan KWH meter digital berbasis transformer arus, penghitungan penggunaan energi listrik berdasarkan arus masuk yang terdeteksi melalui transformer arus yang difungsikan sebagai transducer.

Untuk mengambil data penggunaan arus suatu lokasi dan diterjemahkan oleh trafo arus yang sampai bisa dibaca oleh ADC internal mikrokontroler sampai dikonversikan menjadi biaya listrik/ rupiah.

Dalam kesempatan ini akan mencoba untuk merancang KWh-meter digital dengan keluaran nilai rupiah.

II. DASAR TEORI

Energi listrik adalah suatu energi yang dihasilkan sebanding dengan besar beda potensial,



Gambar 1. Kinerja CT

Berdasarkan rumus:

$$I_1 N_1 = I_2 N_2 \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

$$I_1 > I_2, \text{ sehingga } N_1 < N_2$$

N_1 = Jumlah lilitan primer

N_2 = Jumlah lilitan sekunder

2.2. Mikrokontroler Atmega 8535

Mikrokontroler adalah suatu keping IC dimana terdapat mikroprosesor dan memori program (ROM) serta memori serbaguna (RAM), bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, EEPROM dalam satu kemasan.

Mikrokontroler yang digunakan dalam alat ini adalah AVR (Alf and Vegard's Risc prosesor) memiliki arsitektur RISC 8 bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock, berbeda dengan instruksi MCS 51 yang membutuhkan 12 siklus clock. Tentu saja itu terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (Reduced Instruction Set Computing), sedangkan seri MCS 51 berteknologi CISC (Complex Instruction Set Computing).

Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing – masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama. Oleh karena itu, dipergunakan salah satu AVR produk Atmel, yaitu ATmega8535. Selain mudah didapatkan dan lebih murah ATmega8535 juga memiliki fasilitas yang lengkap. Untuk tipe AVR ada 3 jenis yaitu AT Tiny, AVR klasik, AT Mega. Perbedaannya hanya pada fasilitas dan I/O yang tersedia serta fasilitas lain seperti ADC,EEPROM dan lain sebagainya. Salah satu contohnya adalah AT Mega 8535 yang akan kita gunakan dalam alat ini.

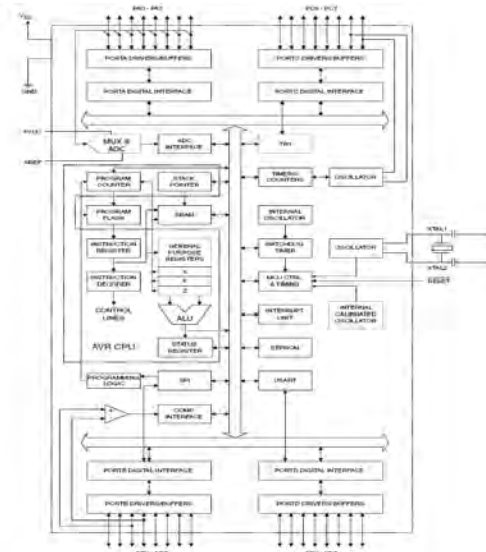


Gambar 2. IC Atmega 8535

2.3. Fitur ATmega8535

- Sistem processor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- Ukuran memory flash 8KB, SRAM sebesar 512 byte, EEPROM sebesar 512 byte.
- ADC internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 channel
- Port komunikasi serial USART dengan kecepatan maksimal 2.5 Mbps
- Mode Sleep untuk penghematan penggunaan daya listrik

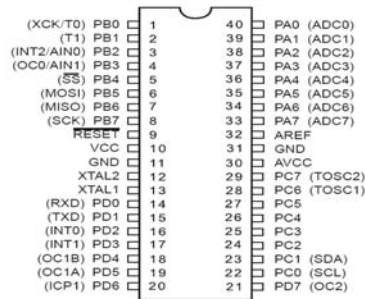
Mikrokontroler Atmega 8535 mempunyai susunan dan tata letak seperti yang digambarkan gambar no.3 :



Gambar 3. Tata Letak Mikrokontroler AT mega 8535

- Saluran IO sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D
- ADC 10 bit sebanyak 8 Channel
- Tiga buah timer / counter
- 32 register
- Watchdog Timer dengan oscilator internal
- SRAM sebanyak 512 byte
- Memori Flash sebesar 8 kb
- Sumber Interrupt internal dan eksternal
- Port SPI (Serial Peripheral Interface)
- EEPROM on board sebanyak 512 byte
- Komparator analog
- Port USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)

Mikrokontroler Atmega 8535 mempunyai konfigurasi seperti yang digambarkan gambar no.4 :



Gambar 4. Konfigurasi Pin Atmega 8535

- VCC (*power supply*) merupakan Pin yang berfungsi sebagai pin masukan catudaya
- GND (*ground*) merupakan Pin *Ground*
- Port A (PA7..PA0) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC, Port A berfungsi sebagai *input* analog pada A/D Konverter. Port A juga berfungsi sebagai suatu Port I/O 8-bit dua arah, jika A/D Konverter tidak digunakan. Pin - pin Port dapat menyediakan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya *sink* tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port A yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pullup* diaktifkan. Pin Port A adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.
- Port B (PB7..PB0) Port B adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port B *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya *sink* tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port B yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pullup* diaktifkan. Pin Port B adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.
- Port C (PC7..PC0) Port C adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port C *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya *sink* tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port C yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pullup* diaktifkan. Pin Port C adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.
- Port D (PD7..PD0) Port D adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih

untuk beberapa bit). Port D *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya *sink* tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port D yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pullup* diaktifkan. Pin Port D adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

- RESET (*Reset input*) merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal
- AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC
- AREF adalah pin masukan tegangan referensi untuk ADC.

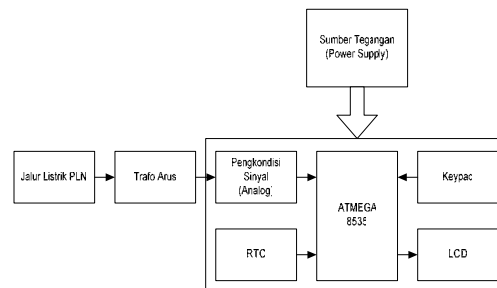
2.4. Pengkondisi Sinyal.

Sinyal arus yang keluar pada saat pembebanan akan diukur sampai taraf yang lebih rendah dengan perbandingan tertentu dengan menggunakan trafo arus (CT), hal ini dimaksudkan agar sesuai dengan taraf arus perubahan dari sistem analog ke digital.

Arus keluaran dari trafo arus dirubah menjadi tegangan analog agar bisa dibaca oleh ADC yang ada dalam internal mikrokontroler Atmega 8535.

III. PERANCANGAN ALAT

Blok Diagram sistem keseluruhan ditampilkan pada Gambar 5.

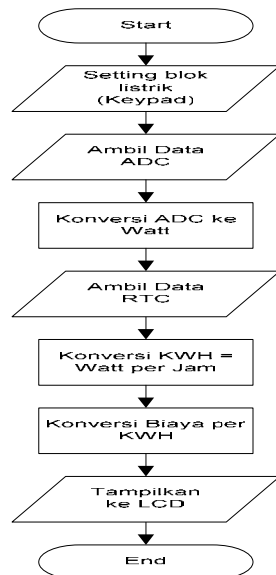


Gambar 5 Blok Diagram KWH Meter Digital

Fungsi per Blok :

1. Trafo Arus (Current Transformer): Sebagai transducer yang akan mendeteksi arus listrik yang digunakan dengan output keluaran berupa arus.
2. Pengkondisi Sinyal: Sebagai rangkaian yang akan mengubah keluaran trafo yang berupa arus menjadi tegangan analog sehingga dapat dibaca oleh ADC dari mikrokontroler.
3. RTC (Real Time Clock): Sebagai rangkaian yang akan memberi informasi waktu pada mikrokontroler.
4. Keypac: Sebagai input untuk men-setting blok penggunaan listrik.
5. LCD: Sebagai tampilan biaya listrik yang digunakan.

6. Mikrokontroler ATMEGA8535: Sebagai pusat pengendali dan pemroses data.
 7. Sumber Tegangan: Sebagai sumber energi bagi system.
- Sedangkan flow chart sistem diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Flow Chart KWH Meter Digital

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian yang dilakukan dengan pembebanan yang bervariasi. Semakin besar beban yang tersambung semakin besar pula energi yang di gunakan.

Selain pengujian dengan pembebanan diuji juga pengujian biaya yang harus dibayarkan ke PLN sesuai dengan TDL 2003. dimana tariff PLN untuk daya tersambung 1300 VA terbagi menjadi 3 (tiga) dengan harga masing – masing blok sebagai berikut:

- Blok 1 ; 1kwh – 20 kwh Rp. 385,-
- Blok 2; 21kwh – 60 kwh Rp. 445,-
- Blok 3; 60 kwh keatas Rp. 495,-

a. Pengujian Dibawah 20 KWh

Dalam screen tercatat energi yang di gunakan sebesar 19001 Wh, dikonversikan ke kwh menjadi 19 kwh, jumlah biaya yang ditampilkan adalah Rp. 50.160,- dengan perincian sebagai berikut:

Tabel 1. Rekap pembayaran listrik untuk langganan 1300 VA

Bea beban				Rp	39,130.00
Blok 1 : 1-20 Kwh	19	Kwh x Rp	385	Rp	7,315.00
Blok 2: 21-60 Kwh	0	Kwh x Rp	445	Rp	-
Blok 3: 61 keatas	0	Kwh x Rp	495	Rp	-
Sub Total I				Rp	46,445.00
PPj	8 %			Rp	3,715.60
Total Pembayaran					50,160.60

b. Pengujian Dibawah 60 KWh

Dalam screen tercatat energi yang di gunakan sebesar 52.878 Wh, jumlah biaya yang

ditampilkan adalah Rp. 65.955,- dengan perincian sebagai berikut:

Tabel 2 Rekap pembayaran listrik untuk langganan 1300 VA

Bea beban				Rp	39,130.00
Blok 1 : 1-20 Kwh	20	Kwh x Rp	385	Rp	7,700.00
Blok 2: 21-60 Kwh	32	Kwh x Rp	445	Rp	14,240.00
Blok 3: 61 keatas	0	Kwh x Rp	495	Rp	-
Sub Total I				Rp	61,070.00
PPj	8 %			Rp	4,885.60
Total Pembayaran					65,955.60

c. Pengujian Diatas 60 KWh

Dalam screen tercatat energi yang di gunakan sebesar 69.372 Wh, jumlah biaya yang ditampilkan adalah Rp. 74.611,- dengan perincian sebagai berikut:

V. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan diatas dapat disimpulkan :

1. Dalam perhitungan energi listrik adalah pembulatan kebawah, yang dihitung terhadap biaya adalah kilowatt hour, tidak ada digit dibelakang koma.
2. Mempunyai toleransi akurasi kesalahan pengukuran energi listrik $\pm 1.7\%$ s/d 4%
3. Adanya percepatan waktu dari 1 menit dirubah menjadi 1 jam, agar mempercepat waktu perhitungan dikarenakan terbatasnya waktu percobaan.
4. Alat ini menggunakan TDL tahun 2003.
5. Pembulatan dalam biaya dibulatkan ke bawah, tidak ada biaya dibawah satu rupiah

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://pln.co.id>
2. <http://wikipedia.org/wiki/berkas:TDL2004.JPG>
3. <http://duniaelektronika.blogspot.com>
4. SURYATMO, F. (1999). Teknik Pengukuran Listrik dan Elektronika, Jakarta Bumi Aks

Influence of Palm Oil Biodiesel (POB) Fuel and Its Blends toward NO_x emission and Exhaust Gas Temperature On a Direct Injection Diesel Engine

Jony Elyson, K.B. Samo

Department of Maritime Technology, Faculty of Maritime Study and Marine Sciences

Universiti Malaysia Terengganu

E-mail: elyson_j@yahoo.co.id

Abstract -- The exhaust emission generated from internal combustion engine pay more attention by many researchers during latest period. The fuels used in spark ignition engine (SIE) and compression ignition engine (CIE) are gasoline and diesel, then contribute NO_x emission which harmful to the health and environment. Usage of friendly alternative fuel such as biodiesel is a way to achieve fewer emission generated. Experimental tests have been carried out to evaluate the gaseous emission characteristics of a diesel engine when fuelled with Palm Oil Biodiesel (POB) of 5%, 10%, 15%, 20%, and 100% separately. Tests on ordinary diesel fuel have also been carried out for comparison purposes. A series of tests are conducted at idle engine test with various engine speeds from 1200 to 2400 rpm with interval 200 rpm. The emission characteristic of NO_x exhaust gases and temperature of the engine are analyzed and compared. The experimental test results showed that the emission of Nitrite Oxide (NO_x) from POB and its blends are lower than that of pure diesel fuel, meanwhile Exhaust temperature is also not occurred increasing significantly except when fueled by POB15, POB20 and pure POB respectively being decreased. The results of NO_x emissions and exhaust gas temperature are shown in the figures and tables.

Keywords: Diesel Engine, Palm Oil Biodiesel, Emission.

I. INTRODUCTION

New and renewable alternative fuels as a substitute for petroleum-based fuels have become increasingly important, due to environmental concerns, unstable costs and transportation problems. One of the renewable alternative fuels is biodiesel, which is domestically produced from new or used vegetable oil and animal fat. Oil or fat is reacted with alcohol (methanol or ethanol). This reaction is called transesterification. The reaction requires heat and a strong catalyst (alkalies, acids,

or enzymes) to achieve complete conversion of the vegetable oil into the separated esters and glycerine [1]. During the transesterification reaction, glycerine is obtained as a by-product. It is used in pharmaceutical, cosmetic and other industries [2,3]. Biodiesel not only can be used alone in neat form but also can be mixed with petroleum diesel fuel in any unmodified diesel engines [4].

The work in progress involving the development of techniques for use biodiesel in enhanced internal combustion engine and exhaust gas emission systems for application in motor vehicles has been developing by many researchers [4,5,6].

Biodiesel mainly emits carbon monoxide, carbon dioxide, oxides of nitrogen, sulphur oxides and smoke. A brief review has made about these pollutants emitted from biodiesel. Barsic and Humke [7] studied the effects of mixing peanut oil and sunflower oil with diesel fuel in a single cylinder engine. They observed that, with the increase of vegetable oil in the blend the amount of carbon deposits on the injector tip was increased when compared with 100% diesel fuel. They found that the vegetable oil fuel blends gave a lower mass-based heating value than that of diesel fuel [7]. Murayama et al. [7] reported that vegetable oils and methyl ester of rapeseed oil offered lower smoke and oxides of nitrogen (NO_x) emissions. Scholl and Sorenson [8] reported that carbon monoxide, oxides of nitrogen (NO_x) and smoke emissions were slightly lower for soybean ester than diesel, whereas HC emission showed 50% reduction compared to diesel. Ali et al [14] revealed their experiment that a slight power loss (1.38%) combined with an increase in fuel consumption was observed with increasing methyl soyate content of the blend. Hydrocarbons, CO and smoke emissions decreased with an increase in the methyl soyate content of the blend but there was an increase (13%) in NO emissions.

Biodiesels possess almost the same heat values as that of diesel fuel. But a major disadvantage of biodiesels is their inherent high viscosity. Modern

diesel engines have fuel-injection systems that are sensitive to viscosity changes. High viscosity may lead to poor atomization of the fuel, to incomplete combustion, to coking of the fuel injectors, to ring carbonization, and to the accumulation of fuel in the lubricating fuels [2,3]. A way to avoid these problems is to reduce the viscosity of biodiesel in order to improve its performance. There are some methods to reduce the viscosity of biodiesel. Fuel blending is one of the methods. It has the advantages of improving the use of biodiesel fuel with minimal fuel processing and engine modification.

The objective of this study is to carry out an experimental investigation of the exhaust gas emission characteristics of a diesel engine fueled with palm oil biodiesel and its blends, compared to those of ordinary diesel fuel.

II. EXPERIMENTAL SET UP

2.1. Experimental Apparatus and Measurement

The Schematic Diagram of Experimental Test Rig is shown in Figure 1. The engine used in this study is a single-cylinder, naturally aspirated, air-cooled, direct injection diesel engine. The basic data of the engine is given in Table 1. A Yanmar model TF 120 type standard engine test equipment consists of measurement instruments used in the experiments. The exhaust gas particle trap functioned to avoid the soot from reaching the exhaust analyzer, It worked by cooling the exhaust gas through the "water jacket" along the tube that the exhaust gas going through, causing the particle in the exhaust gas losing energy and become heavier, and the particle will drop to the bottom of the breaker that act as a trap. The fuel flow meter is used to measure fuel consumption in this experiment, the model is AIC – 1204 HR 2000, with board computer from BC 3033 model. The engine speed sensor is used to measure the current engine speed. The model used for engine speed is "461957 photoelectric sensor model" and the display unit is "461950 panel tachometer model". The exhaust gas is analyzed using exhaust analyzer. The model is used a hand held 4 and 5 gas analyzer auto 4 – 2 and 5 – 2 model. The specification of the exhaust gas analyzer is shown in Table 2. The exhaust gas temperature is measured using thermocouple and the display unit shows the temperature in digital mode. Thermocouple is placed at the exhaust manifold. To determine measurement of fuel consumption, stopwatch was used. Model is Oaklon digital.

The conventional diesel fuel was obtained from the Petronas. Biodiesel, with a purity of 100%. The properties of the diesel fuel and POB are summarized in term of calorific value. The POB was blended with diesel fuel at the ratios of 0/100, 5/95, 10/90, 15/85, 20/80, and 100/0 (by vol).

Table 1. Technical Engine Data

Description	Unit
Manufacturer	YANMAR
Model	TF 120
Type	Single cylinder, horizontal
Aspiration	Natural aspiration
Cycle	Four stroke
Cooling type	Water cooled, radiator
Compression ratio	18 : 1
Bore x Stroke (mm)	92x96
Displacement (cc)	638
Max. rating power (BHP at rpm)	12 at 2400
Continuous output (BHP at rpm)	10 at 2400

The fuel blends were prepared just before starting the experiment to ensure that the fuel mixture is homogeneous. A fuel filter was also used in the line out of fuel container in order to prevent dirt fuel particles enter to engine and will cause phase separation. Prior to starting the engine, no modification was done. The engine was run refer to the factory standard, just before used for engine test using POB and POB blends, engine was warmed at fixed normal speed in order to lubricate oil to engine component as long as 5 to 10 minutes.

Experiments were carried out at ambient pressure and temperature. All tests were conducted at seven different engine speeds (1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, and 2400 rpm) at idle test. The values of mass flow rate of fuels, exhaust temperature, and pollutants such as CO, CO₂, O₂, and NO_x were recorded during the experiments. All data were collected after the engine stabilized.

Table 2. Exhaust gas analyzer specification

Parameter	Resolution	Accuracy	Range
Carbon monoxide	0.01 %	± 5 % of reading	0 – 10 %
Oxygen	0.01 %	± 5 % of reading	0 – 21 %
Carbon dioxide	0.1 %	± 5 % of reading	0 – 16 %
Nitride oxide	1 ppm	± 4 % of reading	0 – 5000 ppm

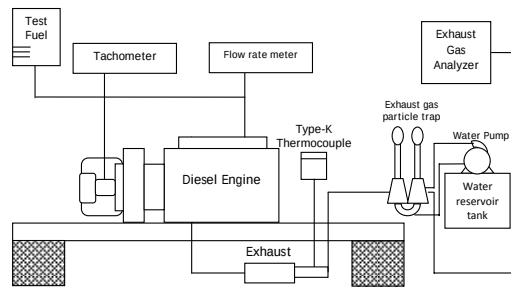


Figure 1. Schematic Diagram of Experimental Test Rig



Figure 2. Equipment's test set up

2.2 Experimental Procedure

A procedure was designed for the experimental investigation. six kinds of fuels (blends by volume) were tested, i.e. blends of 05% POB with 95% diesel fuel, 10% POB with 90% diesel fuel, 15% POB with 85% diesel fuel, 20% POB with 80% diesel fuel and 100% POB and 100% of diesel fuel, as shown in Table 3. The tests were conducted and repeated two times for every kind of fuel, in order to increase the reliability of the test results. For each of the fuels, the engine ran on seven different engine speeds, i.e. idle (1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, and 2400 rpm). The engine speed was controlled by the control panel. During the tests, the parameters were recorded such as fuel consumption, engine exhaust temperature and emissions, etc.

Table 3. Six kinds of different compositions of tested fuels

Test sequence	Fuel blended (by vol%)
1	100% Diesel fuel
2	5% POB + 95% diesel fuel
3	10% POB + 90% diesel fuel
4	15% POB + 85% diesel fuel
5	20% POB + 80% diesel fuel
6	100% POB

2.3 The Fuel Properties

The main properties of the fuel tested are shown in Table 4. As shown in the table, pure diesel has the highest gross calorific value. When diesel mixed with POB to make blends, it is found that more percentage of POB in the blends, the higher of the lower the gross calorific value. Pure POB has the lowest gross calorific value.

Each sample is indicated by ID UMT1 is 100% POB, ID UMT2 is 5% POB blended with 95% diesel, ID UMT3 is 10% POB blended with 90% diesel, ID UMT4 is 15% POB blended with 85% diesel, ID UMT5 is 20% POB blended with 80% diesel, and ID UMT6 is 100% diesel fuel respectively. Table 3 shows net calorific value for each type of analyzed fuel.

Table 4. Net calorific value of diesel fuel, biodiesel, and blended biodiesel

Pro-perty	Net heat (MJ/kg)
UMT1	40.3
UMT2	45.6
UMT3	45.0
UMT4	45.3
UMT5	43.6
UMT6	45.0

III. TEST RESULTS AND DISCUSSIONS

The diesel engine ran well on all the fuels mentioned above. There were no faults happening during the whole experiment process. The test results are shown in the following tables and figures.

The NO_x emissions are shown in Fig. 3 and the differences are presented in Table 5. As shown in Fig. 3, the NO_x emissions increased with the engine speed except fueled by POB100, due to a higher combustion temperature. This proves that the most important factor for the emissions of NO_x is the combustion temperature in the engine cylinder and the local stoichiometry of the mixture. From Fig. 3, it can be seen that within the range of tests, the NO_x emissions from the POB and blended diesel fuel are lower than that of diesel fuel, especially from the POB100. The reductions of the NO_x emissions are from 1.3% to 100%, as shown in Table 5. The reason is possibly due to the smaller calorific value of pure POB and POB20. This is the most important emission characteristic of POB and its blends, as the NO_x emission is the most harmful gaseous emissions from engines, the reduction of it is always the target for engine researchers and engine makers. This emission character of NO_x for POB and its blends is a very useful character for the application of POB and its blends to diesel engines as a kind of alternative fuel for the petroleum-based conventional diesel fuel.

Table 5. Relative differences of NOx for different fuels (%)

Engine speed (rpm)	D100	POB 05	POB 10	POB 15	POB 20	POB 100
1200	-	218.9	-88.5	-18.9	-18.9	-100
1400	-	-77.3	-100	-1.3	-1.3	-100
1600	-	-40.7	-100	92.6	92.6	-100
1800	-	-46.4	-89.2	91.3	91.3	-100
2000	-	2133.3	-95.5	100	100	366.7
2200	-	218.7	-88.2	100	100	87.5
2400	-	189.3	-100	100	100	-100

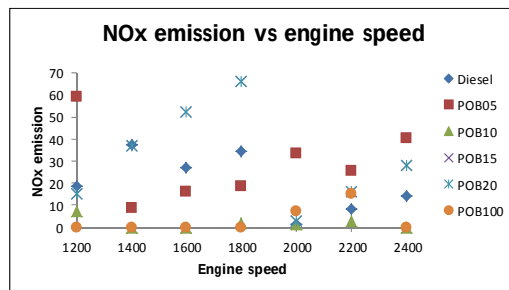


Figure 3. Average of NOx emission of different fuel at various engine speeds

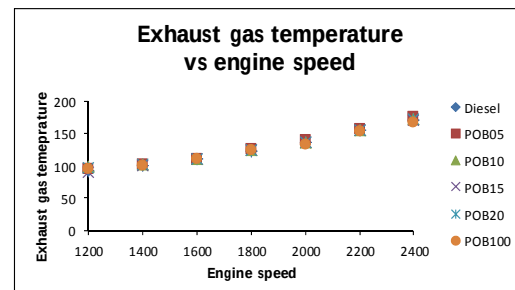


Figure 4. Averaged of exhaust gas temperature of different fuel at various engine speeds

Fig. 4 shows the exhaust temperatures versus the engine speeds. The exhaust temperatures relatively stable with the increase of engine speed for all of the fuels. Table 6 shows the relative difference of the temperatures between diesel, POB and its blends. From Fig. 4 and Table 6, it can be seen that the exhaust temperatures at different engine speeds, when using different fuels, are nearly the same. Only in the case of 15% of POB with 85% of diesel, 20% of POB with 80% of diesel, and 100% of POB the exhaust temperatures are slightly lower than the other fuels due to more oxygen content of POB. The differences are between 0.0% and 2.6%. Thus POB is not only able to reduce NOx emission, but also could reduce exhaust gas temperature.

Table 6. Relative differences of exhaust gas temperature for different fuels (%)

Engine speed (rpm)	D100	POB 05	POB 10	POB 15	POB 20	POB 100
1200	-	2.2	5.9	-2.7	5.4	3.8
1400	-	1.5	0.5	0.0	0.5	0.0
1600	-	0.4	0.4	0.0	0.4	-0.9
1800	-	2.0	1.6	1.6	1.2	0.8
2000	-	2.2	-0.4	0.4	-0.4	-2.6
2200	-	0.6	0.0	-0.3	-0.3	-1.0
2400	-	2.6	0.6	0.3	0.6	-1.5

IV. CONCLUSION

The experimental results show that the engine emission run by POB and its blends are comparable with the emission run by pure diesel fuel. NOx significantly could be reduced when fueled by POB and its blends and exhaust gas temperature nearly in stable condition except when fueled by POB15, POB20 and pure POB respectively occurred decreasing due to more oxygen content of POB.

The results from the experiments prove that POB and its blends are potentially good substitute fuels for diesel engine in the near future when petroleum deposits become lesser.

A theoretical study is necessary to find the mechanism behind the emission characters especially the NOx emissions from diesel engine fuelled by POB and its blends.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank for the Faculty of mechanical engineering of Universiti Malaysia Pahang and Marine sciences and Maritime Study of Universiti Malaysia Terengganu of Malaysia in supporting are all greatly appreciated.

REFERENCES

- [1] Mustafa Canakci, Cenk Sayin, Ahmet Necati Ozsezen, and Ali Turkcan.,(2009), 'Effect of Injection Pressure on the Combustion, Performance, and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fueled with Methanol-blended Diesel Fuel', *Energy & Fuels* 2009, 23–2908–2920.
- [2] Barsic NJ, Humke AL. Performance and Emissions Characteristics of a naturally aspirated diesel engine with vegetable oil fuels. SAE paper 810262.
- [3] Willard W. Pulkrabek., (1997), 'Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine', Prentice Hall., pp 30-31.
- [4] Y.D. Wang, T. Al-Shemmeri, P. Eames, J. McMullan, N. Hewitt, Y. Huang, S. Rezvani., (2006), An experimental investigation of the performance and gaseous exhaust emissions of a diesel engine using blends of a vegetable oil. *Applied Thermal Engineering* 26–1684–1691.
- [5] N. Usta., (2005), 'An experimental study on performance and exhaust emissions of a diesel engine fuelled with tobacco seed oil methyl ester', *Energy Conversion and Management* 46–2373–2386.
- [6] M. Senthil Kumar., A. Ramesh., B. Nagalingam., (2003), 'An experimental comparison of methods to use methanol and Jatropa oil in a compression ignition engine', *Biomass and Bioenergy* 25–309 – 318.
- [7] Tadashi Murayama, Young-taig Oh., Noboru Miyamoto., Takemi Chikahisa., Nobukazu Takagi., Koichiro Itow., (2003), 'Low carbon flower buildup, low smoke and efficient diesel operation with vegetable oils by conversion to monoesters and blending with diesel oil or alcohols'. SAE paper 841161.
- [8] Scholl KW., Sorenson SC., 'Combustion of soybean oil methyl ester in a direct injection diesel engine', SAE paper 930934.
- [9] Syed Ameer Basha., K. Raja Gopal., S. Jebaraj., (2009), 'A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance', *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13–1628–1634.
- [10] Demirbas., A. (2008), *Biodiesel "A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines"*, Springer-Verlag London Limited pp.184.
- [11] Jürgen Krahle., Axel Munack., Olaf Schröder., Hendrik Stein., and Jürgen Bünge., (2005), 'Influence of Biodiesel and Different Petrodiesel Fuels on Exhaust Emissions and Health Effects (The Biodiesel Handbook)', pp. 174. xAOCs Press.
- [12] Rakopoulos CD., Hountalas DT., Zannis TC., Levendis YA., (2004), 'Operational and environmental evaluation of diesel engines burning oxygen-enriched intake air or oxygen-enriched fuels', a review. SAE paper-01-2924.
- [13] Magín Lapuerta., Octavio Armas., José Rodríguez-Fernández., (2008), 'Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions', *Progress in Energy and Combustion Science* 34–198–223. Pp. 202 - 203.
- [14] Ali, Y., Hanna, M. A., & Leviticus, L. I., (1995), 'Emissions and power characteristics of diesel engines on methyl soyate and diesel fuel blends', *Biores. Technol.*, 52, 185-95.

Audit Energi Termal Sistem Boiler di Industri Karpét

Achmad Hasan

Pusat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT

Gedung II BPPT, Lt. 20. Jl. MH. Thamrin No.8, Telp. (021) 3169789. Jakarta 10340

E-mail : a_hasan@webmail.bppt.go.id, hasan_bppt@yahoo.com

Abstrak -- Energy audit is one way to plan for optimizing the supply and use of energy needed by the industry. Supplies of gas / diesel fuel oil for boiler feed of 1.4537 million m³ per year with a calorific value of 6 tons / hour and 900 liters of diesel oil per year. Thermal energy used in the production process in industry (in case: PT.Classic Prima Carpet Industries) divided into thermal energy in the form of hot water vapor (steam) and the other in the form of natural gas. Energy is produced from 2 (two) units of gas boilers and steam boilers each with a capacity of 6 tons / hour, in which the steam boiler in a state of stand-by and operated only when production increases.

Kata Kunci: Energi, Efisiensi, Termal, Boiler, Penghematan

I. PENDAHULUAN

Energi adalah salah satu komponen penting dalam menunjang produksi pada seluruh spektrum produk yang ada di suatu perusahaan atau industri. Penggunaan teknologi yang memanfaatkan energi secara efisien dan optimal dalam proses produksinya sangat berpengaruh terhadap biaya operasional. Salah satu langkah penting dalam upaya penghematan energi adalah melakukan audit energi yang merupakan suatu usaha untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai situasi pemakaian energi dari suatu sistem/fasilitas yang mengkonsumsi energi. Tujuannya adalah untuk mengetahui antara lain: neraca pemakaian energi, efisiensi peralatan konversi energi, konsumsi energi spesifik, dan sumber-sumber pemborosan energi guna mendapatkan langkah-langkah penghematan/efisiensi energi yang layak untuk dilaksanakan. Untuk itu perlu dilakukan identifikasi dan kuantifikasi konsumsi energi secara rinci dari peralatan energi utama disetiap unit proses (unit produksi) suatu perusahaan atau industri, sehingga dapat diketahui kinerja pemakaian energi dan peluang penghematan/efisiensi energi dari peralatan tersebut. [3]

Kebijakan audit energi ini tertuang dalam:

1. Inpres No.9 tahun 1982 tentang Konservasi Energi
2. Keppres No.43 tahun 1991 tentang Konservasi Energi

3. Inpres No.10 tahun 2005 tentang Penghematan Energi
4. Permen ESDM No.31 tahun 2005 tentang Tata Cara Pelaksanaan Penghematan Energi
5. Rencana Induk Konservasi Nasional (RIKEN) tahun 1995 dan Revisinya tahun 2005
6. Perpres No.5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional
7. Inpres No.1 tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel)
8. UU No.30 tahun 2007 tentang Energi

Audit energi ini adalah untuk mewujudkan penghematan energi pada industri karpét pada umumnya, khususnya di perusahaan yang memproduksi karpét melalui langkah-langkah konservasi yang terarah, realistis, sistematis dan dapat dilaksanakan secara optimal [2]. Lingkup kegiatan audit energi ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan survei dan pengumpulan data lapangan (*on the spot data*) untuk:
 - mengetahui profil penggunaan energi di industri.
 - mengidentifikasi titik pemborosan energi.
 - mengidentifikasi peluang penghematan energi pada setiap tahapan proses produksi.
 - mengetahui kinerja efisiensi penggunaan energi (*energy performance*).
 - membuat rekomendasi langkah-langkah penghematan energi dengan kriteria: tanpa biaya/biaya rendah, biaya sedang, dan biaya tinggi yang akan dapat ditindak lanjuti oleh pihak industri.
- b. Menganalisis dan mengkaji potensi penghematan energi dan menentukan *benchmark* intensitas konsumsi energinya.
- c. Menentukan prioritas penerapan konservasi energi yang layak (*feasible*) untuk dilaksanakan dan melakukan analisis tekno-ekonomi dan finansial dengan mempertimbangkan *net benefit and cost (B/C) ratio*, *net present value (NPV)*, *internal rate of return (IRR)*, *sensitivity analysis*, serta *payback period*.

II. BAHAN DAN METODE

2.1. Sumber Energi

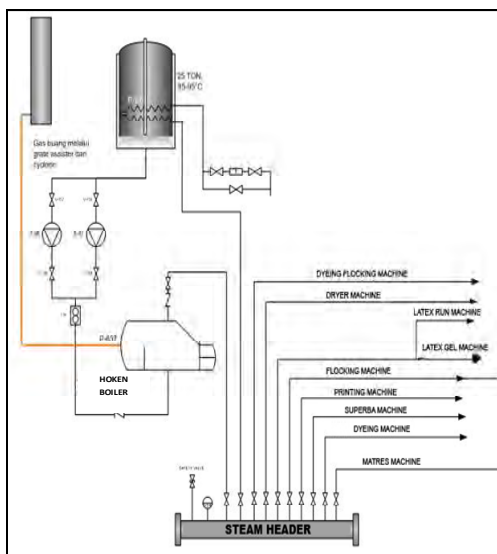
Sumber energi utama yang digunakan untuk proses produksi di Industri Karpét adalah energi listrik (*electrical energy*) dan energi panas (*thermal energy*). Energi listrik untuk proses produksi dipasok oleh PT. PLN (Persero) dengan daya terpasang 1.730 kVA, tegangan 20 kV melalui 2 (dua) buah transformator, dan 2 (dua) unit Genset dengan kapasitas daya 550 kVA. Sedangkan energi termal yang digunakan pada proses produksi dibedakan menjadi dua yaitu energi termal dalam bentuk uap air panas (*steam*) dan yang lainnya dalam bentuk gas alam (*natural gas*). Energi tersebut dihasilkan dari 2 (dua) unit boiler yaitu boiler gas dan boiler uap yang masing-masing berkapasitas 6 ton/jam, di mana boiler uap dalam keadaan *standby* dan hanya dioperasikan bila produksi meningkat.

Produksi uap yang dihasilkan oleh boiler digunakan sepenuhnya untuk mensuplai uap ke mesin-mesin pada proses produksi pembuatan karpét. *Single line diagram* sistem distribusi uap seperti diperlihatkan pada gambar 1.

2.2. Pola Penggunaan Energi

Pola penggunaan energi untuk proses produksi di Industri Karpét, terdapat beberapa proses konversi energi seperti berikut:

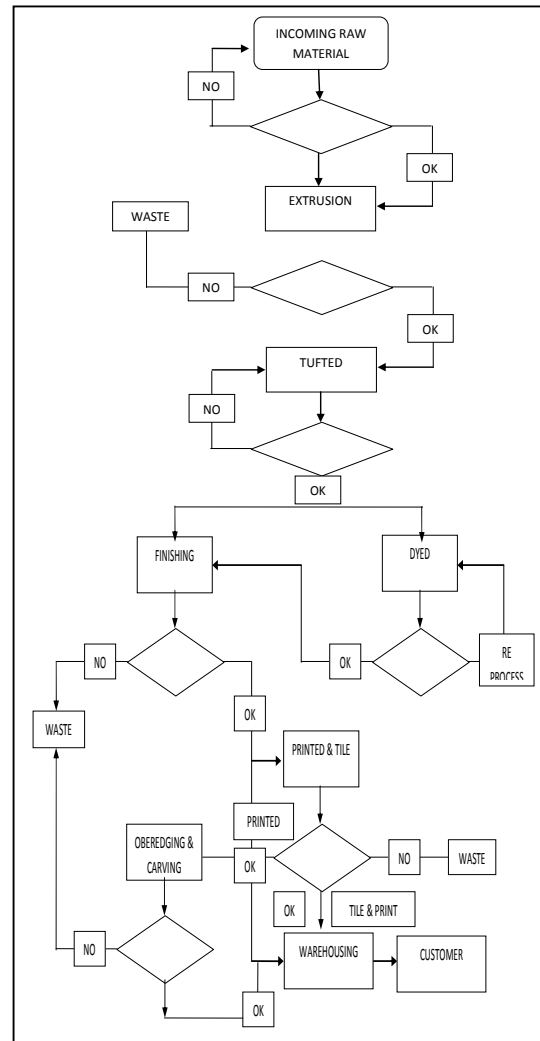
- Konversi energi dari bahan bakar minyak (solar) menjadi listrik pada pembangkit listrik generator set (genset).
- Konversi energi bahan bakar gas dan solar menjadi uap panas (*steam*) pada boiler Hoken dan Mechmar.
- Konversi energi listrik menjadi udara tekan (*compressed air*) yang terjadi pada *air compressor*.



Gambar 1. Single line diagram sistem distribusi uap

2.3. Proses Produksi

Berbagai jenis karpét seperti *tufted carpet*, *woven carpet* dan *needle punched carpet* yang diproduksi oleh Industri Karpét dibuat dan diolah dengan menggunakan bahan baku benang jenis BCFP dimana 50% bahan bakunya dibuat sendiri, sedangkan sisanya impor. Pada gambar 2 diperlihatkan diagram alir proses produksi.



Gambar 2. Diagram alir proses produksi

2.4. Sistem Uap

Sistem distribusi energi termal pada Industri Karpét didukung oleh 2 unit fasilitas utama, yaitu boiler sebagai penghasil uap yang akan berperan sebagai penyalur energi termal ke setiap proses yang membutuhkan melalui pemipaan.



Gambar 3. Boiler di Industri Karpet

a. Sistem Kontrol Boiler

Objek utama dari kontrol *boiler* otomatis adalah menjaga tekanan *steam*, temperatur dan *level* air dalam kisaran tertentu dengan melihat volume penguapan, sehingga kualitas uap dapat dicapai secara terus-menerus.

Sistem kontrol yang digunakan pada *boiler* terdiri dari:

- Sistem kontrol pembakaran otomatis (*automatic combustion control*)
- Sistem kontrol air pengumpan otomatis (*automatic feed water control*)
- Sistem kontrol pengaman (*safety control*)

Faktor penting yang lain adalah bahwa pembakaran sempurna dapat dicapai dengan biaya rendah dan bahan bakar jenis yang rendah. Ada dua jenis sistem kontrol yakni sistem kontrol yang hanya mengontrol pembakaran (*automatic combustion control*) dan sistem kontrol *boiler* secara menyeluruh (*Automatic Boiler Control / ABC*).

b. Blowdown Boiler

Ketidakmurnian yang terkandung dalam air pengumpan (*feed water*) terkondensasi selama penguapan ion di ketel uap menjadi kotoran dan kerak, pada kasus ekstrim, menyebabkan pelapisan atau buih. Oleh karena itu diperlukan untuk melaksanakan *blowdown* pada waktu wajar sedemikian sehingga kondensasi ketidak-murnian dijaga dalam derajat keasaman pada 25°C (pH 10,5 – 11,3). *Boiler full water content* 22.400 liter, sedangkan *blowdown* dilakukan setiap 8 jam selama 2 x 1 menit untuk setiap *boiler*, volume sekali *blowdown* sekitar 5% dari *full water content* per waktu yang diperlukan atau sekitar 520 liter.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengukuran

Parameter hasil pengukuran pada unit *boiler* seperti diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter hasil pengukuran boiler

SPESIFIKASI	JENIS BOILER	
	NATURAL GAS BOILER	SOLAR BOILER
	HOKEN BOILER	MECHMAR BOILER
Bahan Bakar: o Jenis o Tekanan bahan bakar	Natural Gas 0,22 kg/cm ²	Solar Stand by
Kondisi Dinding Boiler: o Luas Permukaan o Temperatur Dinding Ruang Bakar o Temperatur Dinding	3 x 6 m 160°C 54°C	Stand by
Kondisi Uap: o Laju Aliran o Temperatur o Tekanan o Kualitas Uap	-- 55°C 8,2 Bar Uap basah	Stand by

Dalam operasinya *boiler* gas alam yang dioperasikan untuk memproduksi uap adalah *boiler Hoken*. Sistem penggunaan uap adalah sekali pakai, dengan kata lain sepenuhnya uap yang diproduksi habis terpakai.

Air umpan ke *boiler* dijaga pada temperatur $\pm 90^\circ\text{C}$ dengan cara memanaskan air dalam tangki umpan dengan menggunakan uap dari *boiler* sendiri melalui *heat exchanger* yang terpasang di dalam tangki. Air yang digunakan untuk mengisi tangki air umpan dikondisikan untuk memenuhi persyaratan agar tidak menyebabkan terjadinya lumpur, kerak atau korosi pada *boiler*. Persyaratan air umpan *boiler* seperti terlihat pada tabel 2..

Tabel 2. Persyaratan air umpan boiler

KOMPOSISI KIMIA	KANDUNGAN
pH	10,5 – 11,3
p-alkalinity	300 - 600 ppm CaCO ₃
m-alkalinity	500 – 800 ppm CaCO ₃
TDS	500 – 800 ppm CaCO ₃
Clorine ion CL ⁻	Maksimum 800
Phosphate iron PO ₄	20 – 40 ppm

Sumber: Perry's Chemical Eng.Handbook,6 Edt.[5]

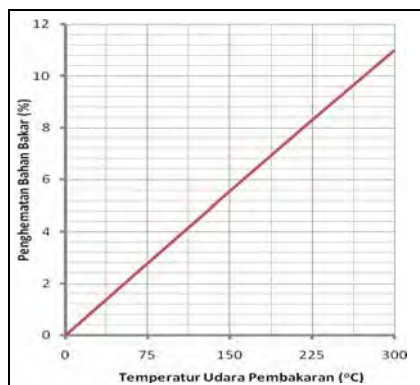
3.2. Analisis Data Potensi Penghematan/ Efisiensi Energi

Berdasarkan parameter hasil pengukuran dan investigasi lapangan pada sistem boiler, ada beberapa peluang potensi penghematan/ efisiensi yang bisa dilakukan seperti dijelaskan berikut ini: [4].

- Terdapat sebagian pipa distribusi ke unit pengguna uap yang tidak terisolasi. Kerugian pada pipa distribusi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

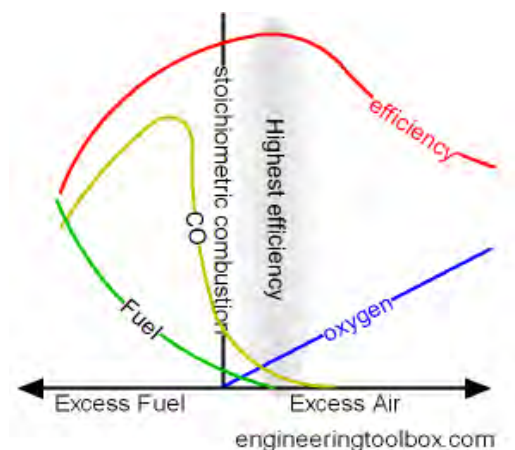
$$Q = \frac{2 \pi L K \Delta T}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} \text{ Watt}$$

- b. Pemanasan udara pembakaran ini dapat menghemat bahan bakar seperti yang tampak pada gambar 4, setiap kenaikan temperatur udara pembakaran sebanyak 37,5°C akan memberikan penghematan bahan bakar sebanyak 1%.



Gambar 4. Grafik pengaruh pemanasan udara terhadap penghematan bahan bakar

- c. Kegunaan *air preheater* adalah menyerap panas gas buang *boiler* untuk meningkatkan efisiensi termal *boiler* dengan menurunkan kerugian panas di sisi gas buang. Sebagai konsekwensinya, gas buang yang dilepaskan ke cerobong asap pada temperatur yg lebih rendah yang juga sebagai kontrol dalam memenuhi aturan emisi gas buang.
- d. Pengaturan udara lebih (*excess air*) adalah cara terpenting dalam optimasi efisiensi *boiler*. Dalam pembakaran, udara yang diperlukan untuk pembakaran dialirkan dalam jumlah sedikit lebih banyak dari perhitungan. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa bahan bakar bisa terbakar seluruhnya (aspek keamanan dan keselamatan). Terlalu sedikit udara akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna yang akan menghasilkan gas CO yang sangat berbahaya, sementara terlalu banyak udara akan menurunkan efisiensi *boiler* dan memboroskan energi seperti diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara efisiensi dan konsentrasi O₂

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Potret Penggunaan Energi Termal

Potret penggunaan energi yang digunakan pada Industri Karpas adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan gas/solar untuk umpan ke *boiler* adalah 1.453.700 m³ (*boiler gas*) per tahun dengan nilai kalor 6 ton/jam dan 900 liter per tahun (*boiler solar*).
- Monitoring bisa dilakukan dengan cara mengukur temperatur gas buang di cerobong dan konsentrasi O₂ atau CO₂ di dalam gas buang yang merupakan indikator utama tentang efisiensi pembakaran.
- efisiensi *boiler* dapat dinaikkan 1% untuk setiap penurunan 15% udara lebih.
- Perlunya pengukuran atau monitoring jumlah udara lebih (*excess air*) yang masuk ke dalam *boiler* secara periodik. Monitoring bisa dilakukan dengan cara mengukur temperatur gas buang di cerobong dan konsentrasi O₂ atau CO₂ di dalam gas buang yang merupakan indikator utama tentang efisiensi pembakaran.

4.2. Potensi Penghematan/Efisiensi Energi

Terdapat beberapa penghematan energi yang diidentifikasi pada Industri Karpas, antara lain:

- Untuk mengontrol *excess air* diperlukan *combustion analyzer* atau *Orsat* untuk mengukur konsentrasi O₂ atau CO₂. Dengan pengadaan alat ukur *Orsat* untuk mengukur konsentrasi O₂ dan CO₂ akan memberikan penghematan bahan bakar sekitar 5% per tahun atau Rp. 5.400.000,- per bulan. Penghematan dalam kWh dapat diperoleh dengan menggunakan konversi sebesar Rp. 439,-/kWh. Dengan demikian penghematan dapat diperoleh sebesar 12.300 kWh per bulan atau 147.600 kWh per tahun atau setara dengan Rp. 64.796.400,- per tahun. Dengan nilai investasi sekitar Rp. 5.000.000,- maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 0,08 tahun.

- b. Memasang *flowmeter* pada jalur suplai pipa uap dan suplai pipa minyak panas, pemasangan alat ini akan sangat membantu dalam memonitor performansi *boiler*. Pengamatan dalam pengontrolan penggunaan uap akan memberikan keuntungan berupa penghematan dengan mengantisipasi akibat dari operasi *boiler* yang tidak terkontrol dengan baik atau pemakaian uap yang diluar kebiasaan normal. Pemasangan *flowmeter* akan memberikan penghematan sekitar 2% atau Rp. 2.100.000,- per bulan. Apabila nilai penghematan ini dikonversi ke dalam kWh dengan menggunakan faktor konversi Rp. 439,-/kWh, maka diperoleh penghematan sebesar 4783 kWh per bulan atau 57.396 kWh per tahun atau Rp. 25.196.844,- per tahun. Dengan nilai investasi sekitar Rp. 50.000.000.-, maka akan diperoleh *Pay Back Period* (PBP) 2 tahun.
- c. Pengukuran atau monitoring jumlah udara lebih (*excess air*) yang masuk ke *boiler* secara periodik.
- d. Melakukan perawatan dan pemeliharaan secara berkala.

4.3. Ringkasan Rekomendasi

Dari hasil pengamatan lapangan, pengumpulan dan analisis data yang dilakukan serta kalkulasi terhadap beberapa peralatan pengguna energi utama, terdapat banyak peluang penghematan/konservasi energi yang dapat dilakukan. Dalam waktu yang relatif singkat, analisis peluang konservasi energi tidaklah dapat dilakukan pada semua peralatan dan proses. Untuk itu improvisasi dan usaha internal haruslah dilakukan dengan berkesinambungan, sehingga proses optimal dan penggunaan energi yang efisien dapat dilakukan sendiri oleh perusahaan. Tabel 1 merupakan ringkasan peluang konservasi energi yang dapat dilakukan dan perkiraan nilai penghematan energi dan biaya serta nilai investasi yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakoren, (1998). *Kebijaksanaan Umum Bidang Energi (KUBE)*. Badan Koordinasi Energi Nasional, Jakarta.
- [2] DESDM. (2003). *Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- [3] Herman A, et al. (2003). *Hasil Audit Energi Direct Reduction Plant*. UPT-LSDE, Puspiptek, Serpong, Tangerang.
- [4] JICA and ECCJ. (2002). *Energy Efficiency and Conservation*. Textbook, Page 2 of 5, Japan.
- [5] Perry and Green. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. 6th Edition.

Tabel 1. Ringkasan Potensi Penghematan Energi

No.	Langkah-Langkah Penghematan Energi	Konsumsi Energi Termal		Potensi Penghematan Energi				Biaya Implementasi (Rp)			PBP (thn)
		kWh/thn	Rp/thn	kWh/thn (listrik)	% kWh	Rp/thn	%	Tanpa Biaya	Biaya Sedang	Biaya Tinggi	
1.	Pengadaan alat ukur <i>Orsat</i> (Combustion Analyzer)	147.600	22.678.740	51.660	100	22.678.740	100		5.000.000		0,08
2.	Pemasangan <i>flowmeter</i> pada jalur suplai pipa uap dan suplai pipa minyak panas	57.396	8.818.895	20.089	100	8.818.895	100		50.000.000		2
	Total	204.996	31.497.635	71.749		31.497.635			55.000.000		

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa total konsumsi energi termal per tahun sebesar 204.996 kWh atau setara dengan Rp. 31.497.635,- dan potensi penghematan energi termal per tahun sebesar 71.749 kWh atau setara dengan Rp. 31.497.635,-. Didapat total penghematan per tahun sebesar 35%.

Analisa Unjuk Kerja Sistem Fotovoltaik Yang Terkoppel Langsung Dengan Pompa Air

Hamzah Hilal

*Bidang Rekayasa Sistem, PTKKE, BPPT
Jl. MH. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat 10340,
E-mail: taura889@yahoo.com*

Abstrak -- Penerapan fotovoltaik yang terkoppel langsung dengan sistem elektromekanik untuk pompa air di daerah terpencil (pedalaman) telah mengalami kenaikan. Pada makalah ini, unjuk kerja suatu fotovoltaik yang mencatu daya ke motor dc magnet permanen yang terkoppel dengan suatu pompa sentrifugal telah dianalisa pada intensitas surya yang berbeda dan temperatur sel terkait. Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem yang dianalisa mempunyai kesepadanan yang baik antara susunan fotovoltaik dan karakteristik sistem elektromekanik. Melalui perubahan posisi fotovoltaik secara manual (merubah orientasi fotovoltaik tiga kali sehari supaya berhadapan dengan matahari), keluaran yang diperoleh meningkat 20% dibandingkan dengan posisi susunan fotovoltaik yang tetap. Juga telah diamati bahwa kurva torsi-kecepatan pada intensitas surya yang rendah untuk sistem fotovoltaik-elektromekanik seharusnya lebih curam daripada intensitas surya yang lebih tinggi, dan kurva torsi-kecepatan beban seharusnya menaik secepat mungkin dalam daerah pengoperasian dengan torsi awal yang rendah. Analisa unjuk kerja sangat berguna untuk menyeleksi sistem fotovoltaik-elektromekanik yang sesuai untuk penerapan pompa air.

Kata kunci: Pompa sentrifugal, motor dc magnet permanen, sistem fotovoltaik-elektromekanik, pompa air.

I. PENDAHULUAN

Penerapan sistem fotovoltaik yang dikoppel langsung secara elektromekanik untuk pompa air telah memperoleh perhatian yang tinggi akhir-akhir ini karena adanya harapan penurunan harga array (susunan) fotovoltaik. Masih sekitar 40-45% penduduk Indonesia yang tinggal di pedalaman hidup tanpa akses ke sambungan tenaga listrik komersial. Untuk memenuhi kebutuhan listrik terutama untuk penerangan di pedalaman ini, penduduk menggunakan fotovoltaik yang terinstalasi pada masing-masing rumah atau terinstalasi secara terpusat kemudian tenaga listrik

yang dihasilkan disalurkan ke beberapa rumah di sekitar lokasi instalasi.

Sedangkan pemanfaatan fotovoltaik untuk pompa air masih sangat terbatas. Namun demikian, beberapa hasil studi telah dapat diperoleh diantaranya seperti yang dilakukan pada acuan [1-4] dimana sistem elektromekanik fotovoltaik dihubungkan secara langsung dengan suatu beban mekanik tetapi instalasinya sangat sederhana tetapi andal. Keluaran susunan fotovoltaik merupakan nonlinier dan suplai dayanya tergantung pada waktu yang berubah terhadap intensitas matahari (*solar/surya*) dan temperatur sel, karena itu karakteristik performansi dari motor dc yang catu dayanya diambil dari fotovoltaik akan berbeda bila catu daya diambil dari tegangan konstan. Pengaruh temperatur sel pada karakteristik susunan fotovoltaik tidak dilibatkan dalam banyak studi [4-6]. Pada daerah dengan cuaca panas, pengaruh temperatur sel pada performansi sistem fotovoltaik menjadi berarti. Suatu kesepadanan yang layak di antara komponen merupakan isu utama dalam sistem elektromekanik yang catu dayanya langsung diambil dari fotovoltaik. Untuk penerapan pompa air dengan fotovoltaik, seleksi motor dc dengan parameter desain yang sesuai dengan beban pompa juga penting [4-7]. Karakteristik pengoperasian motor dc magnet permanen (MP) yang dikoppel dengan pompa sentrifugal mempunyai karakteristik yang sepadan dengan susunan fotovoltaik [2-7]. Kesepadanan antara kedua komponen ini beroperasi sepanjang mungkin selama sehari dan juga mempunyai torsi awal rendah dibanding dengan sistem elektromekanik yang dikoppel fotovoltaik langsung lainnya.

Pada penelitian ini, performansi motor dc MP yang dikoppel dengan pompa sentrifugal dianalisa pada intensitas surya yang berbeda dan temperatur sel yang terkait. Suatu sistem susunan fotovoltaik dengan kapasitas 720 Wp (Watt-puncak) untuk mensuplai daya ke motor dc MP yang dikoppel dengan pompa sentrifugal untuk memompa air dari kedalaman 5-8 meter dijadikan objek kajian. Analisa unjuk kerja sistem dengan tipe seperti ini akan sangat berguna untuk diterapkan pada lokasi-lokasi yang sesuai. Kalau intensitas surya rata-rata pada suatu daerah diketahui, maka parameter

sistem dapat dipilih sedemikian rupa sehingga kurva pengoperasian sepadan dengan lokus titik-titik daya maksimum susunan fotovoltaiik.

II. PEMODELAN

2.1 Susunan Fotovoltaiik

Susunan fotovoltaiik terdiri atas sejumlah sel surya, yang dihubungkan secara seri dan/atau paralel untuk mencapai tegangan dan arus yang dibutuhkan. Jika susunan fotovoltaiik mempunyai N_s sel seri dan N_p sel paralel, maka persamaan arus-tegangan (I - V) susunan fotovoltaiik ditulis sebagai berikut[7,8]:

$$V = -IR_s \frac{N_s}{N_p} + \left(\frac{N_s AK_B T_c}{q} \right) \ln \left(1 + \frac{N_p I_{ph} - I}{N_p I_0} \right) \quad (1)$$

dimana I_{ph} = arus fotovoltaiik, I_0 = arus jenuh balik, q = muatan, R_s = resistansi seri, K_B = konstant Boltzman, A = faktor ideal, dan T_c = temperatur sel. Karakteristik arus-tegangan susunan fotovoltaiik tergantung pada intensitas surya dan temperatur sel. I_{ph} merupakan suatu fungsi intensitas surya (I_T) dan temperatur sel (T_c). Arus dan tegangan susunan fotovoltaiik pada I_T dan T_c diberikan oleh[8]:

$$I = I_r + I_{sc} \left(\frac{I_T}{I_{TO}} - 1 \right) + \alpha_c (T_c - T_r) \quad (2)$$

$$V = V_r + \alpha_v (T_c - T_r) \quad (3)$$

dimana I_r dan V_r = masing-masing menyatakan arus dan tegangan pada intensitas surya acuan (I_{TO}) dan temperatur sel surya acuan (T_r), I_{sc} = arus hubung singkat susunan fotovoltaiik, α_c dan α_v = koefisien temperatur sel surya masing-masing untuk arus dan tegangan. Persamaan (1) sampai (3) digunakan untuk menentukan karakteristik arus-tegangan pada intensitas surya dan temperatur sel yang berbeda.

2.2 Motor DC MP

Relasi torsi-kecepatan motor dc MP dalam keadaan mantap (*steady state*) diberikan oleh[9]:

$$\omega = \frac{V_a - \left(\frac{T_e}{K\phi} \right) R_a}{K\phi} \quad \text{dan } T_e = K\phi i_a \quad (4)$$

dimana V_a = tegangan terminal, $K\phi$ = koefisien torsi dan tegangan motor dc MP, R_a = resistansi armatur, dan i_a = arus armatur. Pada kasus suatu motor dc yang dicatu langsung dari fotovoltaiik,

tegangan terminal dan arus armatur sama dengan tegangan dan arus susunan fotovoltaiik. Hubungan torsi-kecepatan sistem dalam keadaan mantap telah diperoleh dengan menggunakan acuan [1] dan [2] seperti ditulis sebagai berikut:

$$\omega = \frac{1}{K\phi} \left[N_s \left(\frac{AK_B T_c}{q} \right) \ln \left(\frac{N_p I_{ph} - \left(\frac{T_e}{K\phi} \right)}{N_p I_0} + 1 \right) - \left(\frac{T_e}{K\phi} \right) R_s \frac{N_s}{N_p} - \left(\frac{T_e}{K\phi} \right) R_o \right] \quad (5)$$

Torsi awal yang diberikan oleh suatu motor seharusnya lebih besar dari torsi gesek untuk dapat mengakselerasi kecepatan dari 0 ke suatu nilai yang ditentukan oleh intensitas surya dan beban sentrifugal. Torsi awal (T_s) suatu motor dc ditentukan dengan menjaga kecepatan motor sama dengan 0 dan ini diberikan oleh:

$$\frac{T_s}{K\phi} + N_p I_0 \exp \left[\frac{q T_s (R_s N_s + R_o N_p)}{N_s N_p AK_B T_c K\phi} \right] - N_p I_{ph} = 0 \quad (6)$$

Bila diasumsikan bahwa arus jenuh balik dalam susunan fotovoltaiik kecil dibandingkan arus fotovoltaiik, maka:

$$N_p I_{ph} - \frac{T_s}{K\phi} \geq N_p I_0 \quad (7)$$

Dalam sistem elektromekanik-fotovoltaiik, beban mekanik seharusnya dibuat sehingga daya maksimum dari susunan fotovoltaiik dapat diserap pada seluruh intensitas surya. Torsi kecepatan motor dc MP (4) didiferensialkan terhadap arus dan akan menghasilkan:

$$\frac{dV}{dI} = R_a + K\phi \frac{d\omega}{dI} = R_a + (K\phi)^2 \frac{1}{\left(\frac{dT_e}{d\omega} \right)} \quad (8)$$

dan pada titik pengoperasian, torsi elektromagnetik T_e sama dengan torsi beban T_L . Nilai $dT_L/d\omega$ harus sebesar mungkin supaya kurva pengoperasian menjadi lebih vertikal, yang akan menghasilkan kesepadanan yang baik, dan nilai dV/dI seharusnya kecil. Pada saat start, kecepatan motor akan naik cepat sampai kondisi operasi normal tercapai. Persamaan dinamis motor diberikan oleh[9]:

$$T_e - T_L = J \frac{d\omega}{dt} + D\omega + C \quad (9)$$

dimana J = momen inersia, D = damping, dan C = konstanta torsi untuk losses rotasi. Beban seharusnya mempunyai torsi awal rendah dan $dT_L/d\omega$ seharusnya rendah pada kecepatan rendah, dan tinggi pada daerah pengoperasian.

III. ANALISA UNJUK KERJA

Analisa didasarkan pada suatu sistem fotovoltaiik terdiri atas 20 modul yang tersusun dalam 4 modul seri dan 5 modul paralel, dan catu daya dari susunan fotovoltaiik ini diberikan ke satu motor dc MP yang dikopel dengan pompa sintrifugal.

Analisa unjuk kerja sistem dibuat dengan mengatur susunan fotovoltaik dapat tegak lurus ke matahari tiga kali dalam sehari. Pada titik pengoperasian sistem, relasi di antara torsi pompa, kecepatan, laju aliran, dan tinggi air dapat diperoleh dengan menimbang keseimbangan energi mekanik pompa. Keseimbangan energi mekanik ditulis sebagai berikut:

$$T_t \omega = \rho g Q H \quad (10)$$

dimana H = tinggi air, Q = laju aliran air (debit), ρ = kerapatan air, dan g = konstanta gravitasi.

Efisiensi sistem fotovoltaik-motor-pompa tergantung pada karakteristik beban dan titik-titik pengoperasian pada intensitas surya dan temperatur sel yang berbeda. Arus-tegangan (I - V) pengoperasian susunan fotovoltaik utamanya diatur oleh karakteristik torsi-kecepatan (ω - T_e).

Efisiensi susunan fotovoltaik diberikan oleh:

$$\eta_e = \frac{VI}{A_{fv} I_T} \quad (11)$$

dimana A_{fv} = luas susunan fotovoltaik, I_T = intensitas surya (*instantaneous*) pada susunan fotovoltaik. Faktor kesepadan beban pada susunan fotovoltaik tergantung pada titik pengoperasian motor dc-beban pompa dan titik daya maksimum susunan fotovoltaik pada intensitas surya yang sama, dan ini diberikan oleh:

$$\eta_{fvm} = \frac{VI}{P_{\max}} \quad (12)$$

dimana $P_{\max}$ = daya maksimum susunan fotovoltaik pada intensitas surya dan temperatur sel terkait. Efisiensi motor-pompa diberikan oleh:

$$\eta_{mp} = \frac{\rho g Q H}{VI} \quad (13)$$

Efisiensi sistem keseluruhan tergantung pada efisiensi susunan fotovoltaik dan efisiensi motor-pompa, yang diekspresikan sebagai berikut:

$$\eta = \eta_e \eta_{mp} \quad (14)$$

Parameter-parameter susunan fotovoltaik, motor dc MP, dan beban pompa sentrifugal, diberikan pada tabel 1.

Parameter-parameter susunan fotovoltaik disubstitusikan ke dalam persamaan (1), sehingga menjadi:

$$V = -0,08641I + \frac{1}{0,1616} \ln \left(1 + \frac{N_p I_{ph} - I}{0,00225} \right) \quad (15)$$

Untuk pengoperasian keadaan mantap, torsi elektromagnet motor dc menjadi:

$$T_e = D\omega + C + T_L \quad (16)$$

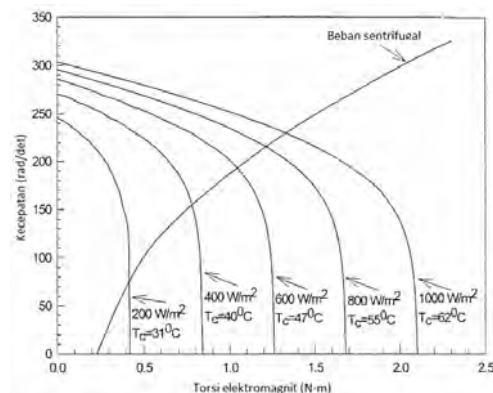
$$= 0,23 + 0,001\omega + 1,6532 \times 10^{-5} \omega^2$$

Tabel 1 Parameter fotovoltaik, motor, dan pompa

No.	Parameter	Nilai
A	Fotovoltaik	
1	R_s	0,003 Ω
2	N_s	3*36 = 14 sel
3	N_p	5
4	$R_s (N_s/N_p)$	0,0864 Ω
5	$AK_B T/q$	1/(23,28) V
6	I_a	0,000025 A
7	I_{ph}	Paramter (amp)
8	a_c	0,001258 amp/ $^{\circ}$ C
9	a_v	-,0882 volt/ $^{\circ}$ C
B	Motor	
1	V	60 V
2	I	16,5 A
3	ω	272,3 rad/det
4	R_a	0,8 Ω
5	$K\phi$	0,175 V/(rad/det)
C	Pompa	
1	J	0,24 kg-m ²
2	C	0,08 N-m
3	D	0,0010 N-m/(rad/det)
4	T_L	0,15+1,6532x10 ⁻⁵ ω^2

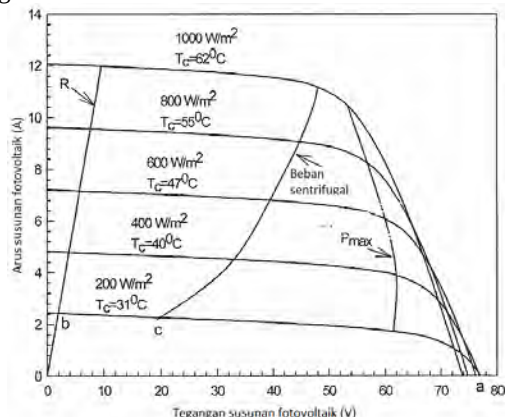
4. HASIL DAN DISKUSI

Analisa unjuk kerja susunan fotovoltaik yang mencatu daya langsung ke motor dc MP telah dikaji. Karakteristik keadaan mantap kecepatan-torsi (elektromagnet) motor dc MP diperoleh pada intensitas surya yang berbeda dan temperatur sel yang terkait. Hal ini diperlihatkan dalam bidang mekanik (ω - T_e) pada gambar 1. Pada gambar ini juga diperlihatkan karakteristik beban sentrifugal.



Gambar 1 Karakteristik kecepatan torsi sistem fotovoltaik-motor dc MP - beban

Dari gambar 1 ini dapat dilihat bahwa sistem mulai beroperasi pada suatu nilai intensitas surya yang rendah (yaitu 150 W/m^2) dan tetap beroperasi selama mungkin dalam satu hari. Titik-titik pengoperasian beban sentrifugal ditransfer dari bidang mekanik ($\omega - T_e$) ke bidang elektrik ($I - V$) susunan fotovoltaiik seperti diperlihatkan pada gambar 2.



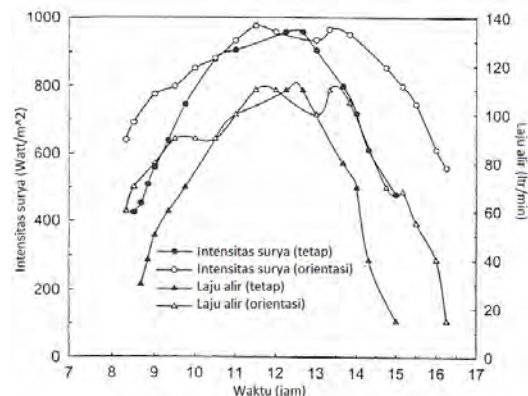
Gambar 2 Karakteristik arus tegangan sistem fotovoltaiik-motor dc MP – beban

Dapat dilihat bahwa sementara arus hubung singkat berubah-ubah secara dratis terhadap tingkat intensitas surya, sedangkan tegangan hubung terbuka tidak demikian. Hal ini disebabkan karena arus fotovoltaiik (I_{ph}), yang merupakan arus hubung singkat, adalah fungsi liner dari intensitas surya, dan tegangan hubung terbuka adalah suatu fungsi logaritmik dari intensitas surya. Tegangan hubung terbuka susunan fotovoltaiik menurun dengan suatu kenaikan temperatur sel. Arus jenuh balik modul fotovoltaiik, yang naik secara tajam dengan suatu kenaikan temperatur sel, menyebabkan tegangan hubung terbuka menjadi rendah (*drop*), sedangkan arus hubung singkat naik secara perlahan dengan suatu kenaikan temperatur sel. Hasil keseluruhan perubahan-perubahan ini akan menurunkan efisiensi susunan fotovoltaiik seiring dengan kenaikan temperatur sel. Arus dan tegangan pada titik-titik daya maksimum diperlihatkan pada gambar 2, dan kurva-kurva hampir semuanya dalam satu garis vertikal. Tegangan pada titik daya maksimum tetap mendekati konstan pada semua intensitas surya. Locus titik-titik daya maksimum suatu susunan fotovoltaiik sangat penting dalam mendesain komponen-komponen suatu sistem pompa fotovoltaiik untuk memaksimalkan ekstraksi daya dari susunan fotovoltaiik. Garis resistansi armatur (R) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 memberikan arus armatur awal maksimum pada intensitas surya yang berbeda. Arus hubung singkat susunan fotovoltaiik, yang

tergantung pada intensitas surya, membatasi arus armatur awal sistem fotovoltaiik yang mensuplai langsung ke motor dc.

Jika sistem diekspos ke intensitas surya 200 W/m^2 , titik pengoperasian mulai pada titik a (pada tegangan hubung terbuka) seperti diperlihatkan pada gambar 2 dan bergerak sepanjang kurva $I - V$ sampai di titik b, dimana arus mencapai nilai maksimumnya. Pada titik *start*, kecepatan motor adalah 0, dan karena itu, tegangan hubung terbuka terhubung langsung ke terminal motor. Karena itu, arus awal maksimum motor tergantung pada resistansi armatur dan arus hubung singkat susunan fotovoltaiik, karena tegangan rotasi motor dc adalah 0 pada saat *start*. Bila motor mulai berputar, arus menurun dari titik b ke titik c, dimana pengoperasian keadaan mantap dicapai, dan diasumsikan bahwa intensitas surya tidak berubah sepanjang waktu itu.

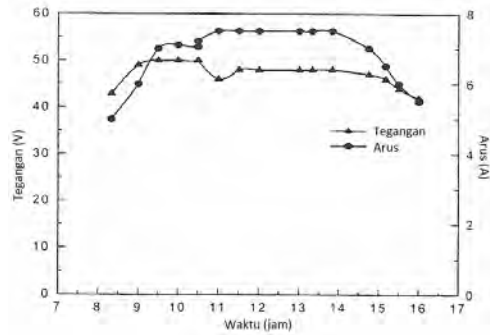
Performansi sistem telah dianalisa untuk posisi panel fotovoltaiik yang tetap dan juga dengan merubah orientasi panel fotovoltaiik tiga kali dalam sehari, untuk menjaga agar panel-panel berhadapan dengan matahari (secara manual). Sistem mulai berotasi pada intensitas surya 150 W/m^2 dengan arus awal 1,8 A. Intensitas surya pada susunan fotovoltaiik dan laju aliran pompa air untuk ketinggian 5 meter diberikan pada gambar 3 baik untuk posisi susunan fotovoltaiik yang tetap maupun untuk posisi yang berorientasi.



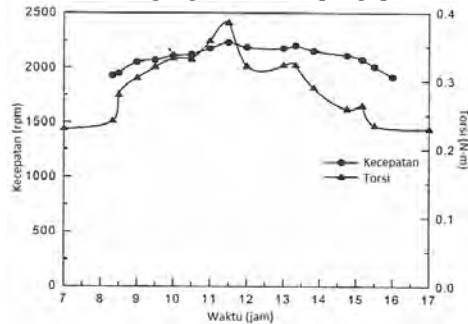
Gambar 3 Intensitas surya dan laju alir

Dapat dilihat bahwa air yang dipompa adalah 20% lebih banyak dengan menggunakan posisi yang berorientasi dibandingkan dengan posisi yang tetap. Sistem beroperasi selama mungkin dalam sehari dengan laju aliran antara 20 sampai 140 liter/menit, tergantung pada intensitas surya. Rata-rata air yang dipompa adalah 38.000 lt/hari pada ketinggian air 5 meter dengan 9 jam operasi. Tegangan-arus pengoperasian susunan fotovoltaiik dan torsi-kecepatan poros motor dc-pompa untuk pengoperasian secara orientasi masing-masing diilustrasikan pada gambar 4 dan gambar 5. Fluktuasi intensitas surya telah memberikan titik-

titik pengoperasian dalam pergerakan kontinyu sepanjang kurva karakteristiknya.

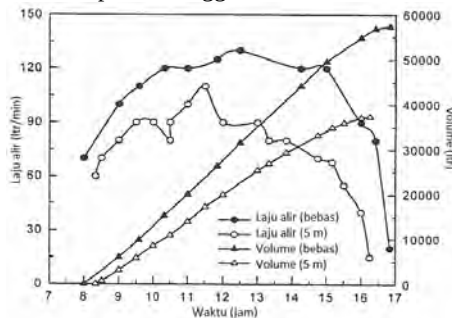


Gambar 4 Tegangan dan arus pengoperasian



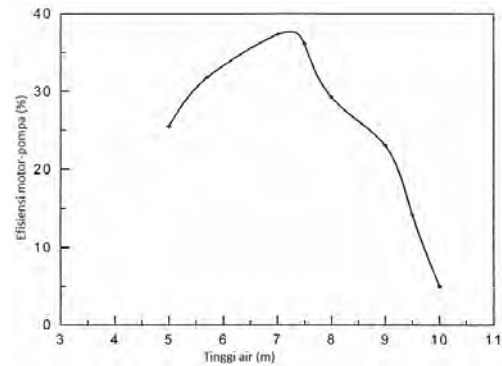
Gambar 5 Kecepatan dan torsi poros

Laju aliran dan volume air yang dipompa pada suatu hari tipikal operasi diilustrasikan pada gambar 6. Parameter-parameter ini telah diukur pada ketinggian air 5 meter dan 2,5 meter. Dapat dilihat bahwa volume total air yang dipompa adalah 38.000 liter pada ketinggian 5 meter dan 58.000 liter pada ketinggian 2,5 meter.



Gambar 6 Laju alir dan volume air

Pengaruh tinggi air terhadap efisiensi motor-pompa juga sudah dikaji untuk menentukan tinggi optimum sistem ini. Efisiensi motor-pompa telah diperoleh dengan menimbang tinggi air seperti ditunjukkan pada gambar 7, dimana terlihat bahwa sistem ini memberikan efisiensi maksimum pada tinggi air 7 meter.



Gambar 7 Efisiensi fotovoltaiik-motor-pompa dengan tinggi air

Unit motor dc-pompa yang digunakan mempunyai kecepatan 2600 rpm, tetapi kecepatan pengoperasian sistem berubah sesuai dengan intensitas surya. Karena itu, efisiensi motor-pompa yang rendah akan menyebabkan efisiensi keseluruhan sistem yang rendah tidak dapat dihindari. Efisiensi susunan fotovoltaiik juga tergantung pada temperatur sel. Pada periode sore hari, intensitas surya menurun tetapi temperatur sel tetap tinggi dibandingkan dengan periode pagi hari untuk intensitas surya yang sama. Karena itu, efisiensi susunan fotovoltaiik menurun pada sore hari dibandingkan pada pagi hari.

Kesepadanan yang layak antara sistem motor-pompa dengan susunan fotovoltaiik adalah sangat penting dalam desain sistem. Seleksi pompa juga penting untuk menyepadankan kondisi kecepatan motor yang bervariasi, tinggi air yang diperlukan, dan aliran maksimum.

5. KESIMPULAN

Analisa unjuk kerja suatu sistem pompa air yang menggunakan susunan fotovoltaiik untuk mencatu daya ke motor dc MP yang terkopel langsung dengan pompa sentrifugal telah dikaji pada intensitas surya yang berbeda dan temperatur sel yang terkait. Hasil observasi menunjukkan bahwa sistem beroperasi sepanjang hari karena torsi awal yang tinggi bahkan pada intensitas surya yang rendah.

Kurva elektromagnetik torsi-kecepatan sistem fotovoltaiik, motor, dan pompa pada intensitas rendah seharusnya lebih curam dibanding pada intensitas surya yang tinggi. Beban seharusnya mempunyai suatu kurva torsi-kecepatan yang menaik secepat mungkin dalam daerah pengoperasian, yang menyediakan kesepadanan yang baik antara karakteristik susunan fotovoltaiik dan sistem elektromekanik. Juga, beban seharusnya mempunyai torsi awal yang rendah.

Dengan melakukan orientasi posisi susunan fotovoltaiik tiga kali sehari secara manual untuk menjaga agar susunan fotovoltaiik tetap berhadapan

langsung dengan matahari, maka keluaran mengalami peningkatan sebesar 20% dibandingkan dengan susunan fotovoltaiik posisi tetap.

Analisa unjuk kerja fotovoltaiik yang mencatu langsung motor dc yang terkopel dengan pompa akan berguna untuk menyeleksi motor yang sesuai dengan beban untuk penerapan pompa air di daerah terpencil (pedalaman). Jika intensitas surya rata-rata suatu daerah dimana sistem akan diinstalasi diketahui, maka parameter-parameter komponen sistem dapat dipilih dengan menggunakan analisa unjuk kerja sedemikian rupa sehingga titik-titik pengoperasian beban dapat mendekati titik daya maksimum di sekitar intensitas surya yang terjadi. Dengan demikian, suatu efisiensi sistem yang lebih tinggi, dan sekaligus tentunya aliran air yang lebih tinggi dapat dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandratillekke, TT, Ho. J.C. (1996). *A Study of a Photovoltaic Array for Water Pumping, Sol, Wind Technology*, vol. 3, no.1 pp. 59-71.
- [2] Loxsom,F., Durongkaveroj, P. (1999). *Estimating the Performance of a Photovoltaic Pumping System, Sol, Energy*, vol. 52, no. 2, pp. 215-219.
- [3] Maish, A. (2006). *Defining Requirements For Improved Photovoltaic System reliability, Progress in Photovoltaics*, vol. 7, no. 2 pp. 165-173.
- [4] Arab, A.H., et al. (2007). *Performance of PV Water Pumping System, Renewable Energy*, vol 8, no. 1, pp. 191-204.
- [5] Akbaba, M., et al. (2008). *Matching of Seperated Excited DC Motrs to Photovoltaic Generators For Maximum Power Output, Sol. Energy* vol 86, no. 1, pp375-385, Dec.
- [6] Swamy, C.L.P., et al. (2010). *Experimental Investigation on a Permanent Magnet Burshless DC Motor Fed by a PV array For a Water Pumping System, J. Sol. Energy, -Trans. ASME*, vol 133, no. 2, pp. 129-132.
- [7] Kolhe. M, et al. (2010). *Determination of Magnetic Field Constant of DC Permanent Magnet Motor Powered by Photovoltaic For Maximim Mechanical Energy Output, Renewable Enery*, vol 12, pp. 563-571.
- [8] Messenger, R.A., and Ventre, J. (1999). *Photovoltaic Systems Engineering*, Boca Raton, FL: CRC.
- [9] Kothari, D.P., dan Nagrath, J.C. (2001). *Electrical Machines*, New York: Tata McGraw-Hill.
- [10] Hilal, H. (2003). Kesepadanan Motor DC Eksitasi Terpisah Dengan Fotovoltaiik Untuk Maksimasi Energi Mekanik, *Jurnal SINERGI*, Vol. II, No. 7, Maret '03, UMB.
- [11] Hilal, H. (2001). Studi Perencanaan Sistem Pompa Fotovoltaiik, *Jurnal SINERGI*, Vol. 1, No. 4, Mei 2001, UMB.

Pembagi Beban Generator CAT D 3512B Menggunakan Digital Load Sharing Woodward 2301D

Agus Siswanto¹, Erfan Subiyanta²

Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro, FT, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon^{1,2}

Jalan Perjuangan No. 17 Cirebon TELP. (0231) 481945 – 486622

Email : asiswanto.untagcrb@gmail.com, refans@yahoo.com

Abstrak -- Sistem kelistrikan merupakan bentuk energi yang sekunder paling praktis penggunaannya. Sistem pembangkitan energi listrik yang sudah umum digunakan adalah mesin generator tegangan AC di Sebagai penggerak utamanya bisa berjenis mesin turbin, mesin diesel atau mesin baling-baling. Sistem pengoperasian pembangkit listrik dengan menggunakan generator set bertenaga mesin Diesel CAT D3512B, karena faktor keandalan dan fluktuasi jumlah beban, maka disediakan dua atau lebih generator set yang bekerja secara paralel dan dioperasikan dengan tugas terus-menerus, cadangan dan bergiliran untuk generator-generator tersebut. Dalam pengoperasian Generator secara paralel diperlukan alat pembagi beban Generator Woodward tipe 2301D.

I. PENDAHULUAN

Generator AC sebagai sumber arus di Elektrik, type engine primovernya Caterpillar D 3512 B dengan generator sumber arusnya type SR4-B dengan kapasitas generator sebesar 1200 kW, 600VAC, 3 phase, frequency 50 hertz. Tersedia 4 unit generator dengan tipe yang sama di dalam unit Rigs tersebut yang diseting agar dapat bekerja secara paralel/sinkronisasi. Disini akan dibahas satu persatu dimulai dari cara kerja, fungsi dari masing-masing komponen dilengkapi gambar dan Generator AC sebagai sumber arus di Elektrik. type engine primovernya Caterpillar D 3512 B dengan generator sumber arusnya type SR4-B dengan kapasitas generator sebesar 1200 kW, 600VAC, 3 phase, frequency 50 hertz. Tersedia 4 unit generator dengan tipe yang sama di dalam unit Rigs tersebut yang diseting agar dapat bekerja secara paralel/sinkronisasi. [1-3] Disini dibahas satu persatu dimulai dari cara kerja, fungsi dari masing-masing komponen dilengkapi gambar dan wiring diagram dari sebuah Generator AC, Sinkronisasi Generator secara otomatis menggunakan digital AVR Bassler type DECS-100. dan pembagi beban generator set menggunakan

Woodward tipe 2301D [3-5].

II. PRINSIP DASAR GENERATOR AC

Tegangan output dari generator sinkron adalah tegangan bolak-balik, oleh karena itu generator sinkron disebut juga generator AC. Pada generator AC, kumparan jangkar disebut juga kumparan stator karena berada pada tempat yang tetap, sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet di putar oleh tenaga mekanik. Jika kumparan rotor yang berfungsi sebagai pembangkit kumparan medan magnet yang terletak di antara kutub magnet utara dan selatan di putar, maka pada kumparan rotor akan timbul medan magnet atau fluks yang bersifat bolak-balik atau fluks putar [5].

Fluks putar ini akan memotong-motong kumparan stator, sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul gaya gerak listrik (ggl) yang timbul pada kumparan stator dan juga bersifat bolak-balik atau berputar dengan kecepatan sinkron terhadap kecepatan putar rotor. Generator sinkron yang banyak di jumpai dan dipakai masyarakat adalah generator 3 phase, dalam hal ini memberi pengertian bahwa jumlah kumparan stator adalah 3 kelompok atau 3 phase.

Pembangkitan arus generator AC

Suatu armature berputar melalui medan magnet. Pada satu posisi awal nol derajat, kumparan jangkar itu bergerak secara paralel didalam kumparan medan magnet tetapi tidak memotong jalan setiap garis fluks magnet. Maka diposisi seperti ini belum ada tegangan pembangkitan.

III. KONSTRUKSI GENERATOR AC

Pada dasarnya konstruksi dari generator sinkron sama dengan konstruksi motor sinkron, secara umum biasa disebut mesin sinkron. Ada 2 struktur kumparan pada mesin sinkron yang merupakan dasar kerja, yaitu kumparan yang mengalirkan penguatan DC dan sebuah kumparan jangkar tempat dibangkitkannya GGL arus bolak-balik. Hampir semua mesin sinkron mempunyai belitan GGL berupa stator dan struktur medan magnet berputar rotor. Kumparan DC pada struktur

medan yang berputar dihubungkan pada sumber DC luar, dengan sistem “brushless excitation”.

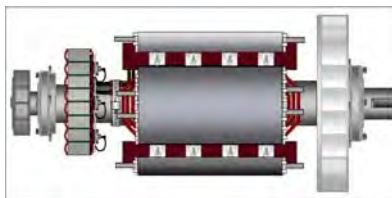
3.1. Bentuk Penguatan

Seperti telah diuraikan di atas, bahwa untuk membangkitkan fluks magnetik diperlukan penguatan DC. Penguatan DC ini bisa diperoleh dari generator DC penguatan sendiri yang seporos dengan rotor mesin sinkron. Pada Generator Cat D3512B sistim untuk penguatan arus eksitasi menggunakan sistim penguatan menggunakan magnet permanent (*magnet tetap*). Alternatif lainnya untuk penguatan eksitasi adalah menggunakan Diode Silikon dan Thyristor. Ada 2 tipe sistim penguatan “solidstate” yaitu:

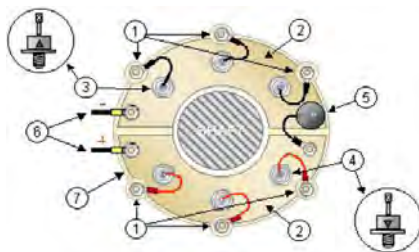
1. Sistem statis yang menggunakan Diode atau thyristor Statis, dan arus dialirkan ke rotor melalui slipring.
2. Brushless System, pada sistem ini penyearah dipasang diporos yang berputar dengan rotor, sehingga tidak dibutuhkan sikat arang dan slipring.

3.2. Bentuk Rotor

Untuk medan rotor yang digunakan tergantung pada kecepatan mesin, mesin dengan kecepatan tinggi seperti turbo generator mempunyai bentuk silinder, sedangkan mesin dengan kecepatan rendah seperti Hydroelectric atau generator listrik diesel mempunyai rotor kutub menonjol.



Gambar 1. Rotor Generator 4 Pole



Gambar 2. Rotating Rectifier Exciter Generator

Stator dari mesin sinkron terbuat dari bahan Ferromagnetik, seperti telah dibahas disini, yang berbentuk laminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar. Dengan inti Ferromagnetik yang

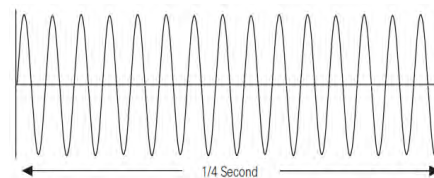
bagus berarti permabilitas dan resistivitas dari bahan tinggi.



Gambar 3. Stator Coil Generator

3.3. Frequency

Bahwa kecepatan rotor dan frekuensi dari tegangan yang di bangkitkan oleh suatu generator sinkron berbanding secara langsung. Banyaknya siklus perdetik dari tegangan didalam armature sebuah generator disebut frekuensi dari generator. 1 hertz sama dengan 1siklus perdetik. Ilustrasi yang berikut menunjukan 15 siklus dalam ¼ second yang setara dengan 60 Hz di tunjukan oleh Gambar 4.



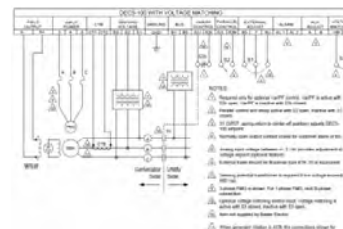
Gambar 4. Siklus sebuah gelombang frequency

Frekuensi dari tegangan induksi sebagai sebuah fungsi dari kecepatan rotor, dan diformulasikan dengan:

$$f = P/2 \times n/60 \text{ Hertz}$$

3.4. AVR Bassler DECS-100

AVR (*Automatic Voltage Regulator*) berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang stabil, tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah. Prinsip kerja dari AVR adalah mengatur arus penguatan (*excitacy*) pada exciter.



Gambar 5, Sistem Eksitasi

3.5. Sistim Eksitasi

Sistem eksitasi adalah sistem pasokan listrik DC sebagai penguatan pada generator listrik atau sebagai pembangkit medan magnet, sehingga suatu generator dapat menghasilkan energi listrik dengan besar, tegangan arus listrik keluaran generator bergantung pada besarnya arus eksitasinya. Sistem ini merupakan sistem yang vital pada proses pembangkitan listrik dan pada perkembangannya, sistem Eksitasi pada generator Cat D 3512B adalah sistim “Brushless Excitation”.

Gangguan pada rotor dapat menimbulkan distorsi medan magnet pada generator utama dan dapat menimbulkan getaran (*vibrasi*) berlebihan pada unit pembangkit.

$a = V + I.Ra + j I.Xs$
 $Ea =$ tegangan induksi pada jangkar
 $V =$ tegangan terminal output
 $Ra =$ resistansi jangkar
 $Xs =$ reaktansi sinkron
 $Ia =$ arus jangkar

Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan antara tegangan induksi dengan tegangan terminal adalah:

Distorsi medan magnet pada celah udara oleh mengalirnya arus pada stator, disebut reaksi jangkar.

3.6. Regulasi tegangan generator

Pengaturan tegangan adalah perubahan tegangan terminal alternator antara keadaan beban nol (VNL) dengan beban penuh (VFL). Keadaan ini memberikan gambaran batasan drop tegangan yang terjadi pada generator. Regulasi tegangan generator dapat kita hitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\%$$

3.7. Sinkronisasi Generator

Sinkronisasi atau paralel generator dapat diartikan menggabungkan dua generator atau lebih kemudian dioperasikan secara bersama-sama dengan tujuan:

- Mendapatkan daya yang lebih besar.
- Untuk efisiensi (biaya operasional)
- Penentuan kapasitas generator.
- Untuk kotinyuitas daya listrik

Maka didapat beda sudut fasa antar generator Leader dan Follower :

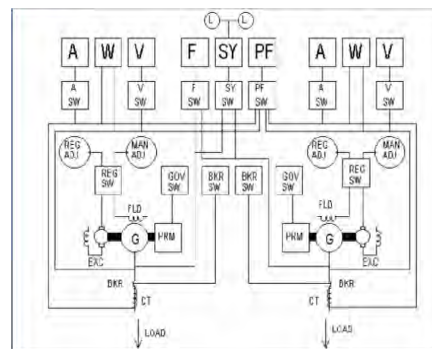
$$\Delta\phi = \frac{1501 - 1500}{1500} \times 360^\circ$$

$$\Delta\phi = 0,24^\circ$$

IV. PEMBAGI BEBAN GENERATOR

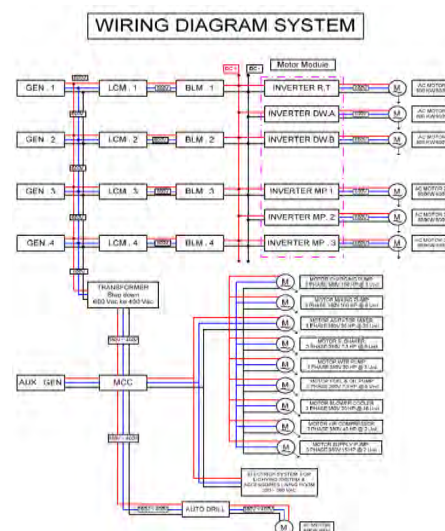
Permasalahan yang pasti timbul untuk memparalelkan generator dengan kapasitas yang berbeda adalah terjadinya overload pada generator yang kapasitasnya lebih rendah. Untuk mengatasi permasalahan ini terlebih dahulu kita harus mengetahui karakteristik dari setiap generator.

Karakteristik daya terhadap putaran atau frekwensi. Selain itu karakteristik dari masing-masing generator harus punya droop yang sama. Dengan karakteristik yang demikian kita dapat melakukan pengaturan daya generator sehingga dapat mencapai persentase yang sama pada masing-masing unit generator saat paralel.



Gambar 6, Instalasi pengkabelan paralel generator

Governor bekerja secara hidrolik/mechanis, sedangkan sinyal masukan dari keluaran arus generator berupa elektrik, sehingga masukan ini perlu diubah ke mekanis dengan menggunakan elektrik aktuator untuk menggerakkan motor listrik yang menghasilkan gerakan mekanis yang diperlukan oleh governor.



Gambar 7, Sistem Wiring Pada Pembagi beban Generator

- 1) MPU (1) merespon kecepatan primover
- 2) Sensor frequency untuk soft converter(2)
- 3) Converter sensor kecepatan (3) primover
- 4) Sensor kecepatan (4) dengan perangkat lunak sebagai pembanding jumlah bahan bakar atau uap yang di perlukan untuk menjaga kecepatan yang diinginkan pada suatu beban yang dibutuhkan.
- 5) Aktuator (5) suatu alat mekanisme untuk Mengatur bahan bakar yang diperlukan oleh Penggerak utama melalui sensor kecepatan, seperti pickup magnetik, sensor kecepatan dari penggerak utama, yang kemudian dikonversikan ke suatu sinyal AC sehingga keluaran dari frekuensi sebanding dengan kecepatan prime mover. Software unit frekuensi menerima sinyal Ac dari saensor kecepatan dan dirubah menjadi digital untuk menggerakkan motor penggerak rpm.

Kontrol digital membandingkan keluaran numerik dari sensor kecepatan ke numerik referensi kecepatan. Jika kecepatan lebih rendah atau lebih tinggi dari referensi, respon dihitung oleh PID dan dikirim ke driver aktuator menginstruksi peningkatan atau penurunan aktuator.

V. KESIMPULAN

Alat pembagi beban generator Woodward tipe 2301D merupakan peralatan otomatis yang menyeragamkan operasi governor dalam menaikkan atau menurunkan power mesin atau daya generator sesuai perubahan bebannya, dan sangat diperlukan bila memiliki lebih dari dua

generator dengan karakteristik yang berbeda yang beroperasi secara paralel.

Dengan alat pembagi beban generator, maka setiap generator mempunyai faktor penggunaan (beban maksimum dibagi kapasitas generator) yang sama sehingga secara ekonomi lebih menguntungkan dan efisien karena kebutuhan arus listrik untuk beban pemakaian dapat terpenuhi secara terus menerus tanpa harus memutus arus listrik.

Setiap generator dalam sistem tersebut, tanpa adanya overload atau overspee Perubahan beban akibat pemasukan atau pengeluaran generator dari sistem paralel generator akan dirasakan sama oleh d sehingga keamanan dari setiap unit generator

Alat pembagi beban generator hanya bisa diterapkan pada generator set engine yang mempunyai unit control governor dan bisa dikembangkan untuk sistem kontrol yang lebih lanjut seperti kontrol dengan *distributed control system (DCS)*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.schneiderelectric.com>
- [2] <http://www.woodward.com>
- [3] <http://www.basler.com>
- [4] <http://www.seasiemens.com>
- [5] <http://www.caterpillar.com>
- [6] <http://www.pacontrol.com>
- [7] <http://www.ourinstrumentation.com>
- [8] <http://www.dunialistrik.com>
- [9] Generator Basic by S David Alley

Penempatan Pembangkit untuk Mengurangi Rugi-rugi Transmisi

Erfan Subiyanta¹, Agus Siswanto²,

Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro, FT, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon^{1,2}

JL. Perjuangan No. 17 Telp. (0231) 481945, Fax, (0231) 485345 Cirebon

Email: refans@yahoo.com, asiswanto.untagcrb@gmail.com

Abstract -- Power system stations produce and deliver electricity to load through transmission lines and distribution system. The power delivery evoke system losses and voltage drop. Generator placement is an alternative to reduce voltage drop and transmission system losses. This research was aimed at knowing the influences of the dispersed generators (DG) placement to decrease active power losses on transmission lines of standard IEEE 118 bus system. Appropriate method in determining the generator placement is based on the value of voltage drop. The result shows evidence that the proper allocation of generator placement is suitable for reduction the system losses.

Keywords: transmission system, power losses, voltage drop, generator placement.

I. LATAR BELAKANG

Seiring dengan kemajuan jaman, kebutuhan energi listrik harus diimbangi dengan pembangunan pembangkit untuk menjamin kontinuitas pasokan energi listrik. PLN sebagai penyedia utama energi listrik berusaha meningkatkan jumlah pasokan energi dan memperluas jaringan tenaga listrik sampai ke seluruh pelosok negeri. Pembangunan pembangkit listrik yang berkapasitas besar memerlukan fasilitas yang besar pula, termasuk lahan dan tenaga kerja untuk operasional, serta membutuhkan dana investasi tinggi. Kebutuhan yang jelas nyata adalah diperlukan saluran transmisi tegangan ekstra tinggi (*Extra High Voltage*), tegangan ultra tinggi (*Ultra High Voltage*) termasuk stasiun transmisi atau Gardu Induk [1].

Struktur jaringan saluran transmisi yang panjang dari pembangkit ke stasiun transmisi mempunyai tingkat resiko alami yang cukup tinggi seperti angin ribut, badai dan kilat. Rugi-rugi transmisi juga semakin besar sebagai akibat dari semakin panjangnya saluran transmisi. Upaya yang dilakukan dalam rangka penurunan rugi-rugi energi terutama rugi-rugi teknis adalah dengan melaksanakan investasi jaringan dan peralatan seperti jaringan untuk memperpendek jaringan yang panjang, rekonduktor, pemasangan gardu sisipan, pemasangan kapasitor, AVR, penggantian konektor dan sebagainya.

Melihat kondisi permasalahan di atas maka perlu adanya upaya teknis guna meningkatkan

efisiensi dan kualitas penyaluran daya listrik ke konsumen. Hal ini menjadi penting karena konfigurasi jaringan dan profil beban yang dilayani membutuhkan performane energi listrik yang baik. Aspek lain yang terkait dengan rugi-rugi daya adalah profil tegangan, kondisi beban yang fluktuatif dan variatif serta memiliki kompleksitas yang tinggi, memaksa konfigurasi sistem terus berubah akibatnya konstrain tegangan yang telah ditentukan seringkali dilanggar. Penelitian yang dilakukan [2], salah satu cara yang dianggap terbaik sebagai alternatif untuk mengubah cara tradisional dalam membangkitkan dan menyalurkan energi listrik adalah dikenalkannya pembangkit skala kecil tersebar (*Distributed Generation*) yang dapat ditempatkan di lokasi dekat pusat beban.

Pengaturan Tegangan pada Jaringan telah dilakukan [3-4] penggunaan transformator IBT dan kapasitor shunt untuk pengaturan tegangan agar rugi-rugi daya nyata di jaringan transmisi dapat dikurangi. Pengujian telah dilaksanakan dengan simulasi pada saluran transmisi di salah satu jaringan yang dimiliki PLN.

Pada penelitian ini, akan dicari lokasi yang tepat dalam menempatkan pembangkit baru pada sistem transmisi sebagai suatu alternatif dalam menyelesaikan suatu bentuk persoalan dalam mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan. Penempatan pembangkit diatur sedemikian rupa sehingga mampu memperbaiki profil tegangan yang pada akhirnya akan mengurangi rugi-rugi daya pada saluran transmisi.

Studi aliran daya diperlukan untuk melihat gambaran suatu system yang sedang beroperasi sehingga informasi mengenai profil tegangan tiap bus, peta aliran daya dan rugi-rugi saluran dapat diketahui. Hasil dari studi aliran daya (*load flow*) ini selanjutnya dipakai untuk menentukan lokasi baru dengan metode-metode tertentu dalam menempatkan pembangkit untuk kemudian dilakukan perhitungan ulang aliran daya sistem sehingga didapatkan lokasi yang tepat (*optimal*) dengan rugi-rugi yang minimum.

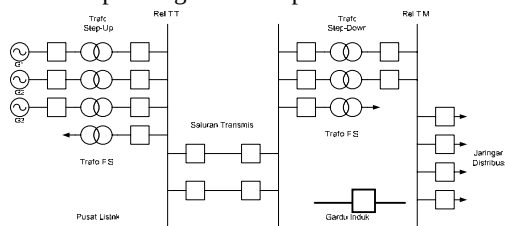
II. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Tenaga listrik dibangkitkan dalam Pusat-pusat Listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG dan PLTD yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan

tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up transformer*). Saluran transmisi dapat berupa saluran udara maupun kabel tanah. Saluran transmisi milik PLN umumnya berupa saluran udara karena harganya lebih murah. Akan tetapi kerugian saluran udara dibandingkan dengan kabel tanah adalah mudah terganggu baik karena gangguan petir maupun pepohonan. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi baik lewat udara maupun kabel tanah, maka sampailah tenaga listrik di Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah atau yang disebut tegangan distribusi primer.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah 380/220 Volt, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah untuk selanjutnya disampaikan ke rumah-rumah pelanggan PLN melalui sambungan rumah. Hal ini seperti digambarkan pada Gambar 1.



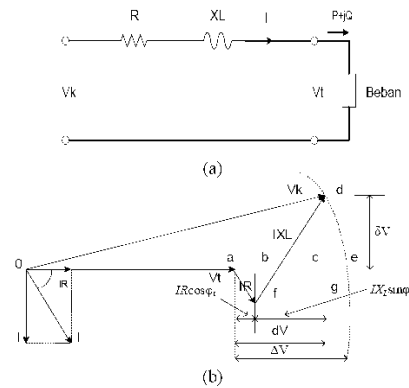
Gambar 1. Skema Pusat Listrik, Gardu Induk dan Jaringan Distribusi

2.2 Saluran Transmisi

Saluran transmisi umumnya melayani beban yang memiliki faktor daya tertinggal (*lagging*). Faktor-faktor yang mendasari profil tegangan bus yang bervariasi pada sistem tenaga listrik adalah:

1. Bus pembangkit letaknya tersebar atau tidak merata
2. Bus beban umumnya memakai peralatan yang memerlukan tegangan tertentu
3. Bus beban tersebar sehingga jaraknya dengan bus pembangkit tidak sama.
4. Terjadi jatuh tegangan

Representasi saluran transmisi terbagi atas 3 kelas yaitu: transmisi pendek, menengah, dan panjang. Dalam hal ini pembagian kelas saluran transmisi berhubungan dengan besarnya kapasitansi saluran ke tanah. Kapasitansi ke tanah merupakan fungsi jarak dari saluran transmisi. Untuk saluran transmisi pendek maka besarnya kapasitansi ke tanah dapat diabaikan sehingga rangkaian pengganti saluran hanya terdiri dari R dan X_L .



Gambar 2. Saluran transmisi pendek: (a). Rangkaian ekivalen (b). Diagram fasor

Saluran pendek yang secara umum diterapkan pada sistem yang tegangannya sampai 66 kV dan panjangnya mencapai 50 miles (80,5 km) rangkaian ekivalennya terdiri dari tahanan dan reaktansi yang terhubung seri seperti terlihat pada berikut:

2.3 Perhitungan Rugi-rugi Saluran

Setelah didapatkan penyelesaian persamaan dengan teknik iterasi pada tegangan bus, aliran daya tiap saluran dan rugi-rugi saluran dapat dihitung. Nilai daya kompleks S_{ij} dari bus i ke j dan S_{ji} dari bus j ke i adalah

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (1)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (2)$$

Rugi daya pada saluran i - j adalah hasil penjumlahan aljabar dari aliran daya kompleks pada Persamaan (1) dan (2).

$$S_{Loss-ij} = S_{ij} + S_{ji} \quad (3)$$

Rugi total sistem dapat dihitung dari persamaan (2) dengan menjumlahkan bagian nyata (*real*) semua rugi-rugi saluran transmisi termasuk rugi-rugi pada transformator, sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Total rugi daya aktif sistem} \\ = \sum P_{Loss-ij} = \sum \text{Re}(S_{Loss-ij}) \end{aligned} \quad (4)$$

2.4 Jatuh Tegangan

Faktor yang mempengaruhi perubahan tegangan sistem adalah rugi daya yang disebabkan oleh adanya impedansi seri penghantar saluran, rugi daya ini menyebabkan jatuh tegangan. Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan, jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan dan arus, pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan

faktor daya. Jatuh tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan dan dinyatakan dengan rumus:

$$V_{reg} = \frac{V_k - V_t}{V_k} \times 100\% \quad (5)$$

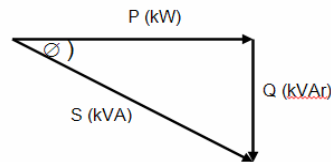
dengan,

V_k : Tegangan ujung pengiriman (Volt)

V_t : Tegangan ujung penerimaan (Volt)

Bus beban yang letaknya jauh dari bus pembangkit akan cenderung menerima tegangan relatif lebih rendah dibandingkan dengan bus beban yang letaknya dekat dengan bus pembangkit. Terjadinya jatuh tegangan akibat adanya rugi-rugi saluran transmisi, sebaliknya untuk mengurangi rugi-rugi saluran transmisi dapat dilakukan dengan memperbaiki profil tegangan, dengan kata lain mengurangi jatuh tegangan.

Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat diubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam menggunakan energi listrik ternyata pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR).



Gambar 3. Segitiga daya

Dari gambar segitiga daya di atas, dapat diketahui bahwa perbandingan daya aktif (kW) dengan daya semu (kVA) dapat didefinisikan sebagai faktor daya (pf) atau $\cos \phi$, atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\cos \phi = \frac{P(kW)}{S(kVA)} \quad (6)$$

Nilai factor daya adalah mulai angka 0 s/d 1, berarti kondisi terbaik yaitu pada saat harga P (kW) maksimum [P (kW) = S (kVA)] atau harga $\cos \phi = 1$.

Jika pf pelanggan jelek (rendah) maka kapasitas daya aktif (kW) yang dapat digunakan pelanggan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan semakin menurunnya pf sistem kelistrikan pelanggan. Akibat menurunnya pf itu maka akan muncul beberapa persoalan sebagai berikut:

1. Membesarnya penggunaan daya listrik kWh karena rugi-rugi.
2. Membesarnya penggunaan daya listrik reaktif (kVAR).
3. Mutu listrik menjadi rendah karena terjadi jatuh tegangan.

2.5 Studi Aliran Daya

Analisis aliran daya berperan penting dalam perencanaan pengembangan dan perawatan sistem tenaga listrik karena operasi sistem yang optimal bergantung pada pengetahuan mengenai pengaruh interkoneksi dengan sistem lain, penambahan beban baru, penambahan kapasitas pembangkit, pengembangan jaringan dan perawatan peralatan listrik. Secara umum suatu sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa bus, unit pembangkit, transformator dan perlengkapan lainnya yang dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan jaringan transmisi.

Hasil dari perhitungan aliran beban dapat diketahui:

1. Nilai tegangan dan sudut fasa pada tiap bus dalam sistem.
2. Nilai arus dan arah aliran daya yang mengalir dari sumber hingga ke setiap titik beban
3. Total daya pembangkitan
4. Nilai losses dan jatuh tegangan
5. Beban total.

Hasil perhitungan aliran beban dapat digambarkan pada peta aliran beban, yang akan mempermudah pembacaan dan pengamatan aliran beban, analisis dan pencarian solusi terhadap permasalahan sistem.

Dalam pemecahan masalah studi aliran daya, umumnya dikenalkan tiga konsep tipe bus. Secara singkat 3 macam tipe bus di atas dapat dinyatakan sebagai berikut:

Tabel 1. Tipe-tipe bus dalam studi aliran daya

Tipe Bus	Diketahui	Dicari
<i>PQ Bus</i>	P, Q	$ V , \delta$
<i>PV Bus</i>	P, $ V $	Q, δ
<i>Slack Bus (referensi)</i>	$ V , \delta$	P, Q

Perhitungan aliran daya pada dasarnya menghitung besaran tegangan $|V|$ dan sudut fasa tegangan δ pada setiap bus saat kondisi mantap dan ketiga fasa seimbang. Hasil perhitungan ini digunakan untuk menghitung besar aliran daya aktif P dan daya reaktif Q di setiap peralatan transmisi, serta yang harus dibangkitkan setiap pusat pembangkit dan menentukan jumlah rugi-rugi yang terjadi di sistem.

Arus pada bus i adalah :

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (7)$$

Persamaan daya aktif dan daya reaktif pada bus i adalah :

$$P_i + jQ_i = V_i I_i \quad (8)$$

atau

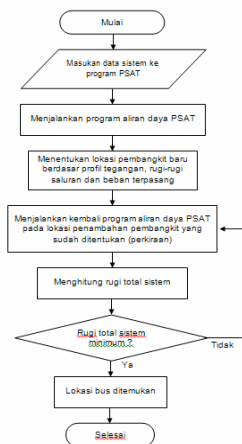
$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i} \quad (9)$$

Substitusikan Persamaan (3) ke (1) sehingga didapatkan:

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (10)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan model sistem 118 bus standar IEEE. Sistem 118 bus ini terdiri atas 54 pembangkit, 91 bus beban, dan memiliki 186 cabang (*saluran*). Sehingga dianggap mampu mewakili data untuk menguji kebenaran hipotesis dalam penelitian yaitu mengurangi rugi-rugi transmisi dengan terlebih dahulu memperbaiki profil tegangan dengan menempatkan pembangkit baru pada saluran transmisi. Dalam Penelitian ini digambarkan alir di tunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Jalannya Penelitian

Untuk kemudahan dalam penyelesaian persamaan aliran daya, maka penulis memanfaatkan toolbox PSAT (*Power System Analysis Toolbox*) yang dapat dijalankan dengan pemrograman Matlab. Format data yang ditulis dalam pemrograman Matlab (*m-file*) harus sesuai dengan format data yang dipakai oleh PSAT. Sedangkan data yang tersedia masih dalam CDF (*Common Data File*) sehingga harus dikonversikan terlebih dahulu.

Inisialisasi kondisi awal ini diperlukan untuk menentukan pilihan lokasi-lokasi mana saja yang layak atau tidak untuk ditambahkan pembangkit baru. Metode pemilihan lokasi penempatan pembangkit didasarkan pada berikut ini:

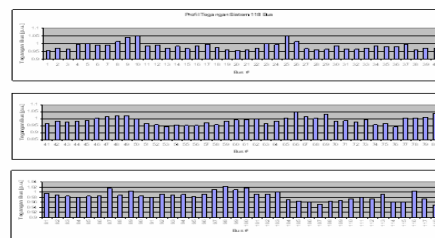
1. Penambahan pembangkit pada lokasi bus beban, sehingga pada bus pembangkit tidak diperlukan tambahan pembangkit baru.
2. Bus-bus beban yang mempunyai jatuh tegangan yang besar direkomendasikan untuk dipilih sebagai lokasi penambahan pembangkit baru.

3. Bus-bus beban yang terhubung dengan saluran transmisi yang mempunyai rugi-rugi daya aktif yang besar.
4. Bus-bus beban yang nilai kapasitas pembebanannya besar.

Semua hasil perhitungan aliran daya akibat penambahan pembangkit yang baru, kemudian diamati, dibandingkan dan dianalisis sehingga dapat diketahui lokasi bus yang tepat (optimal).

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah eksekusi didapatkan hasil aliran daya sistem yang meliputi profil tegangan bus, aliran daya saluran transmisi beserta rugi-rugi daya aktif dan reaktif dan daya yang dibangkitkan pembangkit. Profil tegangan dan rugi daya aktif saluran diperlukan untuk menentukan lokasi bus-bus yang akan dipilih sebagai lokasi penambahan pembangkit baru.



Gambar 6. Profil tegangan sistem 118 bus

4.1 Pemilihan Lokasi Pembangkit

Lokasi penempatan pembangkit baru dipilih berdasarkan metode-metode yang telah diusulkan dalam penelitian ini. Metode yang dipakai berdasarkan pada hal-hal yang dapat mempengaruhi rugi-rugi transmisi pada jaringan sistem tenaga, diantaranya:

- a. Jatuh tegangan pada tiap bus
- b. Rugi daya aktif pada saluran transmisi
- c. Kapasitas beban terpasang.

Setelah program aliran daya PSAT dijalankan untuk mendapatkan inisialisasi awal, maka didapatkan lokasi bus-bus beban yang mempunyai nilai jatuh tegangan yang besar seperti Tabel1 berikut:

4.2 Pengujian Lokasi Pembangkit

Pengujian dilaksanakan sesuai urutan berdasarkan metode penentuan lokasi, kemudian dianalisis untuk setiap metode dan dibandingkan antar metode-metode tersebut. Semakin kecil rugi-rugi daya sistem berarti lokasi penempatan semakin baik, sebab tujuan awal penelitian ini adalah menentukan lokasi penempatan pembangkit untuk mengurangi rugi-rugi transmisi.

Tabel 1. Hasil Program Aliran daya Setelah Penambahan Pembangkit

Metode	Bus #	Total Loss [p.u.]	Penurunan [p.u.]	%
Jatuh Tegangan	20	1.2606	0.0642	4.85
	21	1.2715	0.0533	4.02
	28	1.2684	0.0564	4.26
	52	1.2519	0.0729	5.50
	53	1.2448	0.08	6.04
	58	1.2520	0.0728	5.50
	106	1.2920	0.0328	2.48
	114	1.2712	0.0536	4.05
	115	1.2712	0.0536	4.05
	118	1.2606	0.0642	4.85
Rugi Saluran	9	1.3155	0.0093	0.70
	23	1.2976	0.0272	2.05
	30	1.2688	0.056	4.23
	51	1.2526	0.0722	5.45
	75	1.2766	0.0482	3.64
Kapasitas beban	11	1.2615	0.0633	4.78
	45	1.2528	0.072	5.43
	60	1.3036	0.0212	1.60
	78	1.3087	0.0161	1.22
	82	1.3259	-0.0011	-0.08

Hasil perhitungan program aliran daya PSAT yang telah dilakukan dengan menguji ke-3 metode penentuan lokasi penempatan pembangkit menghasilkan peringkat 5 besar lokasi bus sebagai berikut:

Tabel 2. Rangking lokasi penempatan Pembangkit

Rangking	Bus #	Total Loss	Metode
1	53	1.2448	Jatuh Tegangan
2	52	1.2519	Jatuh Tegangan
3	58	1.2520	Jatuh Tegangan
4	51	1.2526	Rugi Saluran
5	45	1.2528	Kapasitas Beban

4.3 Pembahasan

Dalam menentukan lokasi penempatan pembangkit, perlu memperhatikan permasalahan rugi-rugi daya total sistem dan jatuh tegangan. Rugi-rugi transmisi terjadi akibat adanya arus yang melewati penghantar saluran. Sedangkan arus yang mengalir pada saluran dipengaruhi oleh besarnya beban yang harus dilayani. Lokasi beban yang tersebar dan berjauhan dengan pusat-pusat pembangkit, semakin memperbesar jatuh tegangan sehingga rugi-rugi total sistem semakin besar.

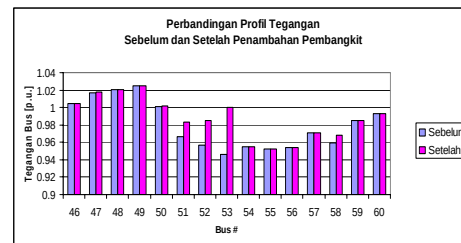
Penempatan pembangkit baru harus pada lokasi yang tepat, sehingga mampu menurunkan rugi-rugi transmisi dan memperbaiki profil tegangan atau

mengurangi jatuh tegangan, yang pada akhirnya menurunkan rugi total sistem. Metode yang paling signifikan memberikan hasil adalah metode dengan mempertimbangkan nilai jatuh tegangan bus tersebut.

4.4 Perbaikan Profil Tegangan

Sebenarnya ada berbagai metode untuk mengurangi nilai rugi-rugi daya aktif sistem yang sudah diketahui secara umum, sebagaimana telah disebutkan dalam bagian awal tulisan ini, seperti pengaturan daya reaktif di sisi pembangkit, penambahan bank kapasitor, pengaturan posisi tap transformator. Sedangkan dalam penelitian ini penulis mencoba menggunakan perbaikan profil tegangan yang dimanfaatkan sebagai metode alternatif lain dalam menentukan lokasi penambahan pembangkit baru.

Tujuan dari penambahan pembangkit baru yang ditempatkan pada lokasi dengan kapasitas tertentu adalah sama dengan metode-metode sebelumnya, yaitu untuk memperbaiki profil tegangan bus sistem yang pada akhirnya akan meminimalkan rugi-rugi total sistem.

**Gambar 7.** Grafik profil tegangan bus

Perbaikan profil tegangan bus terjadi di sekitar lokasi penempatan pembangkit, sehingga menyebabkan rugi-rugi daya nyata saluran yang berdekatan dengan bus tersebut berkurang, yang pada akhirnya mengakibatkan rugi total sistem turun. Dalam penelitian ini terjadi penurunan rugi-rugi total sistem sebesar 6.04 % yaitu turun dari 1.3248 p.u. menjadi 1.2448 p.u. atau sebesar 0.08 p.u.

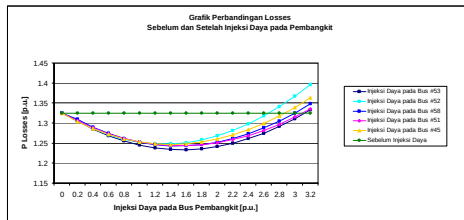
4.5 Sensitifitas Pembangkit

Daya tersedia dalam sistem tenaga listrik haruslah cukup untuk melayani permintaan kebutuhan beban listrik dari para pelanggan. Daya tersedia tergantung pada daya terpasang unit-unit pembangkit dalam sistem dan juga tergantung pada kesiapan operasi unit-unit tersebut.

Untuk dapat melayani kebutuhan beban di masa yang akan datang, maka diperlukan perencanaan yang baik. Perkiraan Beban (*Load Forecast*) sangat penting dalam proses perencanaan kapasitas unit pembangkit baru. Dalam menentukan kapasitas unit pembangkit yang baru diperlukan analisis sensitifitas. Seberapa besar daya yang mampu diinjeksikan pada

pembangkit yang baru sehingga rugi daya total sistem kembali seperti keadaan semula, yaitu kondisi sebelum ditambahkan pembangkit.

Berikut adalah grafik rugi daya aktif sistem akibat diinjeksikan daya pada 5 buah pembangkit secara bergantian sebagai alternatif penambahan yang baru dan grafik sensitifitas sistem.



Gambar 4.4. Grafik rugi daya aktif dan sensitifitas 5 pembangkit.

Dari pengamatan pada Gambar 4.4. terlihat bahwa rugi daya aktif sistem akan minimum pada penambahan pembangkit baru pada bus #53 dan diinjeksikan daya sebesar 1.5 p.u. Sedangkan kemampuan pembangkit baru diinjeksi daya (batas sensitifitas) sampai dengan 3.126 p.u. untuk kembali pada kondisi awal yaitu sebelum penambahan pembangkit atau rugi total sistem sebelum dan setelah penambahan pembangkit sama besar, yaitu 1.3248 p.u., artinya jika pembangkit baru diinjeksikan daya lebih dari 3.126 p.u. maka rugi total sistem akan melebihi sebelum adanya penambahan pembangkit. Pada perhitungan aliran daya ini 1 p.u. sama dengan 100 MW, sehingga kapasitas maksimum pembangkit yang akan ditempatkan pada bus #53 adalah 312.6 MW. Jika kapasitas penambahan pembangkit lebih besar dari 312.6 MW akan menyebabkan rugi total sistem menjadi lebih besar dari sebelum penambahan pembangkit baru.

Pengujian juga dilakukan dengan meningkatkan kapasitas beban yang berbeda-beda untuk mengetahui apakah hasilnya sama dengan beban yang konstan. Untuk kapasitas beban yang meningkat secara merata atau linier maka hasilnya tetap sama yaitu lokasi bus #53 merupakan lokasi yang tepat untuk menempatkan pembangkit baru sebab rugi-rugi total sistem minimum, sedangkan untuk beban yang tidak merata atau pertumbuhan beban bersifat non linier hasilnya berbeda.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan pembangkit baru dalam sistem tenaga perlu direncanakan dengan baik, agar mampu mengimbangi pertumbuhan kebutuhan beban. Lokasi penempatan pembangkit sangat berpengaruh terhadap profil tegangan sistem, sedangkan profil tegangan mempengaruhi

besar-kecilnya rugi-rugi sistem. Semakin baik profil tegangan sistem menyebabkan rugi-rugi sistem menurun, sebaliknya jika profil tegangan sistem buruk dengan ditandai adanya jatuh tegangan mengakibatkan rugi-rugi sistem meningkat.

2. Metode penempatan lokasi pembangkit berdasarkan profil tegangan yaitu dengan mempertimbangkan besarnya nilai jatuh tegangan pada lokasi bus tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan mempertimbangkan kapasitas beban terpasang dan besarnya rugi-rugi saluran sebab hasilnya lebih signifikan dalam mengurangi rugi-rugi sistem.
3. Lokasi penempatan pembangkit yang tepat pada pengujian sistem 118 bus standar IEEE adalah pada bus #53 yang merupakan lokasi dengan nilai jatuh tegangan yang paling besar. Pengurangan rugi daya aktif akibat penambahan pembangkit mencapai 6.04 % atau sebesar 0.1522 p.u. Hal ini hanya berlaku untuk pertumbuhan beban yang bersifat linier atau merata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wood, J. dan Wollenberg, B.F. 1996. Power Generation, Operation, and Control. John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Griffin, T., Tomosovic, K. dan Secrest, D. 2000. *Placement of Dispersed Generations Systems for Reduced losses*. Proceeding of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii.
- [3] Sultan. 2003. Penguatan Tegangan dengan Transformator IBT dan Kapasitor Shunt untuk Mengurangi Rugi Daya Nyata pada Sistem Transmisi. Thesis S2, UGM, Yogyakarta.
- [4] Hasbullah. 2005. Pengurangan Rugi-rugi Daya pada Saluran Transmisi 150 kV di Wilayah DIY dengan Menggunakan Kapasitor Shunt. Thesis S2, UGM, Yogyakarta.
- [5] Lukman, D., Walshe, K. 2000. Loss Minimization in Industrial Power System. Proceeding of The Australian University Power Engineering Conference, Brisbane, Australia.
- [6] Marsudi, D. 1990. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Balai Penerbit dan Humas ISTN, Jakarta.
- [7] Mithulanathan, N., Than Oo dan Le Van Phu. 2004. Distributed Generator Placement in Power Distribution System Using Genetic Algorithm to Reduce Losses. Thammasat International J. Sc. Tech. Vol. 9, No. 3, Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand.
- [8] Mulyadi, A. 1998. Pengaturan Tegangan Pelayanan pada SUTM Panjang. Energi dan Listrik Volume VIII No. 3/4.
- [9] Murty, P. S. R. 1984. Power System Operation and Control. Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, India.
- [10] Hadi Saadat. 1999. Power System Analysis. WCB/Mc Graw-Hill.
- [11] Granger, J.J., dan Stevenson, W.D. 1994. *Power System Analysis*. Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New York.

- [12] Qiu, J., dan Shahidehpur, S.M. 1987. A New Approach for Minimization Power Losses and Improving Voltage Profile. IEEE Transaction on Power System, Vol. 2 No.2.

Daftar Riwayat Hidup

Erfan Subiyanta, dilahirkan di Klaten, 08 Januari 1976 dari pasangan H. Soekirdi, BA dan Siti



Kholimah yang merupakan anak ke-enam dari enam bersaudara. Lulus SMA N 1 Klaten pada tahun 1994 dan langsung masuk ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Jurusan Teknik Elektro. Pernah bekerja sebagai tenaga freelance dan pada

tahun 2001 menjadi staf pengajar di UNTAG Cirebon. Pada tahun 2006 mendapat beasiswa BPPS DIKTI untuk melanjutkan program master di Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta pada jurusan Teknik Elektro bidang *Power Electrical Engineering*

Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Robot Jarak Jauh

Andi Adriansyah dan Galfany Arian

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat, 11650

E-mail: andi@mercubuana.ac.id

Abstrak -- Teknologi dan aplikasi robot terus berkembang secara cepat. Akan tetapi, perancangan robot harus mengatasi beberapa masalah. Salah satu masalahnya adalah kemampuan untuk menginformasikan keadaan robot dan mengendalikannya dari jarak tertentu. Oleh karena itu, tulisan ini berupaya untuk membahas perancangan sistem pemantauan dan pengendalian robot jarak jauh demi mengatasi masalah di atas. Perancangan ini difokuskan kepada kemampuan untuk memonitor keadaan dan mengendalikan gerakan robot sekaligus. Sensor optocoupler digunakan sebagai pendeteksi pergerakan robot. Sedangkan untuk mengendalikan arah dan kecepatan robot digunakan penggerak motor berprinsip H-Bridge. Sebuah modul transceiver RF YS1020UA dimanfaatkan sebagai rangkaian dalam pengiriman maupun penerimaan data. Sedangkan Visual Basic diaplikasikan untuk menampilkan proses pemantauan dan pengendalian robot. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, sistem ini berjalan baik dengan kesalahan display translasi sebesar 0.0315% dan kesalahan rotasi sebesar 0.0201%.

Kata kunci : Robot, RF, Visual Basic

I. PENDAHULUAN

Teknologi dan aplikasi robot terus berkembang secara cepat, baik dari sisi kehandalan, jangkauan kemampuan dan bidang aplikasinya. Di dalam teknologi robot, tergabung beberapa tema-tema penelitian yang juga berkembang, seperti teknologi sensor, teknologi motor, teknologi suplai daya, teknologi telekomunikasi, teknologi pengendalian dan teknologi kecerdasan buatan. Perkembangan masing-masing teknologi tersebut saling menyempurnakan untuk mendukung kemajuan teknologi robot. Oleh karena itu, penyelidikan di bidang teknologi robot menjadi topik yang memiliki daya tarik yang cukup kuat bagi para peneliti (Nehmzow, 2001).

Salah satu pengembangan teknologi robot adalah aplikasi teknologi aplikasi robot jarak jauh melalui media tertentu. Dengan pemanfaatan teknologi ini, aplikasi robot dapat diperluas lebih lanjut. Terdapat beberapa upaya untuk dapat mengendalikan pergerakan robot dari jarak tertentu

dengan tanpa menggunakan kabel. Sebaliknya, juga banyak terdapat sistem yang melakukan pemantauan gerakan robot secara jarak jauh pula untuk mengetahui keadaan pada tempat tertentu. Tulisan ini berupaya untuk membahas penggabungan sistem pemantauan pergerakan robot dan pengendaliannya secara jarak jauh menggunakan media radio frekuensi.

Tulisan ini akan dibagi dalam beberapa bagian. Sistem robot jarak jauh secara ringkas akan dibahas pada bagian berikut ini. Setelah itu, mekanisme perancangan sistem akan dibahas pada bagian ketiga tulisan ini. Beberapa percobaan dan analisisnya dijelaskan pada bagian keempat. Terakhir, tulisan ini ditutup dengan memberikan kesimpulan secara keseluruhan.

II. ROBOT JARAK JAUH

Robot adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik, baik menggunakan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dulu (kecerdasan buatan). Robot biasanya digunakan untuk tugas yang berat, berbahaya, pekerjaan yang berulang dan kotor, seperti alat pembersih limbah beracun, penjelajah bawah air dan luar angkasa, pertambangan, pekerjaan *search and rescue*, dan alat pencari tambang. Penggunaan robot kini telah berkembang, dibuktikan dengan mulai digunakannya robot di luar bidang industri, seperti dalam bidang hiburan dan alat pembantu rumah tangga, seperti penyedot debu, dan pemotong rumput.

Pada awalnya, pengendalian dan pemantauan kerja sebuah robot dilakukan pada tempat di mana robot tersebut beroperasi. Namun, seiring dengan peningkatan keperluan aplikasi robot yang lebih luas, diperkenalkanlah prinsip robot jarak jauh (telerobotics). Secara definitif, robot jarak jauh adalah suatu area pengembangan teknologi robot yang mengkhususkan fokus penelitiannya pengendalian robot dari jarak tertentu. Pengendalian ini menggunakan koneksi tanpa kabel, seperti penggunaan radio frekuensi (RF), bluetooth, infra red, Wi-Fi, atau bahkan telekomunikasi berbasis Internet Protocol (IP). Dalam robot jarak jauh, terdapat dua pekerjaan yang harus dilakukan yaitu pengendalian jarak

jauh (*teleoperation*) dan pemantauan jarak jauh (*telepresence*).

Pengendali jarak jauh adalah perangkat yang dikendalikan oleh operator manusia dari jarak tertentu. Dalam kasus sederhana, tindakan pengendalian jarak jauh ini terdapat pada mobil *remote control* (RC mobile). Jika yang dikendalikan adalah robot, maka pengendali ini harus dapat mengendalikan kecepatan translasi dan kecepatan rotasi robot agar dapat bergerak dengan kecepatan dan arah yang diinginkan. Sedangkan pemantauan jarak jauh berarti kemampuan untuk menampilkan keadaan atau situasi dari jarak tertentu menggunakan peralatan dan penmpilan tertentu pula.

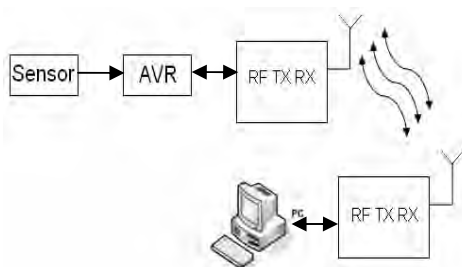
Dua komponen utama dari pemantauan dan pengendalian robot jarak jauh ini adalah aplikasi visual dan kontrol. Sebuah antarmuka pemantauan dan pengendalian robot jarak jauh diperlukan untuk dapat menampilkan hasil pemantauan secara visual sekaligus mengendalikannya secara visual pula. Bagian berikut ini membahas perancangan robot jarak jauh yang menjadi kajian pada tulisan ini.

III. PERANCANGAN ROBOT JARAK JAUH

a. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras sistem meliputi sekumpulan komponen elektronika dan mekanik yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan sistem. Pada bagian berikut, pertama akan dibahas mengenai sistem elektronika robot. Setelah itu, sistem mekanik robot akan dijelaskan lebih lanjut.

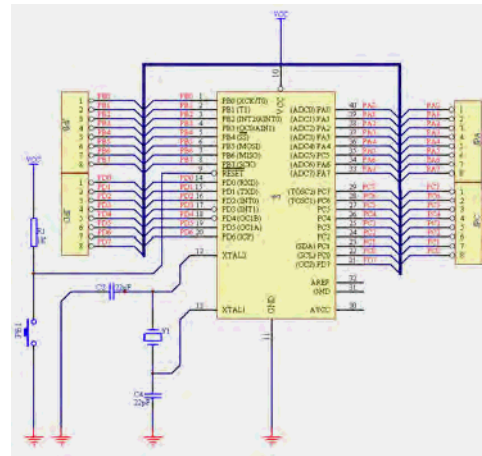
Secara umum, blok diagram sistem terdiri dari beberapa blok utam, yaitu: sistem minimum mikrokontroler, sistem sensor, sistem telekomunikasi dan sistem robot. Blok-blok ini diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem minimum mikrokontroler adalah sistem pengendalian keseluruhan yang berbasis IC ATmega16 yang berfungsi untuk mengolah dan mengeksekusi data. ATmega16 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah yang memiliki arsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computer*), dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar instruksi dapat dieksekusi dalam

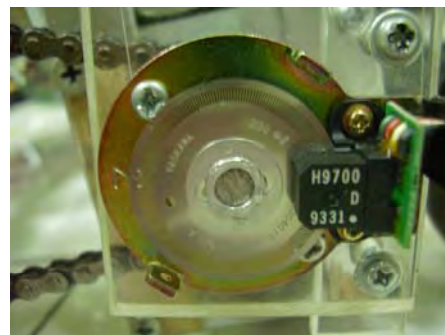
satu siklus *clock* osilator, dan keluarannya bisa mencapai hampir sekitar 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) per MHz, sehingga konsumsi daya bisa optimal dan kecepatan proses eksekusi menjadi maksimal.



Gambar 2. Sistem Minimum ATmega16

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler ini dilengkapi dengan sebuah rangkaian *serial* dengan IC MAX-232 untuk komunikasi *serial* antara mikrokontroler dan PC. Sebuah rangkaian *ISP programming* terdapat pada sistem ini untuk mendownload program dari PC ke mikrokontroler. Perangkat lunak AVR Basic Compiler (BASCOM) digunakan untuk mengunggah program yang telah dirancang ke dalam chip mikrokontroler ATmega16.

Sistem sensor sekaligus rangkaian pencacah digunakan sebagai bagian yang memantau gerakan robot. Rangkaian ini digunakan untuk mengetahui keberadaan robot berdasarkan mekanisme tertentu. Rangkaian pencacah ini berguna untuk menghitung jumlah detak yang dihasilkan oleh *optocoupler*. Sensor yang digunakan ditampilkan pada Gambar 3.



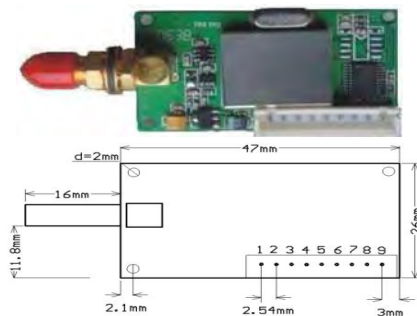
Gambar 3. Sensor Optocoupler

Rangkaian ini mengambil input dari pulsa sensor lalu diolah menjadi data berbentuk bilangan biner yang kemudian akan diolah dirangkaian mikrokontroler.

Pada pembuatan sensor ini digunakan sensor *optocoupler* yang dalam satu putaran dapat menghasilkan 200 detak untuk dicacah. Maka, untuk mendefinisikan bahwa 1 detak = X jarak, dalam hal ini bentuk benda yang digunakan untuk mencacah adalah lingkaran, maka keliling benda yang di gunakan untuk ketelitian dipengaruhi oleh nilai r dari persamaan lingkaran.

Modul RF Data *Transceiver* YS1020UA sebagai modul untuk mengirim dan menerima data. Modul ini adalah sebuah *device* yang dapat mengirimkan data serial melalui media udara tanpa menggunakan kabel. Modul ini sudah memiliki serial tersendiri, sehingga tidak perlu lagi menggunakan rangkaian dengan menggunakan RS-232. Modul YS-1020UA *Wireless Data Transceiver* dapat mengirimkan dan menerima data serial melalui media udara, dengan frekuensi 433MHz ISM band dan *baud rate* air sebesar 9600bps. Proses pengiriman data serial melalui udara dilakukan dengan menumpangkan data serial digital ke frekuensi pembawa dengan frekuensi yang lebih tinggi untuk kemudian dipancarkan ke udara.

Bentuk fisik dari modul YS-1020UA adalah seperti yang terlihat pada Gambar 4.

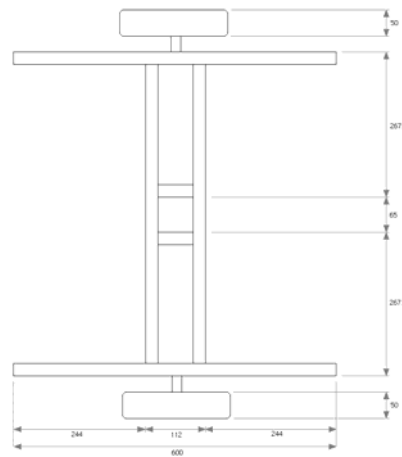


Gambar 4. Modul RF Data YS-1020UA

Secara umum, sistem minimum mikrokontroler akan mengambil data dari rangkaian sensor. Hasil pembacaan sensor ini kemudian diproses dan diolah. Berdasarkan mekanisme tertentu, hasil pengolahan data ditampilkan secara visual pada PC agar dapat dipantau. Sebaliknya, melalui antarmuka visual yang sama, sistem minimum akan mengambil perintah dan mengirimkannya ke robot untuk menggerakkan penggerak motor. Motor yang digunakan adalah motor DC yang dapat dikendalikan arah putarannya, searah jarum jam (CW) atau berlawanan arah jarum jam (CCW). Berdasarkan prinsip tersebut sistem penggerak motor menggerakkan robot sesuai yang diperintahkan.

Secara mekanik, robot dirancang dalam bentuk huruf "H" dengan dimensi 60X60 cm. Bentuk ini direkayasa dari beberapa sambungan *rectangular hollow* yang terbuat dari bahan besi sehingga untuk bahan dasar robot ini cukup kuat. Robot

memiliki enam buah roda sebagai pijakannya ke bumi, yaitu empat buah roda bebas dan dua buah roda penggerak utama. Robot bergerak berdasarkan prinsip *differential drive mobile robot*. Prinsip ini memanfaatkan perbedaan kecepatan dan arah gerakan kedua rodanya. Berdasarkan kombinasi tersebut, dapat dirancang berbagai variasi gerakan robot. Misalnya, ketika roda kiri dan kanan berputar berlainan arah menyebabkan robot berputar tepat di poros tengah robot tersebut. Dimensi mekanik robot yang dirancang diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Dimensi Robot

b. Perancangan Perangkat Lunak

Terdapat dua proses perancangan perangkat lunak, yaitu proses pengunggahan program ke dalam mikrokontroler dan proses pembuatan antarmuka visual.

Proses pengunggahan program menggunakan perangkat lunak AVR Basic Compiler (BASCOM). Perangkat ini memindahkan program yang telah dirancang untuk diubah kodenya ke dalam bahasa yang dipahami oleh mikrokontroler. Proses ini melalui rangkaian *ISP programming* yang dihubungkan langsung ke chip IC mikrokontroler.

Sedangkan proses antarmuka visualisasi sistem menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0. Program ini digunakan sebagai tampilan pada PC untuk memantau dan mengendalikan robot. Visual Basic adalah salah satu bahasa pemrograman komputer yang mendukung pemrograman berorientasi objek (*Object Oriented Programming, OOP*).

Visual Basic 6.0 dirancang untuk menjadi antarmuka yang dapat menerima data melalui modul RF dari mikrokontroler yang telah mengolah data pulsa dari sensor *Optocoupler* untuk mengetahui posisi robot. Selain itu, antarmuka ini juga memiliki beberapa tombol kendali robot yang digunakan untuk mengendalikan pergerakan robot yang juga melalui RF.

IV. DATA DAN ANALISA

Beberapa pengujian dilakukan untuk mengetahui performa hasil perancangan yang telah dilakukan.

a. Pengujian Pengiriman Data

Pengujian pengiriman data RF YS1020UA ini dilakukan dengan cara menggunakan dua buah notebook, dengan cara menghubungkan RS-232 ke modul RF. Status pengiriman dan penerimaan dari RF YS1020UA maka dengan menggunakan HyperTerminal dapat diketahui apakah sistem sudah terhubung satu sama lain atau belum. Tabel 1 dan Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian pengiriman pada kondisi berbeda.

Tabel 1. Pengujian Pengiriman Data melalui RF di Ruang Terbuka

Jarak (m)	Status Pengiriman Data
50	Baik
100	Baik
150	Baik
200	Baik
250	Baik
300	Baik
310	Baik
320	Baik
330	Tersendat-sendat
340	Tersendat-sendat
350	Tersendat-sendat
360	Tersendat-sendat
370	Tersendat-sendat
380	Tidak ada respon
390	Tidak ada respon
400	Tidak ada respon

Tabel 2. Pengujian Pengiriman Data melalui RF di Ruang Tertutup

Letak Transmitter (Lantai)	Letak Receiver (Lantai)	Status Pengiriman Data
1	1	Baik
1	2	Baik
1	3	Baik
1	4	Baik

Dari Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa RF dapat bekerja dengan maksimal sampai dengan jarak dibawah 320 m, ketika jarak sudah di atas 330 m pengiriman data sudah tidak maksimal, terkadang

data yang dikirimkan tidak sampai (tersendat sendat). Sedangkan dari Tabel 2 dapat dijelaskan bahwa pengujian dilakukan pada suatu gedung yang memiliki beberapa lantai dimana RF bekerja dengan baik pada gedung berlantai 4 sekalipun.

b. Pengujian Mekanik dan Tampilan VB

Pengujian mekanik dan VB ini meliputi pengujian pergerakan robot dan hasil pada tampilan VB, pengujian ini melihat seberapa jauh ketepatan dari mekanik dan perangkat lunak tersebut.

Tabel 3. Perbandingan Jarak antara Posisi yang Real dengan *Display Program*

Percobaan	Jarak Program (cm)	Jarak Real (cm)	Error (%)
1	194	200	0.0300%
2	190	200	0.0500%
3	191	200	0.0450%
4	194	200	0.0300%
5	198	200	0.0100%
6	198	200	0.0100%
7	196	200	0.0200%
8	189	200	0.0550%
9	191	200	0.0450%
10	190	200	0.0500%
Rerata	193.1	200	0.0300%

Dari Tabel 3 terlihat bahwa pengujian mekanik dan tampilan VB terdapat beberapa perbedaan dari jarak aslinya, semua pelencengan kurang dari jarak aslinya dengan variasi error antara 0.01% sampai 0.055%.

Tabel 4.4 Tabel Perbandingan Perputaran Robot yang Sebenarnya dengan *Display Program*

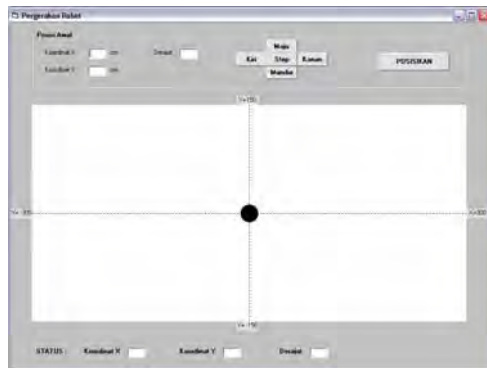
Percobaan	Perputaran Robot (derajat)	Perputaran Robot Display (derajat)	Error (%)
1	15	15	0.0000
2	30	29	0.0033
3	45	44	0.022
4	60	58	0.033
5	75	73	0.0267
6	90	88	0.0222
7	105	103	0.0190
8	120	132	0.0222
9	135	147	0.0200

10	150	147	0.020
Rerata			0.022

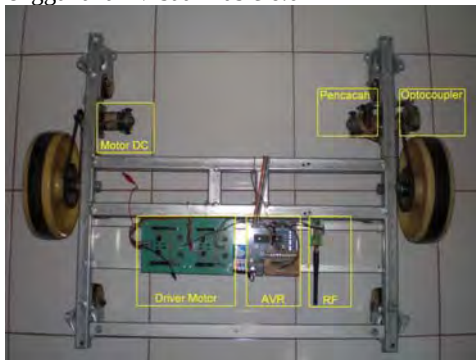
Dari tabel 4.4 dapat dilihat selisih jarak antara posisi robot yang sebenarnya dengan posisi robot yang terdapat pada *display* program. Hal ini dikarenakan terjadinya selip pada roda pasif sehingga terjadi posisi yang tidak sesuai dengan *display* program. Begitu pula hasil selisih yang terjadi pada pergerakan robot saat berputar, terjadi selisih derajat posisi yang dikarenakan kondisi roda pasif yang kurang baik walaupun sudah ditambahkan karet sebagai alternatif menambah gesekan pada roda.

c. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan ini menggunakan sebuah komputer dengan perangkat rangkaian RF yang dihubungkan dengan sebuah kabel data serial RS-232 dan rangkaian AVR yang dihubungkan dengan sebuah kabel pada *port TX RX*, Interkoneksi ke *port com 6* pada komputer dengan *port Tx* dan *Rx* pada RS-232



Gambar 4.3 *Display* Program Dengan Menggunakan Visual Basic 6.0



1. Rangkaian pencacah mempermudah program dalam men-*trigger* kondisi berputar, bergerak maju, maupun mundur.
2. RF modul YS1020UA berfungsi dengan baik tanpa rangkaian tambahan dalam pengiriman maupun penerimaan data.
3. Program pada Visual Basic berfungsi dengan baik sebagai *display* posisi robot dan pengendalinya.
4. Sistem ini berjalan baik namun terdapat kesalahan sebesar *display* (data kuantitatif) dari kesalahan translasi sebesar 0.0315% dan kesalahan rotasi sebesar 0.0201% dikarenakan kurang baiknya kondisi hardware pada mekanik robot.

DAFTAR PUSTAKA

- Dhananjay, Gadre V. *Programming and Customizing The AVR Microcontroller*. California: The McGraw-Hill Companies, 2001.
- Eko, Putra Agfianto. *Belajar Mikrokontroler*. Penerbit Gava Media, 2003.
- Kurniadi, Adi. *Pemrograman Microsoft Visual Basic 6.0*. Jakarta: Penerbit PT. Elex Media Komputindo, 2000.
- Paul, Schers. *Practical Electronics for Inventors*. California: The McGraw-Hill Companies, 2001.
- Roger L, Tokheim. *Digital Electronics*. California: Prentice-Hall International, Inc.
- Sarojo, Ganijanti Aby. *Seri Fisika Dasar Mekanika*. Edisi Pertama. Jakarta: Salemba Teknika, 2002.
- Nehmzow, U. (2001). *Mobile Robotics: Research, Applications and Challenges*, Proceeding of Future Trends in Robotics, Institution of Mechanical Engineer, London, UK, 2001.

V. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan perancangan sistem serta pengujian terhadap sistem tersebut, maka penulis dapat mengambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

Perancangan Antena Multiband dengan Teknik Fractal Sierpinski Gasket 2D dan 3D

Dendi Sugiarto, Prasjo, Said Attamimi dan Mudrik Alaydrus
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650
 E-mail : mudrikalaydrus@yahoo.com

Abstrak-- Antena fractal dikenal memiliki karakter multiband, sehingga bisa dipakai sebagai single antena untuk beberapa aplikasi yang bekerja di frekuensi berbeda. Di tulisan ini terutama sekali dibahas antena fractal tipe Sierpinski gasket sampai dengan iterasi ketiga. Dalam menganalisa struktur antena, digunakan metoda persamaan integral, yang menggunakan fungsi Green di udara bebas, sehingga secara otomatis syarat batas pemancaran terpenuhi. Solusi persamaan integral ini diberikan dengan metoda momen Galerkin dengan menggunakan fungsi segitiga dari Rao-Wilton-Glisson (RWG base function). Solusi yang berupa distribusi arus listrik ini bisa digunakan untuk mendapatkan faktor refleksi dari antena, yang merupakan besaran penting antena. Interval frekuensi dengan nilai minimum dari faktor refleksi ini adalah wilayah kerja antena. Antena fractal Sierpinski gasket yang dirancang di tulisan ini menunjukkan karakter multiband, yaitu memiliki minimum di beberapa wilayah frekuensi yang terpisah. Versi tiga dimensi dari antena fractal Sierpinski gasket, yang pertama kali dibahas di penelitian, menunjukkan karakter yang sama seperti versi dua dimensinya, tetapi memiliki lebar pita yang lebih besar. Hasil pengukuran memverifikasi hasil perhitungan, perbandingan menunjukkan kesesuaian yang cukup baik.

Kata Kunci : Antena, Fractal, Metoda Persamaan Integral, Multiband, Sierpinski Gasket

I. PENDAHULUAN

Dua dasawarsa terakhir ini, dunia menjadi saksi kemajuan dua teknologi penting di teknik elektro, yaitu perkembangan internet, yang memungkinkan pertukaran data dari computer satu dengan computer lainnya, yang terpisah secara lokasi, dan perkembangan telekomunikasi tanpa kabel (nirkabel/ *wireless*). Dalam perjalanannya internet mengalami penetrasi yang tinggi di seluruh Negara di dunia, hampir tak ada manusia yang belum pernah menggunakan internet, dan jenis data yang dipertukarkannya pun semakin beraneka ragam. Telekomunikasi nirkabel pada

sisi lain menawarkan suatu konsep yang mengarah pada kenyamanan dan fleksibilitas dari penggunaan teknologi telekomunikasi itu sendiri. Internet dan telekomunikasi nirkabel berjalan secara berdampingan dan saling mendukung untuk kemajuan keduanya. Internet semakin mudah diakses dengan bantuan alat komunikasi yang mobile. Telekomunikasi nirkabel harus mendukung internet yang semakin menawarkan konsep multimediana.

Berbagai pendekatan dilakukan dalam mendukung terkirimnya data secara nirkabel tersebut, salah satunya penggunaan teknik multiband, yaitu kemampuan sebuah alat komunikasi untuk bekerja di spectrum frekuensi yang terpisah. Pada pendekatan ini, semua komponen hardware yang berada di layer fisik dari jaringan ini juga harus mampu bekerja optimal di frekuensi yang bermacam-macam tersebut, termasuk komponen antena. Antena adalah komponen penting pada sebuah sistem komunikasi nirkabel, yang bertugas mengubah gelombang tertuntun yang berada di elektronika menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas dan sebaliknya mengubah gelombang elektromagnetika yang berada di udara menjadi gelombang tertuntun untuk dikirimkan ke penerima [1].

Untuk merealisasikan tujuan ini, antena yang dirancang harus memenuhi spesifikasi yang diberikan, salah satunya adalah memiliki factor refleksi yang bernilai kecil pada masing-masing wilayah kerja yang diminta. Antena yang seperti ini dinamakan juga antena multiband.

Antena fractal dikenal sebagai antena yang memiliki karakteristik multiband seperti yang dilaporkan di [2] dan modifikasinya misalnya di [3].

Di penelitian ini akan dianalisa dan dirancang antena fractal Sierpinski gasket dengan struktur dua dimensi dan tiga dimensi. Analisa secara teoritis dilakukan dengan menggunakan metoda persamaan integral dan verifikasi pengukuran factor refleksi dilakukan dengan menggunakan Vector Network Analyzer sampai frekuensi 6 GHz.

II. METODOLOGI

Metoda perhitungan yang paling sering digunakan untuk menganalisa dan merancang antenna adalah metoda persamaan integral, karena kali diperkenalkan di tahun 60-an [4]. Dasar dari metoda persamaan integral adalah eksploitasi persamaan Maxwell dalam bentuk diferensial. Persamaan-persamaan Maxwell beserta atributnya itu mengarah pada persamaan gelombang untuk Potensial vektor magnetis $\vec{A}$ dan Potensial vektor listrik $\vec{F}$. Karena di penelitian ini dibatasi pada antenna dengan struktur dari bahan yang memiliki konduktivitas tak terhingga besarnya (konduktor), maka kontribusi $\vec{F}$ bernilai nol. Dari solusi kedua persamaan gelombang ini bisa dihitung medan listrik dan medan magnet sesuai dengan

$$\vec{E} = -j\omega\vec{A} - \nabla \left(\frac{j}{\omega\epsilon\mu} \nabla \cdot \vec{A} \right) \quad (1)$$

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu} \nabla \times \vec{A} \quad (2)$$

Dengan

$$\vec{A}(\vec{r}) = \iint_{\Omega} G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{J}_{\Omega}(\vec{r}') d\Omega' \quad (3)$$

$\vec{J}_{\Omega}(\vec{r}')$ adalah kerapatan arus listrik yang mengalir di dalam suatu volume $\vec{J}_v(\vec{r}')$ dengan wilayah $\Omega = V$, atau kerapatan arus listrik mengalir di atas sebuah permukaan yang terbuat dari metal atau dielektrika $\vec{J}_s(\vec{r}')$ dengan $\Omega = A$, atau arus listrik yang mengalir sepanjang sebuah kawat $I_l(\vec{r}')\vec{a}_l(\vec{r}')$ dengan $\Omega = L$. $G_A(\vec{r}, \vec{r}')$ adalah fungsi Green, yaitu vektor potensial magnetis akibat kerapatan arus listrik berbentuk impuls Dirac,

$$G_A(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{\mu}{4\pi} \frac{e^{-jk|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|} \quad (4)$$

Di persamaan (3), kerapatan arus listrik yang mengalir di seluruh permukaan A tidak diketahui besar dan arahnya, sehingga tahap pertama adalah memastikan distribusi arus di atas permukaan antenna, dengan menggunakan bidang batas bahwa medan listrik tegak lurus terhadap metal, maka antenna kawat digunakan

$$\vec{a}_l \cdot \vec{E}(\vec{r}) = 0 \quad (5)$$

$\vec{a}_l$ adalah vektor satuan yang ditentukan oleh orientasi antenna kawat. Dan untuk antenna bidang digunakan

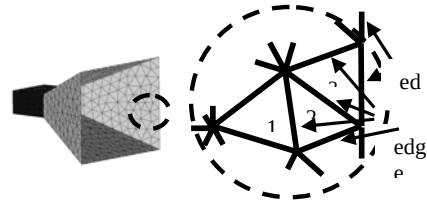
$$\vec{n} \times \vec{E}(\vec{r}) = 0 \quad (6)$$

metoda ini bisa memodelkan ruang terbuka (*open boundary condition*) yang muncul di problem antenna secara eksak melalui fungsi Green. Metoda ini pertama

$\vec{n}$ adalah bidang normal (tegak lurus) terhadap permukaan antenna. Maka untuk kasus antenna bidang persamaan (7) dengan (1) dan (3) menjadi

$$\vec{n} \times \left[-j\omega \iint_A G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{J}_A(\vec{r}') dA' - \frac{j}{\omega\epsilon\mu} \nabla \left(\nabla \cdot \iint_A G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{J}_A(\vec{r}') dA' \right) \right] = 0 \quad (7)$$

Karena solusi untuk persamaan (7) sangat sulit, dilakukan pendekatan dengan mendiskretisasi seluruh permukaan antenna menjadi elemen-elemen luasan yang kecil, di sini digunakan segitiga yang kecil, yang dengannya distribusi arus beserta arahnya bisa diaproksimasikan dengan cara yang lebih mudah, misalnya kombinasi dari beberapa buah fungsi linier. Fungsi-fungsi linier yang terlibat dalam membentuk arus di atas segitiga ada tiga buah, yang didefinisikan sesuai dengan jumlah sisi penyusun segitiga. Gambar 1 menunjukkan antenna horn dengan diskretisasi. Sisi segitiga ini dinamakan *edge*, yang merupakan suatu degree of freedom atau variable pada suatu sistem persamaan linier.

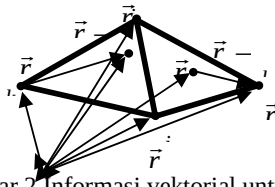


Gambar 1 Definisi edge dalam dan edge luar, segitiga 1 dan 2 diapit 3 edge dalam, segitiga 3 diapit 2 edge dalam dan 1 edge luar

Dengan bantuan edge inilah didefinisikan arus-arus listrik, yang keluar dari setiap titik membesar secara linier, menuju ke edge yang berada di hadapannya. Dengan menggunakan data di gambar 2, edge ij merupakan edge dalam, yang akan memberikan kontribusi arus dengan besar

$$i_n \vec{\beta}_{ij}(\vec{r}) = i_n \frac{\vec{r} - \vec{r}_k}{2A_T} \quad (8)$$

i_n adalah amplitudo arus untuk edge ij , yang merupakan edge ke- n dari keseluruhan edge di problem ini, $\vec{\beta}_{ij}(\vec{r})$ adalah fungsi basis yang menggambarkan arus di segitiga 1 ini dari kontribusi edge ij , kontribusi lainnya di segitiga itu datang dari edge ik dan jk . A_T adalah luas segitiga 1 ini.



Gambar 2 Informasi vektorial untuk penurunan fungsi basis bagi kerapatan arus

Jadi untuk kerapatan arus listrik digunakan pendekatan dengan

$$\vec{J}_A(\vec{r}) = \sum_{n=1}^N i_n \vec{\beta}_n(\vec{r}) \quad (9)$$

Maka dengan menggunakan persamaan (9) persamaan (7) dengan menukar posisi integral dan penjumlahan (tanda sumasi) menjadi

$$\begin{aligned} & -j\omega \sum_{n=1}^N i_n \vec{n} \times \iint_{A_e} G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{\beta}_n(\vec{r}') dA' \\ & - \frac{j}{\omega \epsilon \mu} \sum_{n=1}^N i_n \vec{n} \times \nabla \left(\nabla \cdot \iint_{A_e} G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{\beta}_n(\vec{r}') dA' \right) = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Persamaan (10) memiliki n variable yang tidak dikenal, dan hanya bisa dijawab, jika tersedia n buah persamaan. Untuk mendapatkannya digunakan metoda momen (prosedur Galerkin), dengan mengalikan secara titik (*scalar product*) persamaan tersebut dengan $\vec{\alpha}_n(\vec{r})$, yang maka

$\vec{\beta}_n(\vec{r}) = \vec{n} \times \vec{\alpha}_n(\vec{r})$, adalah fungsi basis untuk tetrahedral (sebagai versi tiga dimensi dari segitiga) yang akan dipakai pada pembahasan metoda elemen hingga nanti (*finite element method/FEM*), dengan $n = 1 \dots N$. Dan mengintegalkannya untuk wilayah segitiga tempat setiap $\vec{\alpha}_n(\vec{r})$ berlaku, sehingga didapatkan

$$\begin{aligned} & -j\omega \iint_{A_e} \vec{\alpha}_m(\vec{r}) \cdot \sum_{n=1}^N i_n \vec{n} \times \iint_{A_e} G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{\beta}_n(\vec{r}') dA' = \\ & \frac{j}{\omega \epsilon \mu} \iint_{A_e} \vec{\alpha}_m(\vec{r}) \cdot \sum_{n=1}^N i_n \vec{n} \times \nabla \left(\nabla \cdot \iint_{A_e} G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{\beta}_n(\vec{r}') dA' \right) \end{aligned}$$

dengan hubungan vektor,

$$\vec{A} \cdot (\vec{n} \times \vec{B}) = -(\vec{n} \times \vec{A}) \cdot \vec{B}$$

Maka

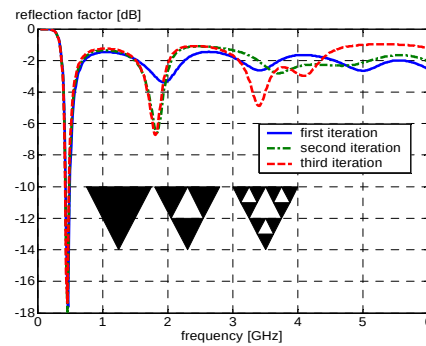
$$\begin{aligned} & -j\omega \sum_{n=1}^N i_n \iint_{A_e} \vec{\beta}_m(\vec{r}) \cdot \iint_{A_e} G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{\beta}_n(\vec{r}') dA' = \\ & \frac{j}{\omega \epsilon \mu} \sum_{n=1}^N i_n \iint_{A_e} \vec{\beta}_m(\vec{r}) \cdot \nabla \left(\nabla \cdot \iint_{A_e} G_A(\vec{r}, \vec{r}') \vec{\beta}_n(\vec{r}') dA' \right) \end{aligned} \quad (11)$$

untuk $m = 1 \dots N$.

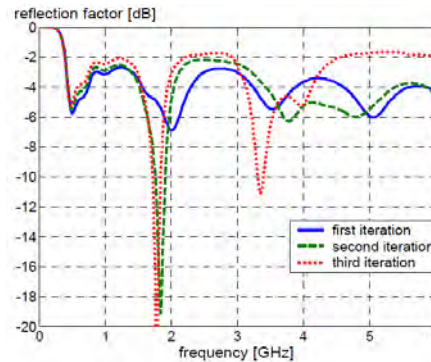
Persamaan (11) adalah sistim persamaan linier dengan N buah variable tak dikenal dan dengan N buah persamaan, sehingga secara umum bisa dijawab dengan inversi matrix. Kelebihan dari metoda persamaan integral (metoda moment) terletak pada karakter dari metoda ini yang menggunakan fungsi Green, sehingga syarat batas radiasi di ruang yang terbuka dipenuhi secara otomatis. Metoda ini, jika struktur yang diamati dalam besaran panjang gelombang, bekerja dengan cepat dan memberikan hasil yang sangat akurat.

III. HASIL PERHITUNGAN

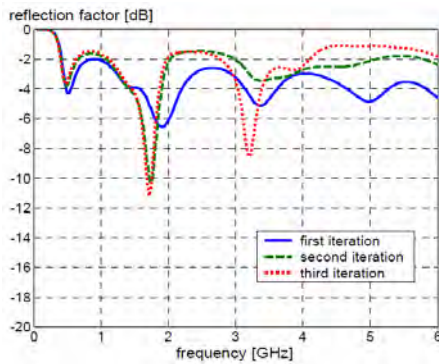
Dengan menggunakan metoda yang dibahas di bagian II dihitung factor refleksi dari antenna fractal Sierpinski gasket dua dimensi dengan panjang sisi 10 cm. Gambar 3 menunjukkan hasil factor refleksi dengan minimum yang bertambah jumlahnya, jika iterasi diperbanyak. Sehingga terbukti, antenna fractal Sierpinski gasket bersifat multiband.



Gambar 3. Faktor refleksi antenna fractal Sierpinski gasket dua dimensi dengan panjang sisi $a = 10$ cm terletak pada permukaan metal tak terhingga.



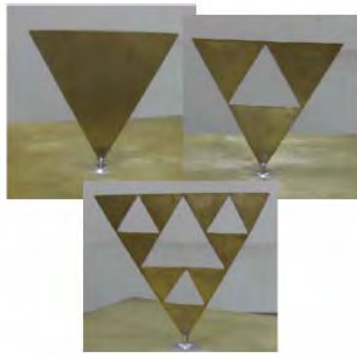
Gambar 4. Seperti gambar 3, tetapi di atas permukaan metal dengan dimensi 40cm x 40cm.



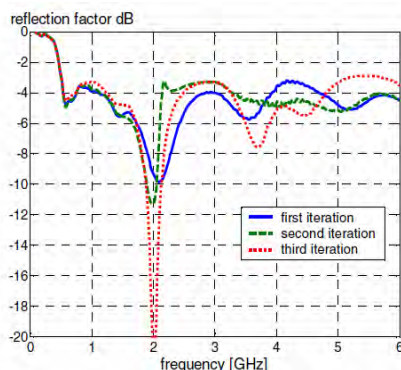
Gambar 5. Seperti gambar 3, tetapi di atas permukaan metal dengan dimensi 20cm x 20cm.

Gambar 4 dan 5 menunjukkan factor refleksi untuk antenna monopole yang diletakkan di atas bidang konduktor dengan dimensi masing-masing 40cm x 40 cm dan 20cm x 20 cm. Terlihat terjadi perubahan pada beberapa minimum, terutama minimum pertama pada sekitar 500 MHz relative menghilang.

Gambar 6 menunjukkan foto dari antenna fractal ini, yang hasil pengukurannya bisa dilihat pada gambar 7. Perbandingan gambar 7 dan 5 menunjukkan kemiripan yang cukup banyak antara pengukuran dan perhitungan, terutama yang terkait dengan jumlah minimum dan posisi masing-masingnya.

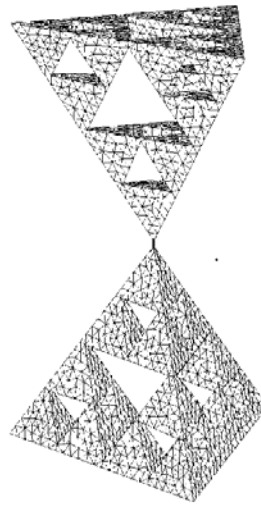


Gambar 6. Foto prototype $a = 10$ cm di atas permukaan metal dengan dimensi 20cm x 20cm.

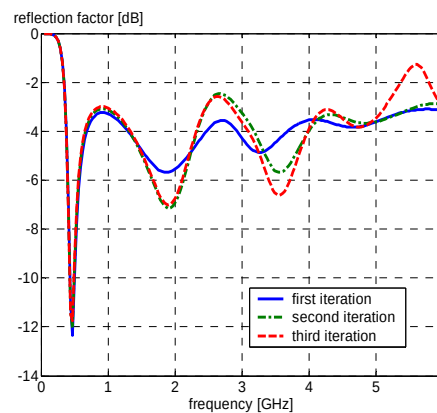


Gambar 7. Hasil pengukuran prototype di gambar 6.

Di penelitian ini juga diamati struktur antenna fractal Sierpinski gasket versi tiga dimensi, sehingga kita mendapatkan struktur tetrahedron. Gambar 8 menunjukkan model simulasi dalam bentuk dipole, yang hasil simulasinya ditunjukkan di gambar 9. Terlihat karakter yang sama seperti versi dua dimensi, tetapi setiap minimum memiliki lebar yang membesar.



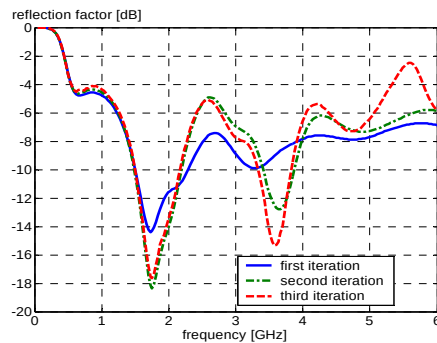
Gambar 8 Antena fractal Sierpinski gasket tiga dimensi iterasi ketiga.



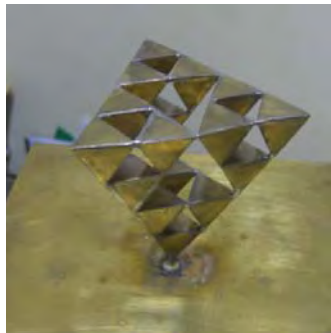
Gambar 9 Faktor refleksi Antena fractal Sierpinski gasket tiga dimensi iterasi ketiga $a=10$ cm.

Seperti halnya pada struktur dua dimensi, di sini juga disimulasikan antenna Sierpinski gasket tiga dimensi di atas bidang penghantar dengan dimensi 16cm x 16 cm, yang hasilnya ditampilkan di gambar 10. Kembali terlihat terjadi beberapa perubahan, yang kembali minimum pada sekitar 500 MHz memburuk secara signifikan. Hasil

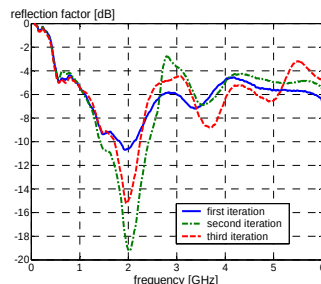
pengukuran juga memberikan verifikasi hasil ini (gambar 12).



Gambar 10 Faktor refleksi Antena fractal Sierpinski gasket tiga dimensi iterasi ketiga $a=10$ cm. Di atas bidang $16\text{ cm} \times 16\text{ cm}$



Gambar 11 Foto Antena Sierpinski gasket 3D iterasi ketiga $a=10$ cm pada bidang $16\text{ cm} \times 16\text{ cm}$



Gambar 12 Hasil pengukuran faktor refleksi Antena Sierpinski gasket 3D iterasi ketiga $a=10$ cm. Di atas bidang $16\text{ cm} \times 16\text{ cm}$

IV. KESIMPULAN

Hasil perhitungan dengan metoda persamaan integral dan hasil pengukuran menunjukkan karakter multiband pada antenna Sierpinski gasket, baik versi dua dimensi ataupun tiga dimensi. Versi tiga dimensi memberikan lebar pita yang lebih besar pada masing-masing minimum, yang merupakan wilayah kerja dari antenna tersebut. Pengaruh bidang penghantar yang hingga ternyata memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap factor refleksi antenna, baik memperburuk ataupun memberikan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mudrik Alaydrus (2011). *Antena: Prinsip dan Aplikasi*. Graha Ilmu, Jogjakarta.
- [2] Puente, C, Romeu, J., Pous, R., Garcia, X., Benitez, F. (1996). Fractal multiband antenna based on the Sierpinski gasket, *IEE Electronics Letters*, Vol. 32, no.1, pp.1-2, January.
- [3] Krzystofik, W.J.(2009). Modified Sierpinski fractal monopole for ISM-bands handset applications. *IEEE Trans. On Antennas and Propagation*, Volume 57, March, pp.606-615.
- [4] Harrington, R.F. (1992). , *Field Computation by Moment Methods*, IEEE Press, Piscataway, NJ.

Perancangan Model ABS (Anti Braking System) Sederhana Berbasis Mikrokontroler

Eko Ihsanto, Oktaf Ari Rachandi

*Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana,
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 1650*

Abstrak—Anti-lock Braking System (ABS) merupakan salah satu fitur keamanan pada mobil yang bekerja mengendalikan sistem pengereman secara elektrik untuk membantu pengemudi saat melalui keadaan berbahaya, seperti tikungan tajam, jalan yang licin. Sistem ini bekerja untuk menghindari roda terkunci saat mobil mengalami pengereman maksimum, sehingga laju mobil tetap stabil tanpa harus kehilangan kendali saat keadaan darurat. ABS terdiri atas tiga bagian utama, yaitu sensor kecepatan pada roda, katup-katup yang dikendalikan secara elektrik, melalui pengaturan tekanan, dan Unit Pengendali Elektronik, dalam hal ini mikrokontroler, sebagai pusat pengolahan data dan pengambilan keputusan. Pada penelitian ini, ABS disimulasikan dengan rem elektromagnetik, untuk menggantikan rem hidrolis, karena antarmuka antara aktuatur pada rem elektromagnetik dengan kontroler lebih mudah untuk diimplementasikan. Pengujian kinerja ABS dilakukan secara modular perbagian untuk kemudian diuji sebagai sebuah sistem terintegrasi. Pada tahap ini digunakan tiga variabel duty cycle pulsa ABS, yaitu 25%, 50, dan 75%. Dari hasil tersebut ABS bekerja secara optimum pada duty cycle 75% dengan waktu pengereman dari 2500 rpm, atau setara dengan 60 kpj pada model ini, hingga berhenti dalam 1.9 detik. Pemodelan mekanik ABS pada roda belakang mobil ini mempunyai keterbatasan dalam memberikan data posisi mobil sebab model ini bersifat statis tertumpu pada satu poros, sehingga keunggulan ABS dalam mempertahankan posisi mobil saat pengereman menggunakan model roda belakang mobil ini tidak dapat dibuktikan.

Kata kunci: rem, anti macet, anti selip, rotary encoder, mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN.

Latar Belakang Masalah

Dunia otomotif merupakan dunia yang tidak dapat dipisahkan lagi dari kehidupan manusia, khususnya di bidang sarana transportasi. Oleh karena itu perkembangannya hingga kini tidak pernah berhenti, terutama berkaitan dengan faktor keamanan dan kenyamanan.

Dewasa ini keamanan merupakan faktor yang menjadi perhatian utama dalam pengembangan industri otomotif. Hal ini terjadi seiring meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas karena faktor kesalahan teknis (*technical fault*) dan kesalahan manusia (*human error*), masalah yang sering mendapat perhatian adalah kasus yang berkaitan dengan kegagalan fungsi rem dalam menghentikan laju mobil dan mempertahankan posisinya agar tetap stabil. Untuk mengatasi masalah tersebut, mulai tahun 1980 *Anti-lock Braking System* (selanjutnya ditulis ABS) mulai diperkenalkan untuk aplikasi kendaraan darat, setelah sebelumnya digunakan pada pesawat terbang, pada tahun 1960 [1].

Sistem pengereman ini sendiri telah mengalami perkembangan yang pesat, mulai dari algoritma yang digunakan, analisis, hingga sistem mekanik yang diterapkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemodelan *Anti-lock Braking System*.

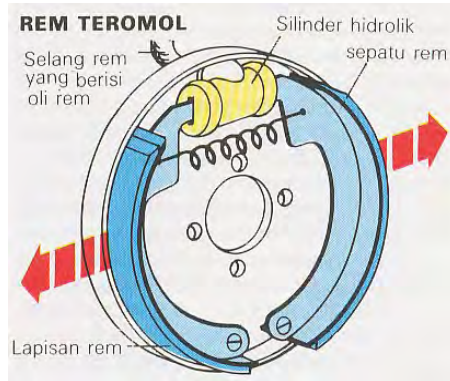
II. TEORI DASAR

Sistem Rem pada Mobil

Rem menggunakan gaya gesekan untuk menghentikan ataupun mengurangi laju mobil. Berdasarkan cara kerja dan konstruksinya, rem ini dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem rem tromol dan sistem rem cakram.

1. Sistem Rem Tromol

Rem ini merupakan bentuk rem yang tua tetapi masih banyak digunakan pada roda belakang beberapa jenis mobil. Konstruksi sistem ini berupa logam berbentuk seperti mangkok, disebut tromol, yang berputar bersama roda, dan poros sepatu rem dengan selang yang berisi oli rem serta dapat ditekan pada bagian dalam permukaan tromol. Berikut ini akan diberikan konstruksi dari sebuah sistem rem tromol sederhana.

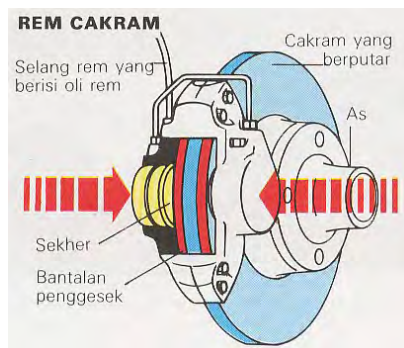


Gambar 1. Konstruksi rem tromol sederhana

Kekurangan rem jenis ini adalah lambatnya pelepasan panas karena konstruksinya yang tertutup dan rentan terhadap air, terutama bila mobil melalui genangan air. Untuk menambah tingkat keselamatan, mobil yang menggunakan jenis rem ini dilengkapi dengan dua jalur hidrolis untuk mengoperasikan rem dan dipasang secara bersilang, sehingga daerah kontak rem menjadi lebih besar.

2. Sistem Rem Cakram

Rem cakram banyak digunakan pada mobil-mobil modern. Pada sistem ini cakram berputar bersama roda dan dua piston yang akan menekan gesekan bantalan terhadap cakram melalui gerakan sekher hidrolis. Cara kerjanya mirip dengan rem sepeda sederhana. Untuk mengetahui perbedaannya dengan sistem rem tromol, berikut ini akan diberikan konstruksi dari sebuah rem cakram, yang banyak digunakan pada mobil komersial.



Gambar 2. Konstruksi rem cakram

Kekurangan kedua sistem pengereman tersebut terjadi bila mobil harus melakukan pengereman dalam selang waktu yang lama pada kecepatan tinggi. Pada beberapa studi kasus yang telah dilakukan, kedua sistem ini, baik tromol ataupun cakram, akan mengunci roda dan menimbulkan efek tergelincir atau sliding yang membuat mobil berjalan di luar kendali dan oleng, bahkan dapat terguling. Kekurangan inilah yang kemudian

banyak dikaji dan dicari solusinya, baik dengan perbaikan kinerja rem itu sendiri maupun dengan penambahan piranti lain di luar sistem. Salah satu solusi yang digunakan adalah dengan menambahkan suatu sistem yang mencegah terjadinya penguncian saat rem diinjak pada kecepatan tinggi dalam waktu yang lama. Sistem ini dikenal dengan *Anti-lock Braking System* (ABS).

ABS pada dasarnya adalah sebuah sistem pengereman pada mobil, menyerupai rem cakram, yang akan melakukan fungsinya secara simultan (bertahap) sesuai dengan kecepatan mobil saat itu, sehingga tingkat keamanan dan kestabilan mobil saat terjadi pengereman mendadak lebih terjamin. Sebagai bahan perbandingan, berikut ini akan diberikan data perbandingan jarak pengereman mobil menggunakan dan tanpa ABS.

Tabel 1. Perbandingan jarak pengereman mobil dengan dan tanpa ABS [3]

Tipe Mobil	Jarak Pengereman (m) (dari 100 km/j sampai 0 km/j)		Persen Selisih (%)
	Tanpa ABS	Dengan ABS	
GMC Suburban 4x4, 1993	43.80	34.16	22.00

Berdasarkan tabel hasil perbandingan jarak pengereman mobil dengan dan tanpa ABS, dapat ditarik kesimpulan bahwa selisih jarak pengereman rem ber-ABS dan tidak, berkurang hingga 25% atau berdasarkan Tabel 2.1. rata-rata 24.65%.

Untuk lebih memahami dan mendapatkan gambaran umum mengenai ABS, berikut ini akan dijelaskan beberapa hal penting mengenainya, antara lain klasifikasi, cara kerja, dan pemodelan matematis ABS serta simulasi dari model matematis tersebut.

Klasifikasi ABS

Secara umum ada beberapa hal yang digunakan untuk mengklasifikasikan sistem tersebut antara lain jumlah roda yang dikendalikan, jumlah sensor dan pemakaian fungsi bagian rem sebagai aktuator dari sistem [5].

Berdasarkan faktor-faktor yang telah disebutkan di atas, maka ABS dapat dikelompokkan menjadi:

- Sistem pada roda belakang (*rear wheel ABS*)

Sistem ini hanya dijumpai pada truk ringan. Piranti yang mendukungnya antara lain sebuah sensor kanal tunggal untuk mendeteksi kuncian pada rem roda belakang. Pada penelitian ini sistem inilah yang akan diimplementasikan.

- Sistem tiga sensor dan tiga kanal

Sistem tiga kanal memberikan fungsi kendali pada dua roda depan, menggunakan dua kanal, serta roda belakang, melalui kanal ketiga. Sensor yang digunakannya pun ada tiga, masing-masing pada dua roda depan dan sebuah lagi dipasang pada kedua roda belakang.

- Sistem tiga kanal dan empat sensor

Sensor diletakkan pada setiap roda mobil dan sistem tiga kanal ini mengendalikan roda depan secara mandiri dan sepasang roda di belakang, sedang sensor yang digunakan diletakkan masing-masing pada roda mobil.

- Sistem empat kanal dan empat sensor

Bila dilihat dari jumlah kanal dan sensor yang digunakan, ABS basis ini merupakan sistem yang terlengkap dan tingkat keamanannya paling tinggi, karena kecepatan pada masing-masing roda akan dihitung secara kontinu serta bila terjadi pengereman mendadak, sistem kendali elektrik pada piranti ini akan memberikan perlakuan yang berbeda pada masing-masing posisi roda untuk menjaga kestabilan gerak mobil.

Cara Kerja ABS

Pada dunia nyata terdapat dua jenis *Anti-lock Braking System*, yang dibedakan atas sistem kendali yang digunakan, yaitu secara mekanik dan elektrik. Dari keduanya basis yang sering digunakan adalah sistem elektrik yang dipadukan dengan sistem mekanik, atau lebih dikenal dengan sistem mekatronik. Hal tersebut karena sebagian besar aktuator pada mobil adalah sistem mekanik, bahkan pada mobil paling canggih sekalipun.

Secara umum ABS merupakan sebuah sistem kendali umpan balik (feedback control system) yang memodulasikan daya pengereman sehingga berbanding lurus dengan perlambatan yang dilakukan oleh roda agar tidak terkunci. Secara umum subsistem pendukung ABS antara lain:

1. Sensor kecepatan pada roda

Pada ABS yang ada di pasar, sensor ini merupakan komponen elektromagnetik yang membangkitkan sinyal dengan frekuensi sebanding dengan kecepatan putar roda.

2. Electronic Control Module (ECM)

Merupakan bagian sistem yang berfungsi mengolah data dan fungsi yang akan dieksekusi.

3. Brake pressure modulator

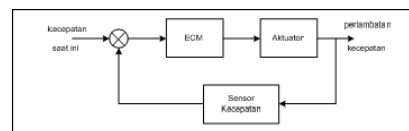
Berfungsi untuk mendistribusikan daya tekanan rem pada masing-masing roda.

4. Komponen-komponen pendukung yang lain seperti relay, connector, jaringan, dan pompa hidraulik.

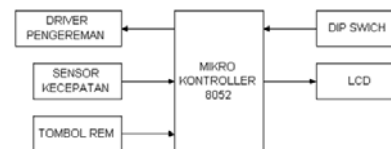
Cara kerja dari ABS berbasis mekatronik ini dimulai dari pengambilan data dari sensor kecepatan yang dipasang pada masing-masing roda. Data yang diambil tersebut berupa sinyal analog yang dibangkitkan oleh sensor dengan frekuensi sesuai dengan kecepatan putar roda.

Kemudian oleh mikrokontroler sinyal tersebut diubah menjadi sinyal digital, direkam, dan dihitung untuk memperoleh kecepatan mobil yang sebenarnya. Data kecepatan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan data yang tersimpan pada memori. Bila dari proses perbandingan ini kecepatan mobil saat itu melebihi kecepatan yang diperbolehkan dalam batas aman, saat terjadi pengereman, ECM akan memberikan sinyal pulsa ke bagian mekanik rem untuk mengurangi kecepatan secara simultan, sesuai dengan pulsa yang dibangkitkan hingga rem tidak lagi diinjak, sehingga kemungkinan terjadinya slip karena roda yang langsung terkunci tidak terjadi.

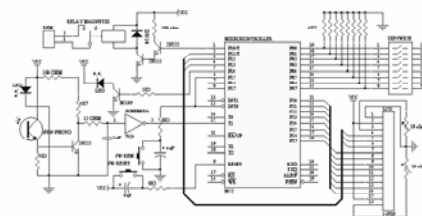
III. PERANCANGAN SISTEM KENDALI Diagram Blok.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem ABS



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Kendali ABS



Gambar 5. Rangkaian Lengkap

ABS merupakan sebuah sistem terintegrasi yang terdiri atas beberapa bagian, masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda namun saling mendukung. Seperti telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, ABS yang sekarang beredar di pasar terdiri dari beberapa subsistem, yaitu:

1. Sensor kecepatan pada roda

Sensor ini merupakan komponen elektromagnetik yang membangkitkan sinyal dengan frekuensi sebanding dengan kecepatan putar roda.

2. *Electronic Control Module (ECM)*

Bagian utama yang merupakan pusat pengolahan data dan pengambilan keputusan sistem secara keseluruhan.

3. Brake pressure modulator

Berfungsi untuk mengatur pembagian tekanan pada rem, sehingga pengereman dapat disesuaikan dengan kecepatan masing-masing roda.

4. Komponen-komponen pendukung yang lain

Komponen-komponen tersebut antara lain *relay*, *connector*, jaringan, dan pompa hidraulik.

Pada penelitian ini, ABS yang diimplementasikan sedikit berbeda dari yang telah ada. Perbedaan tersebut terletak pada bagian aktuator, ABS yang sekarang ada menggunakan rem hidraulik untuk melakukan proses perlambatan, sedang pada ABS pada penelitian ini, fungsi rem hidrolis akan dimodelkan dengan rem elektromagnetik. Perbedaan berikutnya adalah tidak digunakannya brake pressure modulator, karena jenis aktuator yang berbeda.

Berdasarkan diagram blok di atas dan pengetahuan mengenai sistem embedded secara umum, rancangan ABS ini dapat dibagi menjadi dua unsur yaitu bagian *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak). Berikut ini akan dijelaskan mengenai rancangan sistem, dilihat dari kedua bagian tersebut.

Perangkat Keras

Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa ABS mempunyai tiga bagian perangkat keras, yaitu Electronic Control Module (ECM), sensor kecepatan, dan aktuator.

Electronic Control Module merupakan otak dari ABS ini, bagian ini akan mengatur proses pengambilan data kecepatan, selanjutnya membandingkan dengan data batas kecepatan aman, pada memori, dan mengambil keputusan berdasarkan hasil perbandingan tersebut. Pada ABS yang ada di pasar, ECM menggunakan mikrokontroler Motorola MC68HC11. Mikrokontroler tersebut digunakan karena kemampuan dan realibilitasnya yang sangat tinggi, karena ECM pada mobil komersial tidak hanya mengatur proses pengereman, melainkan juga mengatur pendistribusian bahan bakar, dan pembagian torsi ke masing-masing roda.

Pada ABS yang diimplementasikan pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler Atmel AT89S8252, karena fungsi yang diinginkan hanya fungsi pengereman menggunakan ABS, sehingga kemampuan mikrokontroler tersebut dirasa cukup untuk digunakan sebagai ECM.

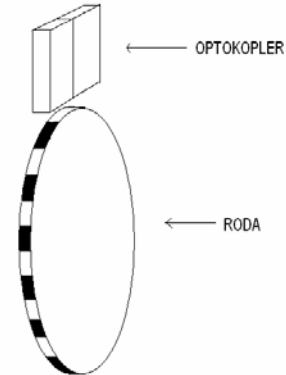
Sensor Kecepatan

Sensor yang akan digunakan adalah optocoupler (LED IR - phototransistor) tipe pantul. Pada sensor ini optocoupler tersusun atas dua bagian yaitu LED IR sebagai *transmitter* dan phototransistor sebagai *receive* yang disusun berdampingan.

Alasan pemilihan optocoupler sebagai sensor adalah:

- konsumsi daya kecil
- tingkat presisi cukup baik
- sensitivitas baik
- rangkaian pengkondisi sinyalnya mudah dibuat
- harganya relatif lebih murah.

Pemasangan sensor kecepatan ini dapat dilihat pada gambar berikut.

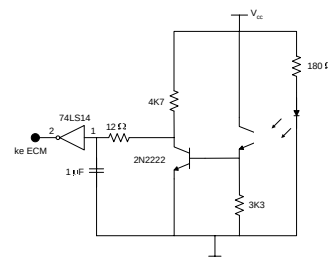


Gambar 6. cakram sensor kecepatan

Cara kerja dari sensor tersebut adalah: ketika roda berputar maka pola warna hitam dan putih melewati optokoupler. Ketika pancaran sinar infra merah dari transmitter mengenai permukaan warna putih maka sinar tersebut akan dipantulkan ke receiver, hal ini mengakibatkan keluaran sinyal listrik dari optokoupler menjadi tinggi. Sedangkan Ketika pancaran sinar infra merah dari transmitter mengenai permukaan warna hitam maka sinar tersebut tidak dipantulkan ke receiver, hal ini mengakibatkan keluaran sinyal listrik dari optokoupler menjadi rendah.

Bila roda terus berputar maka optokoupler akan menghasilkan pulsa – pulsa listrik dimana frekuensi dari sinyal pulsa tersebut tergantung dari kecepatan putaran roda.

Sebelum sinyal dari optokoupler masuk ke ECM, terlebih dahulu melalui rangkaian sensor. Secara lebih terperinci gambar rangkaian sensor yang digunakan dan cara kerjanya akan dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 7. Rangkaian sensor infra merah.

Ketika transmitter tidak mengirimkan sinyal ke receiver maka tidak ada arus yang melalui resistor

3K3 sehingga basis transistor 2N222 menjadi rendah, akibatnya transistor cut off dan tegangan CE menjadi tinggi. Sedangkan Ketika transmitter mengirimkan sinyal ke receiver maka k ada arus yang melalui resistor 3K3 sehingga basis transistor 2N222 menjadi tinggi, akibatnya transistor saturasi dan tegangan CE menjadi rendah.

Rangkaian sensor tersebut menggunakan 74LS14 yang merupakan Scmitt-triggered hex inverter, yang berfungsi sebagai signal conditioner, IC ini memastikan bahwa keluaran sinyal sensor dalam keadaan “high” atau “low” dengan rentang yang dapat dikenali ECM sebagai sinyal “1” atau “0”. Cara kerja rangkaian sensor tersebut adalah output pada pin 2 dari 74LS14 akan bernilai “high” bila sensor tidak terhalang oleh bagian gelap pada lempengan sensor, dan sebaliknya bila terhalangi maka outputnya akan bernilai “low”.

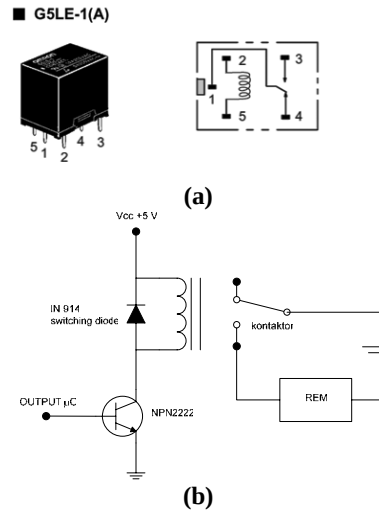
Seperti telah dijelaskan sebelumnya, rangkaian sensor kecepatan ini berfungsi untuk mendeteksi putaran per satuan waktu, dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{RPM} = \frac{\text{Hasil deteksi}}{\text{Jumlah gelap}} \times 60$$

Misal jika dihasilkan deteksi sebanyak 135 pulsa dengan jumlah gelap 16 berarti kecepatan putar motor sekitar 506 RPM.

Antarmuka Kontroler Dan Aktuator

Antar muka ini berfungsi mengatur ada tidaknya arus listrik yang akan masuk ke aktuator. Pada dasarnya piranti ini adalah sebuah saklar (switch) yang keluarannya diatur menggunakan sinyal dari mikrokontroler. Bagian ini terdiri dari sebuah rangkaian relay sebagai saklar yang akan terhubung bila ada arus listrik mengalir melalui koil. Arus ini akan menimbulkan medan magnet yang akan menarik saklar dalam relay dan mengubah logika keluaran relay, misal dari “0” ke “1”. Berikut ini akan ditunjukkan gambar relay dan rangkaian yang digunakan pada perancangan ini.

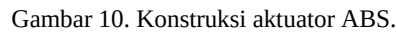


Gambar 9. Relay dan drivernya.

Dari Gambar 9 di atas, tampak bahwa koil pada relay dihubungkan oleh sebuah dioda. Hal ini dilakukan karena koil tersebut menghasilkan loncatan bunga api (spike) dengan tegangan yang tinggi saat saklar di dalamnya tidak terhubung. Tegangan inilah yang seringkali merusak transistor atau IC yang terhubung dengan rangkaian tersebut, sehingga pada penelitian ini dilakukan penambahan dioda sebagai menghindari bahaya tersebut. Selain menjaga agar tidak terjadi spike, pada rangkaian di atas juga terdapat sebuah transistor NPN2222 yang berfungsi untuk memperkuat arus masukan dari mikrokontroler yang sangat kecil, sekitar 15 mA, menjadi arus kerja sesuai aktuator yang digunakan.

Bagian aktuator mengimplementasikan fungsi pengereman terhadap model roda belakang, yang akan digunakan pada tahap pengujian. Aktuator ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu driver, sebagai antar muka antara kontroler dengan aktuator, dan bagian rem elektromagnetik.

Bagian selanjutnya dari aktuator ini adalah rem elektromagnetik, yang merupakan kendali dari sistem secara keseluruhan. Aktuator yang digunakan adalah sebuah rem magnetik. Konstruksi rem pada penelitian ini berbeda dengan rem pada Gambar 1 dan 2. Konstruksi aktuator model ABS bagian mekanik yang dilihat dari atas ditunjukkan pada gambar berikut .



III. PENGUJIAN.

Tabel 2. Hasil pengujian sistem terintegrasi

	Tegangan pada motor	Representasi kecepatan	Waktu Pengemaran hingga Diam (s)				
			uji Cycle 25%	uji Cycle 50%	uji Cycle 75%	uji Cycle 100%	
			1	2	3	4	
3 V		Kecepatan rendah (267 rpm)	1	-	-	-	0.12
			2	-	-	-	0.14
			3	-	-	-	0.12
			4	-	-	-	0.17
			5	-	-	0	0.15
5 V		Kecepatan sedang (474)	1	1	1	0	-
			2	1	1	1	-
			3	1	1	0	-
			4	1	1	0	-
			5	1	1	0	-

$$\text{kecepatan (km/jam)} = \text{RPM} \times (\text{kell. roda}) \times 60 \frac{\text{mnt}}{\text{jam}} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{km}}{\text{m}}$$
$$\text{kecepatan} = 267 \times 2 \times 3.14 \times 0.12 \times 60 \times \frac{1}{1000} = 12.07 \text{ km/jam}$$

Kinerja program apabila dilihat dari hasil pengujian dan sinyal keluaran yang dihasilkan berjalan dengan baik menghasilkan pulsa yang halus untuk men-drive aktuator.

Apabila dilihat dari sisi fungsional, sistem ini dapat bekerja dengan baik, karena pengereman berlangsung secara simultan sesuai dengan pulsa yang diberikan mikrokontroler dan selang waktunya sesuai dengan variabel yang diberikan pada program. Namun apabila dilihat dari segi efisiensi, terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, terutama pada bagian antarmuka dan catu daya yang digunakan. Pada bagian antarmuka seringkali terjadi pembuangan energi sia-sia karena panas yang ditimbulkan oleh relay mekanik. Panas yang timbul ini kemudian menghambat kinerja sistem secara keseluruhan, karena saat temperatur relay meningkat, kinerjanya menjadi menurun, sehingga masukan sinyal dari mikrokontroler tidak dapat direspon oleh aktuator secara optimum. Cara yang digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menambahkan heat sink pada piranti relay ini.

- Hasil pengujian rem ABS menggunakan tiga nilai dutecycle yaitu 25%, 50%, dan 75% diperoleh kinerja optimum pengereman pada pulsa ber-duty-cycle 75%. Hal ini secara umum

sesuai dengan dutycycle pulsa pengereman pada mobil ber-ABS sebenarnya.

- Penggunaan model roda belakang mobil mempunyai keterbatasan dalam menunjukkan posisi mobil saat pengereman, sehingga kelebihan ABS dibandingkan non-ABS dalam menjaga posisi agar tetap stabil tidak dapat dibuktikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pierson, Jeff. *Using Microcontrollers in Antilock Braking Systems*. <http://www.csee.umbc.edu>. 3 Oktober 2004.
- [2] Moh.Ibnu Malik dan Anistardi,1999. *Berksperimen Dengan Mikrokontroler 8083*. Jakarta:PT Elek Media Komputindo.
- [3] Macnab, Michael J., Steven Ribarits. ABS Performance on Gravel Roads. 1998. USA: University of British Columbia. Paper Number 98-S2-W-36.
- [4] Carley, Larry. All About ABS. <http://www.CarleySoftware.com>. 25 Mei 2005.
- [5] Russel, Richard. *Anti-lock brakes: why you should have them*. <http://www.CanadianDriver.com>. 1 Oktober 2004.
- [6] Ming, Qian. 1997. Sliding Mode Controller Design for ABS System. Virginia: Virginia Polytechnic Institut and State University.
- [7] Solyom, S., Anders Rantzer, Jens Kalkkuhl. 2004. *A Benchmark for Control of Antilock Braking Systems*. Sweden: Lund Institute of Technology, Department of Automatic Control.
- [8] Bengtsson, Johan and Stefan Solyom. 2004. *ABS and Anti-skid on a LEGO car: A Project in Embedded System*. Sweden: Lund Institute of Technology, Department of Automatic Control.
- [9] Bannatyne, Ross. 2004. Microcontrollers for the Automobile. *Micro Control Journal*. Transportation Systems Group, Motorola Inc.
- [10] The maintenance concil amerika trucking sociation. 2004. *Technician And Guides Line for Anti lock Braking System*
- [11] Malik, Moh. Ibnu, ST. 2003. *Belajar Mikrokontroler ATMEL AT8928252*. Yogyakarta: Penerbit Gaya Media.
- [12] Larry Carley,2000. *AllAabout ABS*
- [13] *Anti-Lock Braking Systems*. <http://www.bmwworld.com>. April 2005.

Aplikasi Penggunaan Lampu Led Sebagai Media Penerangan Yang Ramah Lingkungan

Fina Supegina¹, Yuliza²

*Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana,
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, Indonesia
Email : supegina80@yahoo.co.id*

Abstrak -- LED (Light Emitting Diode) didefinisikan sebagai salah satu semikonduktor yang mengubah energi listrik menjadi cahaya. LED merupakan perangkat keras dan padat (*solid-state component*) sehingga unggul dalam hal ketahanan (*durability*). Manfaat lampu LED terasa dalam menekan pemanasan global dan mengurangi emisi karbon dunia. Lampu ini berasal dari bahan semikonduktor, jadi tidak diproduksi dari bahan karbon. Bila lampu LED digunakan di seluruh dunia, total energi listrik untuk penerangan dapat berkurang hingga 50%. Selisih emisi karbon yang dihasilkan dunia bisa mencapai 300 juta ton per tahunnya. Oleh karena itu dibuat lampu LED energi yang ramah lingkungan yang dapat menghemat energi dan menekan global warming sehingga sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia.

I. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan akan penerangan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan tersebut maka kebutuhan akan listrik juga semakin bertambah. Tetapi mempunyai efek yang negatif yaitu menyebabkan bertambahnya CO₂ yang dihasilkan dari proses pembuatan listrik yang menggunakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui. CO₂ merupakan salah satu zat yang dapat menyebabkan global warming (pemanasan global) yang sangat berbahaya bagi kehidupan manusia. Pemanasan global adalah kejadian meningkatnya temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan Bumi. Meningkatnya temperatur global diperkirakan akan menyebabkan perubahan seperti naiknya muka air laut, meningkatnya intensitas kejadian cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Akibat-akibat pemanasan global yang lain adalah terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis hewan. Ini merupakan hal yang sangat merugikan umat manusia. Maka dari itu efisiensi dalam penggunaan listrik harus dilakukan salah satunya adalah efisiensi dalam penerangan. Untuk penerangan jenis lampu yang digunakan sangat berpengaruh terhadap tingkat efisiensi dalam penggunaan listrik. Jenis-jenis lampu yang banyak digunakan saat ini yaitu lampu pijar dan neon. Lampu pijar (*incandescent lamp*) menggunakan

filamen tipis di dalam bola kaca yang hampa udara. Arus listrik mengalir dan memanaskan filamen. Pada suhu yang sangat tinggi, cahaya akan berpijar pada filamen tersebut. Apabila bohlam bocor dan oksigen menyentuh filamen panas, reaksi secara kimia akan terjadi sehingga lampu rusak dan tidak dapat digunakan lagi. Bohlam pijar masih banyak digunakan di Indonesia terutama di kota-kota kecil sebab harganya yang paling murah di antara jenis lampu lain khususnya yang berbahan gas. Pada proses pencahayaannya, lebih dari 90% energi yang dihasilkan berupa inframerah dan panas. Selain itu, usianya yang hanya 1.000 jam sangat pendek dibandingkan dengan lampu lain yang lebih efisien.

Selain pijar, jenis lampu yang banyak digunakan pada masa kini adalah lampu dengan bahan gas, umumnya neon (*fluorescent lamp*). Lampu ini memerlukan uap merkuri untuk menghasilkan sinar ultraungu (*UV light*). Sinar ini kemudian diserap oleh fosfor yang melapisi bagian dalam kaca sehingga cahaya akan berpendar. Panas yang dihasilkan lampu ini lebih sedikit daripada lampu pijar tetapi masih ada energi yang hilang saat memproses sinar ultraungu menjadi cahaya yang kasat mata.

Di antara berbagai jenis lampu, lampu neon termasuk kategori lampu hemat energi dan banyak dipakai di perumahan dan perindustrian. Lampu neon dapat berusia 10 ribu jam, sepuluh kali usia lampu pijar. Namun dampaknya bagi lingkungan, kedua jenis lampu ini cukup berbahaya. Lampu pijar sangat boros dalam efisiensi energi dan cahayanya tidak cukup terang, sehingga di negara-negara maju lampu ini sudah jarang dipakai lagi. Kandungan merkuri pada lampu neon pun tidak baik bagi kesehatan manusia maupun lingkungan. Tingkat efisiensi energi yang rendah membawa pengaruh bagi pemanasan global.

Lampu pijar dan neon tidak berguna lagi setelah bohlamnya pecah, namun tidak demikian dengan lampu LED. Lampu ini merupakan jenis *solid-state lighting (SSL)*, artinya lampu yang menggunakan kumpulan LED, benda padat, sebagai sumber pencahayaannya sehingga ia tidak mudah rusak bila terjatuh atau bohlamnya pecah. Kumpulan LED diletakkan dengan jarak yang rapat untuk memperterang cahaya. Satu buah

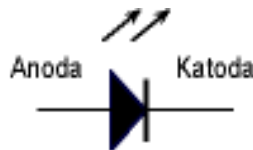
lampu ini dapat bertahan lebih dari 30 ribu jam, bahkan mencapai 100 ribu jam.

Manfaat lampu LED terasa dalam menekan pemanasan global dan mengurangi emisi karbon dunia. Lampu ini berasal dari bahan semikonduktor, jadi tidak diproduksi dari bahan karbon. Bila lampu LED digunakan di seluruh dunia, total energi listrik untuk penerangan dapat berkurang hingga 50%. Selisih emisi karbon yang dihasilkan dunia bisa mencapai 300 juta ton per tahunnya. Oleh karena itu lampu LED ini dapat menghemat energi dan menekan global warming sehingga sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian LED

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Diode*, merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang pakai adalah galium, arsenic dan fosforus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula.



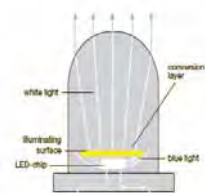
Gambar 1. Simbol LED

Sedangkan bentuk LED adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Bentuk LED

Selanjutnya adalah struktur lampu LED adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Struktur LED

2.2 Keunggulan LED Keunggulan teknologi LED antara lain:

- Intensitas dan terang yang tinggi
- Efisiensi tinggi
- Kebutuhan tegangan dan arus yang rendah
- Sangat handal (tahan terhadap guncangan dan getaran) Tidak memancarkan sinar UV
- Mudah dikontrol dan diprogram

2.3 Aplikasi LED

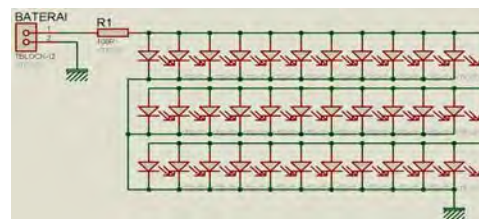
Tahun-tahun belakangan ini, teknologi LED telah melesat jauh. Pada masa lampau, keterbatasan warna dan intensitas hanya memungkinkan LED digunakan sebagai lampu indicator. Dengan perkembangan teknologi dan metode manufaktur, LED dapat dipergunakan dalam berbagai aplikasi. Dengan semakin berkembangnya teknologi ini dan makin luas penerapannya, dioda pemancar cahaya merupakan pilihan menarik bagi seluruh kondisi pencahayaan. Long Life Reliability LED mempunyai waktu fungsi yang jauh lebih panjang dibanding teknologi pencahayaan tradisional. Tetapi, tidak seperti beberapa anggapan, umur pakai LED adalah terbatas bergantung pada warna dan desain chip. Kinerja LED akan menurun bersama waktu.



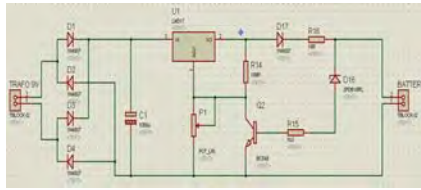
Gambar 4. Salah Satu Aplikasi lampu LED

2.4. Rangkaian Lampu LED hemat energi

Ini merupakan rangkaian yang cukup sederhana dan efektif untuk membuat lampu LED yang akan menghasilkan cahaya yang sangat terang dengan menggunakan lampu LED yang berwarna putih. Selain sebagai lampu penerangan biasa, lampu LED ini juga dapat digunakan untuk *emergency lamp*.



Gambar 5. Rangkaian Lampu LED



Gambar 6. Rangkaian Charger

Gambar 6 menunjukkan rangkaian charger yang digunakan untuk men-charge baterai sehingga lampu LED ini dapat digunakan pada saat tidak ada input dari PLN.

Bentuk fisik lampu LED dapat dilihat pada gambar 7.

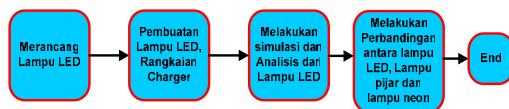


Gambar 7. Bentuk Lampu LED

III. METODOLOGI

3.1 Metodologi yang dilakukan

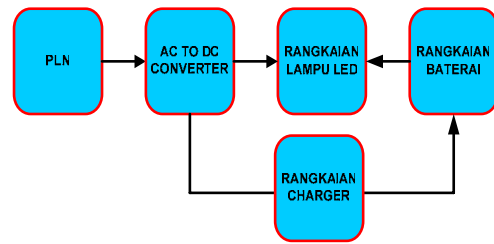
Metodologi yang dilakukan dalam makalah ini yang pertama adalah melakukan perancangan untuk membuat lampu LED yang dapat hemat energi disertai dengan rangkaian charger yang dapat mencharge ulang baterai sehingga dapat digunakan pada saat listrik padam. Kemudian melakukan simulasi dan analisis dari lampu LED sehingga dapat diketahui performa dari lampu LED tersebut. Kemudian melakukan perbandingan antara lampu LED, lampu pijar dan lampu neon, dalam hal ini yang dibandingkan adalah daya yang diserap oleh ketiga lampu tersebut, lumen (tingkat cahaya) dan suhu yang dihasilkan.



Gambar 7. Metodologi Riset

3.2 Blok Diagram Rangkaian

Blok diagram dari rangkaian lampu LED ramah lingkungan ini terdiri dari rangkaian power supply, saklar on/off, rangkaian baterai, rangkaian charger dan rangkaian lampu LED. Gambar blok diagram dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Blok Diagram dari Lampu LED ramah lingkungan

3.3 Prinsip Kerja Rangkaian Keseluruhan

Sumber tegangan yang berasal dari listrik PLN sebesar 208 V AC (berdasarkan pengukuran), sebelum digunakan oleh rangkaian lampu LED terlebih dahulu dikonversikan menjadi level tegangan DC sebesar 12 V. Dalam hal ini pengkonversi tegangan menggunakan rangkaian AC to DC converter yang terdiri dari trafo step down, rangkaian bridge, dan filter. Sehingga keluaran dari rangkaian converter tersebut bisa langsung digunakan oleh lampu LED. Baterai pada rangkaian digunakan sebagai sumber tegangan cadangan apabila sumber tegangan yang berasal dari listrik PLN terputus. Baterai yang digunakan merupakan jenis baterai yang bisa diisi ulang (*charging*), untuk menjaga kondisi tegangan baterai digunakan rangkaian charger yang dapat mengisi ulang baterai apabila kondisi baterai kosong. Rangkaian charger bekerja apabila sumber tegangan yang berasal dari listrik PLN kembali aktif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya di dalam perencanaan dan pembuatan suatu alat, untuk mengetahui apakah alat tersebut bekerja dengan baik diperlukan pengujian dan pengukuran alat. Sehingga dari hasil pengujian dan pengukuran alat dapat diketahui kemampuan dari alat dan batas penggunaannya. Selain itu dilakukan test perbandingan antara tiga buah lampu yaitu lampu pijar, lampu neon dan lampu LED yang dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. Perbandingan Daya antara tiga buah lampu yaitu lampu pijar, lampu neon dan lampu LED.

No	Jenis Lampu	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1	Lampu pijar	208	300	62,4
2	Lampu Neon	208	50	10,4
3	Lampu LED	208	10	2,08

Dari hasil perbandingan daya yang diserap di dapatkan bahwa lampu LED mempunyai daya serap yang paling rendah sehingga lampu ini dapat di katakan lampu yang hemat energi dan ramah lingkungan dibandingkan dengan lampu yang lain. Dibandingkan dengan lampu neon, lampu LED lebih hemat 5 kali lipat, kemudian jika dibandingkan dengan lampu pijar, lampu LED lebih lebih 30 kali.

Dengan demikian penggunaan lampu LED ini sangat bermanfaat karena tidak menyerap daya yang besar. Sehingga lampu ini terbukti dapat ramah lingkungan.

Tabel 2. Perbandingan Lumen (tingkat cahaya) antara tiga buah lampu yaitu lampu pijar, lampu neon dan lampu LED.

No.	Jenis Lampu	Lumen (lux)
1	Lampu Pijar	14070
2	Lampu Neon	9460
3	Lampu LED	155

Tabel 2 menunjukkan perbandingan lumen (tingkat cahaya) antara tiga buah lampu yaitu lampu pijar, lampu neon dan lampu LED dapat dilihat bahwa lampu pijar mempunyai lumen yang paling baik, sehingga tingkat cahaya pada suatu ruangan menjadi lebih terang jika dibandingkan dengan lampu neon dan lampu LED.

Tabel 3. Perbandingan suhu antara tiga buah lampu yaitu lampu pijar, lampu neon dan lampu LED.

No.	Jenis Lampu	Suhu (°C)
1	Lampu Pijar	51
2	Lampu Neon	30
3	Lampu LED	26

Dari hasil perbandingan suhu antara tiga buah lampu yaitu lampu pijar, lampu neon dan lampu LED, dapat diketahui bahwa suhu yang dihasilkan oleh lampu pijar paling tinggi dibandingkan dengan kedua lampu yang lainnya, sehingga kurang hemat energi karena dapat meningkatkan suhu ruangan sehingga dapat meningkatkan konsumsi pendingin ruangan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan di bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancangan lampu LED bekerja dengan baik dibuktikan dengan hasil pengujian yang dilakukan.
2. Tingkat cahaya lampu LED ini cukup baik ketika diuji pada keadaan gelap
3. Dari hasil analisis dapat diketahui tingkat energi yang dikonsumsi oleh masing-masing lampu sehingga diketahui lampu LED yang paling hemat energi dibandingkan dengan yang lain.
4. Dari hasil perbandingan suhu yang dihasilkan oleh lampu pijar paling tinggi sehingga dapat meningkatkan suhu ruangan, meningkatkan penggunaan pendingin ruangan dan kurang hemat energi.
5. Dari hasil perbandingan lumen (tingkat cahaya), lampu pijar memiliki tingkat lumen yang paling tinggi sehingga lampu ini cukup terang dibandingkan dengan kedua lampu lainnya.

5.2. Saran

Guna perbaikan dan memberikan hasil yang lebih baik, maka dapat disampaikan saran-saran ataupun rekomendasi sebagai berikut

1. Penggunaan jenis LED yang lebih terang sehingga tingkat lumen (tingkat cahaya) dapat lebih baik.
2. Penggunaan jenis baterai charger sehingga lampu LED ini dapat lebih ringan.
3. Berinovasi dengan design-design yang lebih menarik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ganti Depari, Drs, 1992, Teori Rangkaian Elektronika, Penerbit Sinar Baru Bandung,
2. Malvino H Gunawan, 1995, Edisi Ke III , Prinsip – Prinsip Elektronika Penerbit Erlangga.
3. http://indoled.host56.com/1_8_Keuntungan-lampu-LED.html
4. <http://indoled.com/shop/pages.php>

Integrasi Skematik dan Pemrograman Yang Mudah

Muhamar kadaffi

*Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650
E-mail : muhamar10@yahoo.com*

Abstrak --- Teknologi komponen elektronika dan pemrograman berjalan seiring dan mengikuti tingkat perkembangan teknologi informasi kedua nya saling berkaitan dan saling berintegrasi untuk menghasilkan suatu perangkat yang dapat diimplementasikan dalam kehidupan nyata dan membantu, mempermudah aktifitas manusia. Perancangan perangkat elektronika menjadi mudah dengan hadirnya software simulator, skematik rangkaian. Dan pemrograman dari Integrated circuit jg mengalami perkembangan yang menjadi bahasa yang familier mudah dimengerti dan dipelajari.

Kata kunci: Skematik, Pemrogram, Simulator

I. PENDAHULUAN

Pemrograman yang mudah dalam implementasi dalam dunia nyata adalah hal yang sangat penting, sama pentingnya dalam simulasi pembuatan hardware pada program aplikasi visual. Bila suatu rancangan aplikasi suatu skema rangkaian, harus dituangkan dalam rangkaian nyata komponen-komponen elektronika dapat menimbulkan kejenuhan dan kesulitan dalam pengembangan rangkaian. Software aplikasi visual hadir memberikan solusi penyelesaian dalam analisis skema rangkaian apakah rancangan telah memberikan keluaran hasil yang diharapkan. Ini adalah jalan termudah dalam penyelesaian dini skema rangkaian apakah perlu penambahan komponen dan perbaikan software program dengan mengesampingkan sementara pembelian komponen nyata, dengan memanfaatkan komponen virtual yang terdapat dalam software visual

Tentunya dalam pemanfaatan dari software aplikasi visual ini harus didorong dengan pemahaman pengetahuan yang pasti tentang komponen elektronika dan bahasa pemrograman yang digunakan dalam kata lain antara software dan hardware harus terjadi hubungan yang benar.

Bila suatu skema rangkaian beserta bahasa pemrograman telah dicoba didalam software visual dan menampilkan hasil keluaran yang diharapkan maka langkah berikutnya adalah realisasi rangkaian tersebut didunia nyata dengan membeli komponen-komponen elektronika yang diperlukan sesuai dengan hasil uji software visual.

Teknik pemanfaatan yang optimal dari software visual dalam hal ini adalah proteus dan bahasa pemrograman menggunakan obyek oriented bahasa c yang telah di bundle didalam Arduino duemilanove menjadikan perancangan rangkaian elektronika menjadi mudah dan menyenangkan.

Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang diangkat oleh penulis pada penelitian ini adalah melakukan penggabungan antara dua software yang berbeda dimana proteus sebagai software visual simulator rangkaian dan Arduino Duemilanove sebagai bahasa pemrogram berorientasi objek.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menggabungkan dua software aplikasi sehingga menampilkan hasil dalam bentuk visual simulator sebelum dikerjakan dalam dunia nyata yaitu pemasangan komponen yang sesungguhnya.

Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah merupakan langkah di mana di dalam pembahasan masalahnya bisa lebih terarah dan mempunyai batasan yang jelas sehingga mendapatkan hasil yang optimal, adapun pembatasan masalah sebagai berikut :

- Menggunakan software visual simulator Proteus.
- Menggunakan Arduino Duemilanov sebagai generate bahasa pemrograma
- Melakukan penggabungan antar kedua software tersebut
- Memberikan kesimpulan keberhasilan dari suatu rancangan elektronika dalam bentuk visualisasi.

Asumsi

Penelitian ini berasumsi bahwa dengan penggabungan dua aplikasi software ini memudahkan para perancangan perangkat elektronika mengetahui secara cepat hasil rancangan dan melakukan perbaikan atau pengembangan bila diperlukan secara mudah tanpa terlebih dahulu membeli komponen nyata.

Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan digunakan untuk memudahkan pembahasan, penulisan dibagi menjadi lima bab yang saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Untuk lebih jelasnya penulis akan menguraikan secara garis besarnya sebagai berikut :

PENDAHULUAN

Dalam bab ini dikemukakan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian serta sistematika penulisan.

LANDASAN TEORI

Bab ini mengemukakan teori-teori yang menunjang serta digunakan dalam membantu pengolahan data dan analisa pemecahan masalah.

PERANCANGAN

Bab ini mengemukakan perancangan dari sebuah rangkaian yang akan dikerjakan.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan pengumpulan data yang terdiri dari dua yaitu data umum perusahaan dan data khusus untuk pengolahan data. Pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang tersedia dan dengan melihat serta mempertimbangkan dengan teori-teori terkait

KESIMPULAN

Pada Bab ini membahas keterkaitan antara faktor-faktor data yang diperoleh dari masalah yang diajukan kemudian menyelesaikan masalah tersebut dengan metode yang diajukan dan menganalisa proses dan hasil penyelesaian masalah.

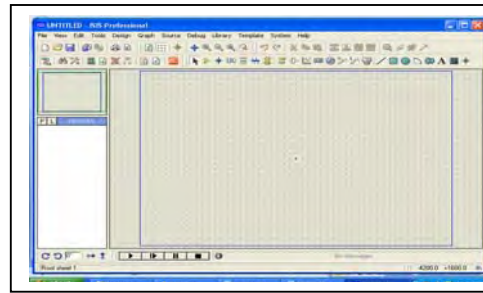
II. LANDASAN TEORI

Suatu desain perangkat elektronik dimulai dari dari tingkat yang mendasar yaitu skematik rangkaian yang benar. Tentunya perancang menginginkan secepat mungkin desain skematik rangkain dapat diketahui kebenaran dan telah teruji sesuai dengan yang diharapkan. Untuk itu semua diperlukan perangkat software yang menjembatani keinginan tersebut. Dua software akan diterapkan untuk mewujudkan keinginan melakukan perancangan yang cepat tepat dan teruji.

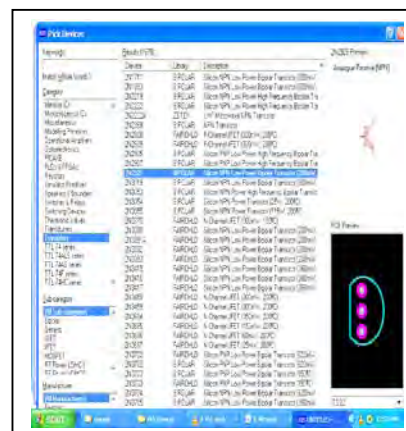
2.1 Software Skematik Simulator Proteus

Software skematik simulator Proteus ini digunakan untuk membuat desain skematik rangkaian. Berisikan komponen komponen elektronika virtual yang dipergunakan untuk perancangan. Sebagian besar dari perancangan elektronika dapat dibuat menggunakan software proteus ini dan library komponen elektronika telah ada di software ini, software proteus merupakan sebuah toko komponen elektronika yang virtual dan berkesesuaian dengan komponen elektronik nyata, apa yang ada didalam library proteus tentunya juga terdapat pula didunia nyata suatu. Misal kita menggunakan Dioda 2 Ampere pada

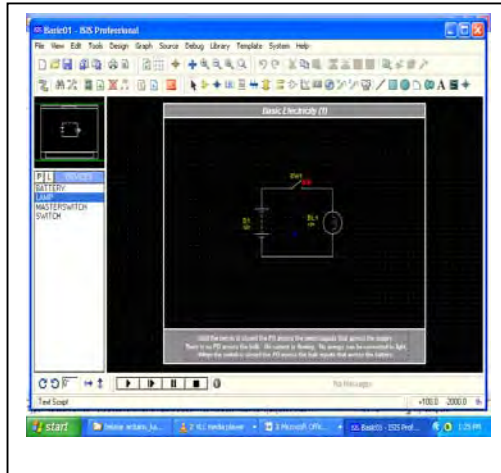
proteus terdapat juga didunia nyata diode 2 Ampere. Dan masih banyak lagi berikut adalah gambaran dari software proteus



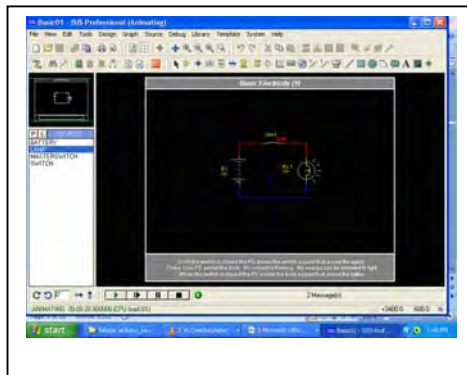
Dimulai dari pengenalan pustaka komponen yang berada didalam proteus, pustaka ini sangat penting karena merupakan sebuah toko komponen yg bersifat virtual, sebuah toko virtual yang menyediakan berbagai macam dan jenis komponen elektronika yang berkesesuaian dengan komponen nyata. Diperlukan pemahaman yang benar mengenai sifat dan karakteristik dari sebuah komponen elektronika. Tentunya perancang telah dibekali mengenai elektronika dasar. Berikut adalah gambaran mengenai pustaka komponen yang berada di dalam proteus



Tentunya masih kurang tanpa hadirnya fitur yang terpenting dan sangat-sangat penting dalam perancangan yang cepat dan tepat yaitu hadirnya perintah execution. Menjalankan atau menguji dari kebenaran skematik yang dibuat. Suatu contoh sederhana merancang lampu on dan off, untuk itu memerlukan komponen elektronika diantaranya sebuah battery, saklar dan lampu. Perhatikan skematik dibawah ini.



(execution) dengan satu langkah peancang sudah mengetahui dari hasil visualisasi yang menggambarkan hasil jadi sebuah sekeatik diatas.

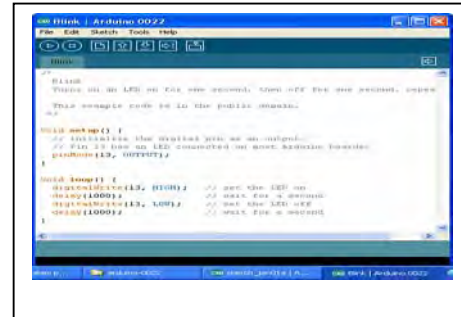


2.2 Teknologi Arduino

Arduino merupakan teknologi pemrograman IC yang siap pakai dengan kelebihan yang dimiliki arduino memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam pengembangan pemrograman IC. Dasar dari pemrograman pada teknologi arduino ini adalah bahasa pemrograman yang berorientasi objek yaitu menggunakan bahasa C.

Arduino memiliki fasilitas interface antara computer dengan IC mikrokontroler, semuanya terbungel didalam satu kemasan yang diberi nama Arduino. IC mikrokontroler adalah IC yang harus diprogram dalam pemanfaatannya.

Gambar diatas menunjukkan suatu komunikasi antara computer dengan hardware arduino sebagai media transfer file dalam bentuk biner ke dalam IC mikrokontroler. Software arduino sendiri bersifat open source yang artinya boleh disebar luaskan tanpa lisensi dan juga bebas melakukan pengembangan software arduino karena pihak produsen Arduino memberikan source code dari arduino 022. Contoh sederhana Pemakaian dari software arduino 022



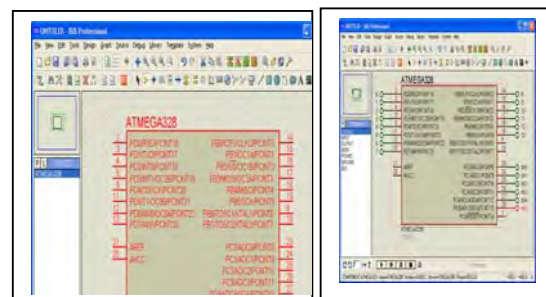
III. PERANCANGAN

Kedua software diatas memiliki perbedaan fungsi yang Proteus sebagai media menggambar skematik rangkaian sedangkan Arduino adalah piranti untuk melakukan pengisian IC mikrokontroler. Jika masing – masing berjalan sendiri sendiri maka hal yang dilakukan oleh perancang adalah pertama membuat skematik dengan proteus yang dilanjutkan pembuatan PCB kemudian diteruskan dengan pemasangan komponen, penyolderan, kedua adalah membuat program dengan arduino melakukan sinkronisasi hardware dan software rancangan. Hal ini sangat membuang waktu lama untuk penyelesaian rancangan.

Untuk mempersingkat dari perancangan dan hasil jadi dari sebuah skema rangkaian adalah dengan memadukan skematik yang dibuat di Proteus dengan Program yang dibuat dengan Arduino 022. Prinsipnya adalah memanggil file program yang dibuat didalam arduino untuk di sisipkan didalam skematik rangkaian yang dibuat dengan menggunakan Proteus.

3.1. Sinkronisasi kaki IC Arduino dengan kaki IC di Proteus

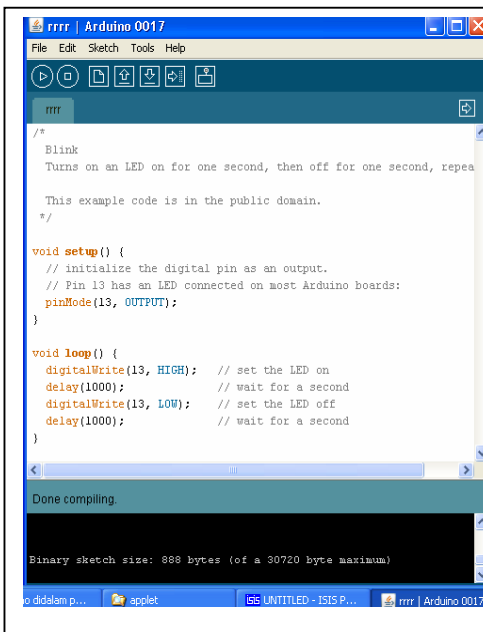
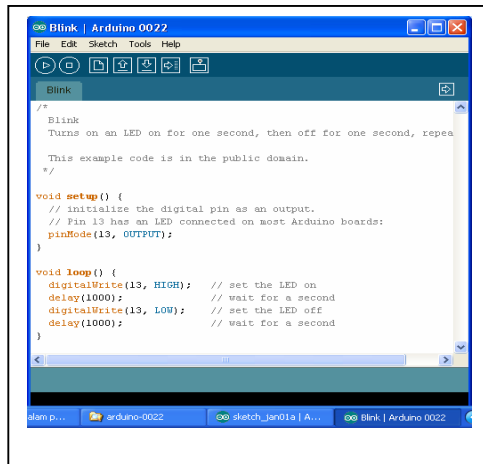
Hal ini penting karna pin-pin atau kaki-kaki IC mikrokontroler Arduino memiliki nama yang berbeda dengan kaki skematik pada Proteus. Pada sisi Pin IC Proteus adalah skematik murni dari kaki Mikrokontroler sedangkan Pin kaki arduino memiliki nama yang berbeda dengan nama pin asli IC mikrokontroler.berikut adalah sinkronisasi pin IC.



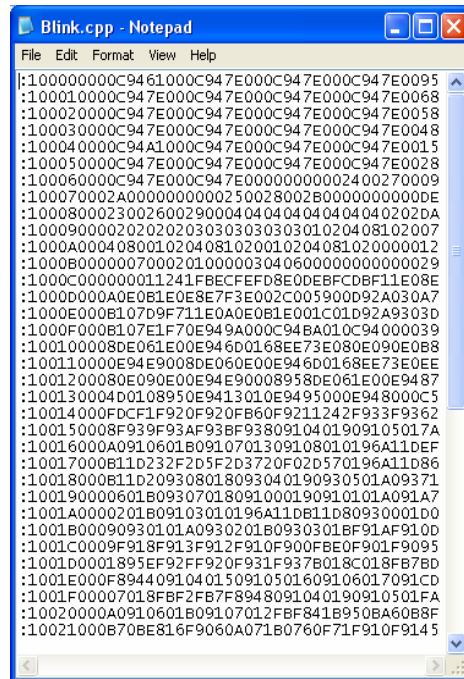
3.2. Pembuatan Program

Pembuatan program dengan bahasa c berorientasi objek dengan menggunakan software arduino 022. software arduino 022 selain sebagai text editor juga melakukan proses compiler terhadap source program menjadi file yang berextensi .HEX dan berextensi BIN.

Proses kompilasi ini menjadi sangat penting karena melakukan perubahan dari file source (bahasa manusia) menjadi file berbahasa Mesin yang dimengerti mesin (bahasa HEX atau BIN). Contoh penulisan file source pada arduino 022 dan sekaligus melakukan compiler menjadi file HEX dan BIN.

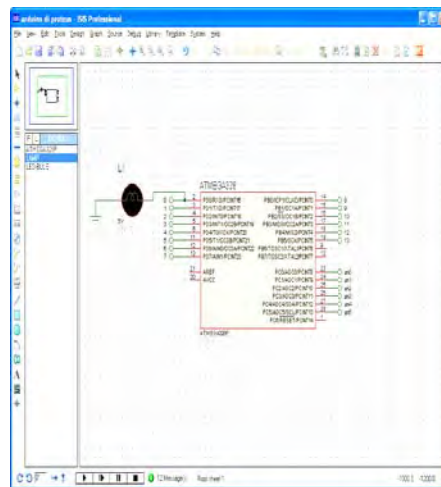


Dari proses penulisan dan compiler diatas didapat sebuah file ber ekstensi HEX

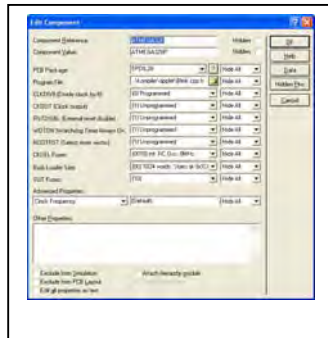


3.3. Pemanggilan file ekstensi hex ke dalam Skematik Proteus

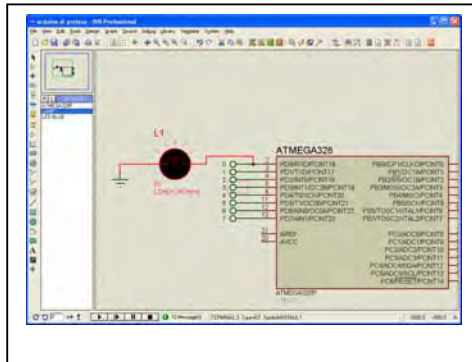
Inti dari makalah ini adalah pemanggilan file program yang berextensi HEX ke dalam skematik Proteus. Dalam hal ini pemakalah mengambil contoh sederhana adalah mewujudkan file example arduino Blink.src yang telah dikompilasi menjadi file Blink.hex ke dalam skematik proteus.



Proses selanjutnya adalah pemanggilan file ekstensi hex dengan melakukan double klik pada bidang kerja proteus.



Pada bagian menu program file diatas dipergunakan untuk pemanggilan file berextensi hex ditempatkan. Sehingga bila file skematik proteus dijalankan akan mendapatkan hasil dibawah ini.



V. KESIMPULAN

Didapatkan kesimpulan dari hasil pemanggilan file arduino berextensi hex ke dalam skematik proteus sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan penggabungan akan mudah dalam melakukan perbaikan rancangan. Baik itu perbaikan disisi hardware maupun disisi software. Hal ini dikarenakan hasil rancangan dan hasil pemrograman dapat langsung dilihat melalui simulator yang ditampilkan.
2. Untuk mendapatkan hasil perancangan yang tepat dan terarah maka diperlukan pemahaman ilmu tentang

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://pln.co.id>
2. <http://wikipedia.org/wiki/berkas:TDL2004.JPG>
3. <http://duniaelektronika.blogspot.com>
4. SURYATMO, F. (1999). *Teknik Pengukuran*
5. *Listrik dan Elektronika*, Jakarta Bumi Aksa

Metoda Analisa Antrian Loret Parkir Mercu Buana

Muhamar kadaffi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650
E-mail : muhamar10@yahoo.com

Abstrak -- Antrian memerlukan pengaturan yang tertata rapi dan kejelasan dari metode yang digunakan dalam penyusunan penyelesaian masalah pada kasus antrian masuk area kampus mercubuana. tentunya dalam penyelesaian antrian ini diperlukan pengumpulan data-data diantaranya jumlah pengguna, luas lahan parkir, jenis kendaraan yang masuk pada are kampus, prioritas tertentu bagi pegawai dan karyawan dan masih banyak lagi variabel variabel penggunaan lahan parkir. Keteraturan memberikan kemudahan, nyaman dan keindahan suasana yang harmoni.

Keyword : antrian,metode,parkir

I. LATAR BELAKANG

Antrian merupakan suatu fenomena yang dihadapi pelanggan pada industri jasa. Antrian tidak dikehendaki oleh pelanggan maupun penyedia jasa. Pelanggan menilai waktunya cukup berharga, sehingga mereka mungkin akan memilih melakukan perjalanan yang lebih jauh atau mengeluarkan biaya yang lebih besar untuk mendapatkan pelayanan yang tidak menyebabkan antrian yang panjang.

Tidak jarang juga ditemukan pelanggan membatalkan niatnya bergabung dengan antrian dan tidak pernah kembali karena menemukan antrian cukup panjang.

Kehilangan pelanggan tentunya tidak diinginkan oleh penyedia jasa, tetapi memenuhi keinginan pelanggan mengantri sesingkat mungkin atau bahkan tidak perlu mengantri, bisa merugikan penyedia jasa. Meminimumkan waktu mengantri sering mengakibatkan penambahan investasi dan biaya operasional. Keinginan pelanggan dan tujuan penyedia jasa mendapatkan

Keuntungan kelihatannya saling bertolak belakang. Teori antrian dapat digunakan untuk mengevaluasi fenomena antrian dari sudut pandang pelanggan dan penyedia jasa, sehingga akan dihasilkan solusi optimal. Penyedia jasa masih memperoleh untung dan pelanggan tidak mengeluhkan waktu mengantri yang lama.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis antrian yang terjadi dan menentukan jumlah loket

optimal pada hari libur dan hari biasa baik secara teknis maupun secara ekonomis. Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati dan mencatat antrian yang terjadi baik pada hari kerja maupun pada hari libur. Adapun metode yang digunakan adalah saluran banyak fase tunggal.

Model antriannya adalah M/M/S/I/I. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, pada hari biasa pihak Universitas cukup mengoperasikan 2 loket dengan 1 loket cadangan dan 1 pintu keluar, karena mahasiswa yang akan parkir biasanya terlalu banyak. Pada hari libur pihak Universitas Mercu Buana mengoperasikan 1 loket karena mahasiswa yang datang tidak banyak

Dengan melunjaknya antrian di parkir Universitas Mercu Buana membuat analisa mengenai antrian ini sangat diperlukan. Karena melunjaknya antrian yang panjang di Universitas Mercu Buana membuat permasalahan yang baru untuk para mahasiswa dan juga karyawan di Universitas Mercu Buana yaitu lamanya waktu hanya untuk parkir. Dengan mengetahui permasalahan yang ada, mahasiswa dan karyawan dapat mendapat solusi dan mengefisienkan waktu untuk tiba di kelas tanpa harus lama mengantri.

Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang diangkat oleh penulis pada penelitian ini adalah melakukan analisa antrian terhadap loket karcis Universitas Mercu Buana.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- Melakukan survey dan pengumpulan data lapangan (*on the spot data*) untuk:
- Mengetahui profil antrian loket yang dilakukan di Universitas Mercu Buana.
- Menganalisa loket antrian dengan karakteristik operasi bersifat probabilitas.
- Menyimpulkan analisa yang dilakukan sehingga mendapatkan informasi tentang analisa antrian yang dilakukan di loket masuk Universitas Mercu Buana.

Ruang Lingkup Penelitian

a. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah merupakan langkah di mana di dalam pembahasan masalahnya bisa lebih terarah dan mempunyai batasan yang jelas sehingga mendapatkan hasil yang optimal, adapun pembatasan masalah sebagai berikut :

- Profil Universitas Mercu Buana.
- Metode analisa antrian yang digunakan dalam loket Universitas Mercu Buana.
- Kesimpulan terhadap analisa antrian loket yang dilakukan di Universitas Mercu Buana.

b. Asumsi

Penelitian ini berasumsi bahwa harga tiket di loket Universitas Mercu Buana tetap dan antrian diloket berjalan lancar. Kapasitas antrian dan sumber populasi diasumsikan tidak terbatas, dengan disiplin antrian adalah yang pertama datang pertama dilayani.

c. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan digunakan untuk memudahkan pembahasan, penulisan dibagi menjadi 6 bab yang saling terkait antara satu dengan yang lainnya. Untuk lebih jelasnya penulisan menguraikan secara garis besarnya sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Dalam bab ini dikemukakan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2. LANDASAN TEORI

Bab ini mengemukakan teori-teori yang menunjang serta digunakan dalam membantu pengolahan data dan analisa pemecahan masalah.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini mengemukakan teori-teori yang menunjang serta digunakan dalam membantu pengolahan data dan analisa pemecahan masalah.

BAB 4. PENGUMPULAN, PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini berisikan pengumpulan data yang terdiri dari dua yaitu data umum perusahaan dan data khusus untuk pengolahan data. Pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang tersedia dan dengan melihat serta mempertimbangkan dengan teori-teori terkait

BAB 5. ANALISA PEMECAHAN MASALAH

Pada Bab ini membahas keterkaitan antara faktor-faktor data yang diperoleh dari masalah yang diajukan kemudian menyelesaikan masalah tersebut dengan metode yang diajukan dan menganalisa proses dan hasil penyelesaian masalah.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab terakhir dari penelitian ini yang berisi kesimpulan dari hasil penulisan dan

saran-saran serta rekomendasi yang diberikan penulis berkaitan dengan penelitian.

II. LANDASAN TEORI

Menunggu dalam suatu antrian adalah hal yang sering terjadi dalam kehidupan sehari-hari khususnya dalam sebuah sistem pelayanan tertentu. Dalam pelaksanaan pelayanan pelaku utama dalam hal ini adalah pelanggan dan pelayan.

2.1 Teori Antrian

Teori Antrian (Queueing Theory) merupakan studi matematika dari antrian atau kejadian garis tunggu (Waiting lines), yakni suatu garis tunggu dari pelanggan yang memerlukan layanan dari sistem pelayanan yang ada. Kejadian antrian sering kali terjadi pada banyak hal dalam kehidupan sehari-hari, seperti loket-loket pembayaran rekening, loket-loket stasiun bus, loket jalan tol, industri-industri dan sebagainya. Dimana langganannya berupa konsumen yang datang sedangkan loket merupakan stasiun pelayanan. Rata-rata lamanya untuk menunggu (waiting time) sangat bergantung kepada rata-rata tingkat kecepatan pelayanan (rate of service). Kejadian garis tunggu timbul disebabkan oleh kebutuhan akan pelayanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan yang ada akibatnya pelanggan yang tiba pada fasilitas pelayanan tidak bisa segera mendapat layanan.

2.2 Sistem Antrian

Pelanggan yang tiba dapat bersifat tetap atau tidak tetap untuk memperoleh pelayanan. Apabila pelanggan yang tiba dapat langsung masuk kedalam sistem pelayanan maka pelanggan tersebut akan langsung dilayani, sebaliknya jika harus menunggu maka mereka harus membentuk antrian hingga tiba waktu pelayanan.

Berdasarkan uraian tersebut maka dalam sistem antrian terdapat komponen utama yakni:

1. Antrian yang memuat langganan atau satuan-satuan yang, memerlukan pelayanan (pembeli, orang sakit, mahasiswa, kapal dan lain-lain)
2. Fasilitas pelayanan yang memuat pelayanan dan saluran pelayanan (Pompa minyak dan pelayanannya, loket bioskop dan petugas jual karcis dan lain-lain).

2.3 Disiplin Antrian

Disiplin antrian adalah konsep membahas mengenai kebijakan dalam mana para langganan dipilih dari antrian untuk dilayani, berdasarkan urutan kedatangan pelanggan. Ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan dalam praktek yaitu :

1. First Come First Served (FCFS) atau First In First out (FIFO) yaitu pelanggan yang datang lebih

dulu akan dilayani lebih dulu. Misalnya: sistem antrian pada Bank, SPBU, dan lain – lain.

2. Last Come First Served (LCFS) atau Last In First Out (LIFO) yaitu sistem antrian pelanggan yang datang terakhir akan dilayani lebih dulu. Misalnya: sistem antrian dalam elevator lift untuk lantai yang sama.

3. Service in Random Order (SIRO) yaitu panggilan didasarkan pada peluang secara acak, biasanya timbul dalam keadaan praktis.

4. Priority Service (PS) yaitu pelayanan diberikan kepada mereka yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang mempunyai prioritas lebih rendah. Kejadian seperti ini bisa disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang karena kedudukan atau jabatannya lebih tinggi menyebabkan dia dipanggil terlebih dahulu atau diberi prioritas lebih tinggi, atau seseorang yang keadaan penyakitnya lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

2.4 Elemen Dasar Antrian

Elemen-elemen dasar model antrian bergantung kepada faktor-faktor berikut :

2.4.1. Distribusi Kedatangan

Kedatangan langganan ke dalam sistem selalu menurut proses Poisson, yaitu banyaknya langganan yang datang sampai pada waktu tertentu mempunyai distribusi Poisson. Hal ini benar apabila kedatangan langganan secara random pada kecepatan kedatangan rata-rata tertentu.

2.4.2. Barisan Antri

Suatu antrian selalu ditandai dari besarnya jumlah langganan yang ada di dalam sistem untuk mendapatkan pelayanan. Antrian disebut terbatas apabila jumlah langganan yang dibolehkan masuk ke dalam sistem dibatasi sampai jumlah tertentu, bila pembatasan yang demikian tidak diadakan, maka antrian dikatakan tidak terbatas.

2.4.3. Disiplin Pelayanan

Disiplin pelayanan adalah suatu urutan yang dikenakan di dalam memilih langganan dari barisan antri untuk segera dilayani. Aturan yang biasa digunakan adalah “First In First Out”(FIFO), yakni siapa yang lebih dahulu datang maka ia akan dilayani lebih dahulu. Aturan-aturan lain seperti, “Last In First Out”(LIFO), yakni belakangan datang akan lebih dahulu dilayani, Random, Prioritas dan lain-lain. Disiplin pelayanan berdasarkan prioritas, pada umumnya ditemui pada pelayanan di rumah sakit, bahwa orang yang menderita penyakit lebih parah akan dilayani lebih dahulu walaupun belakangan datang.

2.4.4. Mekanisme Pelayanan

Mekanisme pelayanan adalah jumlah susunan stasiun, yang terdiri dari satu atau lebih stasiun pelayanan disusun seri atau paralel, gabungan atau sirkuler. Suatu model dikatakan pelayanan tunggal apabila sistem hanya mempunyai satu stasiun pelayanan dan model dikatakan model pelayanan ganda bila stasiun pelayanan lebih dari satu.

2.4.5. Waktu Pelayanan

Waktu yang diperlukan untuk pelayanan, sejak pelayanan dimulai hingga selesai disebut waktu pelayanan. Waktu pelayanan ini juga mempunyai suatu distribusi probabilitas, yakni ditentukan berdasarkan sample dari keadaan sebenarnya.

2.4.6. Sumber Masukan

Sumber adalah kumpulan orang atau barang darimana satuan-satuan datang atau dipanggil untuk dilayani. Ukuran populasi dikatakan tidak terbatas apabila jumlah langganan cukup besar dan dikatakan terbatas apabila jumlah langganan kecil.

2.5 Model – Model Antrian

Berdasarkan sifat pelayanannya dapat diklasifikasikan fasilitas-fasilitas pelayanan dalam susunan saluran dan phase yang akan membentuk suatu struktur antrian yang berbeda-beda. Istilah saluran menunjukkan jumlah jalur untuk memasuki sistem pelayanan. Sedangkan istilah phase berarti jumlah stasiun-stasiun pelayanan, dimana para langganan harus melaluinya sebelum pelayanan dinyatakan lengkap.

Ada empat model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian:

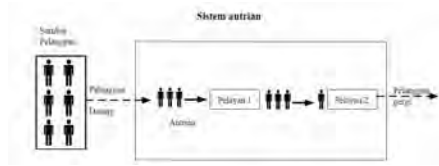
1. Single Chanel - Single Phase

Single Chanel berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan atau ada satu pelayanan. Single phase menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan sehingga yang telah menerima pelayanan dapat langsung keluar dari sistem antrian. Contohnya adalah pada pembelian tiket bus yang dilayani oleh satu loket, seorang pelayan toko dan lain-lain.



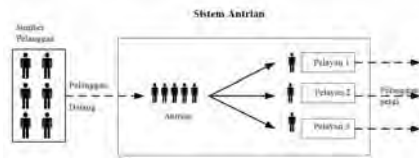
2. Single Chanel - Multi Phase

Multi phase berarti ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan dalam phase-phase. Misalnya pada proses pencucian mobil, lini produksi massa dan lain-lain.



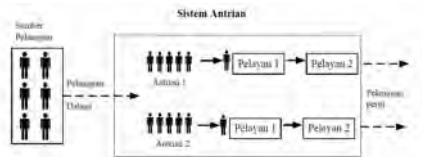
3. Multi Chanel - Single Phase

Sistem multi chanel- single phase terjadi jika ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh suatu antrian tunggal. Sebagai contoh adalah pada pembelian tiket yang dilayani oleh lebih dari satu loket, pelayanan nasabah di Bank, dan lain-lain.



4. Multi Chanel - Multi Phase

Sistem ini terjadi jika ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dengan pelayanan pada lebih dari satu phase. sebagai contoh adalah pada pelayanan kepada pasien di rumah sakit dari pendaftaran, diagnosa, tindakan medis sampai pembayaran. Setiap sistem-sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada suatu waktu.



2.6 Terminologi dan Notasi

Terminologi dan notasi yang biasa digunakan dalam sistem antrian adalah sebagai berikut :

1. Keadaan sistem ialah jumlah atau banyaknya aktivitas pelayanan yang melayani satuan langganan yang berada dalam sistem

2. Panjang antrian adalah banyaknya satuan yang berada dalam sistem dikurangi dengan jumlah satuan yang sedang dilayani.

Notasi yang digunakan sebagai berikut :

n = Jumlah satuan nasabah dalam sistem antrian pada waktu t .

c = Jumlah satuan pelayanan.

P = Peluang bahwa ada n satuan nasabah yang masuk dalam antrian dalam waktu t .

Λ = Kecepatan pertibaan rata-rata.

$t\Delta\lambda$ = Peluang bahwa ada satu satuan nasabah yang masuk dalam antrian selama waktu t .

μ = Kecepatan pelayanan rata-rata.

$t\Delta\mu$ = Peluang bahwa ada satu satuan nasabah yang selesai dilayani selama waktu t .

ρ = Intensitas lalu lintas.

c . μ = Faktor utilitas untuk fasilitas pelayanan

L = Ekspektasi panjang garis.

L_q = Ekspektasi panjang antrian.

W = Ekspektasi waktu menunggu dalam sistem.

W_q = Ekspektasi waktu menunggu dalam antrian

Untuk kemudahan dalam memahami karakteristik suatu sistem antrian digunakan notasi Kendall Lee yaitu format umum, $(a / b / c) : (d / e / f)$. Notasi ini dikenalkan pertama kali oleh DG Kendall dalam bentuk $(a / b / c)$ dan selanjutnya AM.Lee menambahkan symbol d , e dan f pada notasi kendall.

Notasi tersebut mempunyai arti sebagai berikut :

a : Bentuk distribusi pertibaan, yaitu jumlah pertibaan pertambahan waktu

b : Bentuk distribusi pelayanan, yaitu selang waktu antara satuan-satuan yang dilayani.

c : Jumlah saluran paralel dalam sistem

d : Disiplin pelayanan

e : Jumlah maksimum yang diperkenankan berada dalam sistem

f : Besarnya populasi masukan

Simbol a dan b untuk kedatangan dan kepergian digunakan kode-kode berikut sebagai pengganti :

M : Distribusi pertibaan Poisson atau distribusi pelayanan eksponensial

D : Waktu pelayanan tetap

G : Distribusi umum keberangkatan atau waktu pelayanan

Untuk huruf d digunakan kode-kode pengganti :

FIFO atau FCFS

LIFO atau LCFS

SIRO

Untuk huruf c , dipergunakan bilangan bulat positif yang menyatakan jumlah pelayanan paralel. Untuk huruf e dan f digunakan kode N atau menyatakan jumlah terbatas atau tak berhingga satu-satuan dalam sistem antrian dan populasi masukan.

Misalnya kalau ditulis model $(M/M/1)$: $(FIFO/\sim/\sim)$, ini berarti bahwa model menyatakan pertibaan didistribusikan secara Poisson, waktu pelayanan didistribusikan secara eksponensial, pelayanan adalah first in first out, tidak berhingga jumlah langganan yang boleh masuk dalam sistem antrian dan ukuran (besarnya) populasi masukan adalah tak berhingga.

2.7 Pola Kedatangan dan Lama Pelayanan

2.7.1 Pola Kedatangan

Fungsi peluang Poisson digunakan untuk menggambarkan tingkat kedatangan dengan asumsi bahwa jumlah kedatangan adalah acak. Dimana persamaannya fungsi Peluang Poisson adalah sebagai berikut :

$$P(x\text{-kedatangan}) = \lambda^x \cdot e^{-\lambda} / x!$$

dengan : $P(x)$ = Peluang bahwa ada x pelanggan dalam system

λ = Harga rata-rata kecepatan kedatangan

e = Bilangan navier ($e = 2,71828$)

x = Bilangan cacah ($0,1,2,3,\dots$)

2.7.2 Uji Kesesuaian Poisson

Uji kesesuaian poisson dilakukan dengan uji χ^2 . Untuk menghitung nilai χ^2 dari data pengamatan pada H_1 , H_2 sampai H_{10} terlebih dahulu ditentukan nilai data yang diharapkan yang ditentukan dengan rumus :

$$\chi^2 = \sum x_1 - x / x$$

criteria keputusan dilakukan dengan terima pola kedatangan berdistribusi poisson apabila $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ dalam hal lain keputusan ditolak.

2.7.3 Lama Pelayanan

Lama Pelayanan yang dihitung sejak kedatangan pelanggan dalam sistem antrian sampai selesai pelayanan mengikuti :

a. Distribusi Eksponensial yang persamaannya sebagai berikut :

$$f(t) = \pi e^{-\pi t}$$

dengan :

π = Rata-rata lama pelayanan

e = Bilangan navier ($e = 2,71828$)

t = waktu lamanya pelayanan tiap unit

b. Uji Kesesuaian Eksponensial

Untuk menghitung nilai χ^2 dari data pengamatan pada H_1 , H_2 , sampai H_{10} terlebih dahulu ditentukan nilai waktu pelayanan yang diharapkan dengan menggunakan rumus distribusi Eksponensial. Untuk menentukan nilai χ^2 maka digunakan rumus:

$$\chi^2 = \sum (\mu_1 - \mu_{1 \text{ harapan}})^2 / \mu_{1 \text{ harapan}}$$

Kriteria keputusan dilakukan dengan terima rata-rata pelayanan berdistribusi eksponensial apabila $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ dalam hal lain keputusan ditolak

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu masalah agar hasil penelitian sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur dan Observasi

Studi literatur merupakan merupakan tahapan penyusunan landasan teori yang mendukung

penelitian yang dilakukan serta penelitian dari pihak lain yang dianggap relevan dan menunjang penelitian ini. Sumber pustaka yang digunakan diperoleh dari buku pedoman, jurnal-jurnal, serta sumber lainnya yang mendukung penyusunan landasan teori ini membahas mengenai analisa antrian. Dari observasi lapangan ini diharapkan diperoleh gambaran mengenai kondisi awal dari loket masuk Universitas Mercu Buana.

2. Identifikasi Variabel Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati antrian yang terjadi di loket tiket parkir Universitas Mercu Buana jalan Meruya Selatan, Kebun Jeruk - Jakarta Barat. Pengamatan dilakukan pada hari biasa dan libur pada jam-jam tertentu. Data yang dikumpulkan adalah kedatangan mahasiswa dan waktu pelayanan tiket.

3. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang berhubungan data, analisis dilakukan dengan mengukur parameter sistem, yaitu waktu mengantri, waktu dalam sistem, panjang antrian, panjang dalam sistem dan utilisasi server. Analisis dilakukan hanya pada hari biasa (senin-jumat), karena pada waktu tersebut antrian mahasiswa sangat panjang. Antrian pengunjung pada hari libur diamati jarang terjadi.

4. Tahap Pengolahan Data

Analisis dilakukan dengan mengukur parameter sistem, yaitu waktu mengantri, waktu dalam sistem, panjang antrian, panjang dalam sistem dan utilisasi server. Melakukan perhitungan secara ekonomis keuntungan Universitas Mercu Buana bila mengoperasikan 2 loket dengan 1 loket cadangan.

5. Analisa Hasil

Kegiatan analisa data merupakan bagian pembahasan berdasarkan rangkuman hasil pengolahan data. Pada analisis data, dilakukan pembahasan mengenai analisa antrian loket masuk, analisa aktivitas dan analisa biaya masuk Universitas Mercu Buana.

6. Kesimpulan dan Saran

Tahapan akhir dari metodologi penelitian adalah merangkum hasil penelitian yang diawali dengan tahap identifikasi dan perumusan masalah hingga melakukan analisis dan pengolahan data, berupa kesimpulan-kesimpulan yang memberikan gambaran secara keseluruhan dari obyek permasalahan yang diteliti.

V. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

5.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di tempat parkir Universitas Mercu Buana, data disajikan dalam bentuk table. Berikut merupakan data yang didapat dari hasil observasi dari parkir dan metode parkir yang digunakan adalah model single chanel / model phase jadi hanya 1 kali pelayanan dengan tarif 1 x masuk Rp 1000 :

Table 1. Data Antrian Parkiran Universitas Mercu Buana.

No	No Pol	Type	Waktu Masuk
1	3230NFY	MOTOR	08/06/2011 06:32
2	5038VAV	MOTOR	08/06/2011 06:33
3	5970WEX	MOTOR	08/06/2011 06:33
4	3739TFL	MOTOR	08/06/2011 06:37
5	3931	MOTOR	08/06/2011 06:44
6	4730MW	MOTOR	08/06/2011 06:51
7	5919SLX	MOTOR	08/06/2011 06:54
8	5433NQX	MOTOR	08/06/2011 06:59
9	5118BYB	MOTOR	08/06/2011 07:02
10	5741CYY	MOTOR	08/06/2011 07:03
11	5044	MOTOR	08/06/2011 07:04
12	5146SU2	MOTOR	08/06/2011 07:08
13	4632HO	MOTOR	08/06/2011 07:08
14	5038BQX	MOTOR	08/06/2011 07:11
15	5131BLH	MOTOR	08/06/2011 07:12
16	5840NGF	MOTOR	08/06/2011 07:12
17	5138BLH	MOTOR	08/06/2011 07:12
18	5376SU	MOTOR	08/06/2011 07:12
19	5530BEA	MOTOR	08/06/2011 07:14
20	5832CHH	MOTOR	08/06/2011 07:15

5.2. Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan dan analisa terhadap data yang didapat dari antrian parkir motor akan dilakukan dengan cara menghitung waktu mengantri, waktu dalam sistem, panjang antrian, panjang dalam sistem dan utilisasi server. Melakukan perhitungan secara ekonomis keuntungan Universitas Mercu Buana bila mengoperasikan 2 loket dengan 1 loket cadangan.

Data primer yang telah dikumpulkan kemudian diolah, sehingga dapat digunakan untuk pengolahan data selanjutnya dan sebagai input program simulasi. Adapun pengolahan data primer dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung waktu antrian setiap pelanggan yang datang. Lama pelanggan ke- i mengantri dinotasikan dengan $Lm(i)$, didapatkan dari data waktu pelanggan ke- i mulai dilayani dikurangi dengan waktu pada saat pelanggan ke- i datang. Sehingga dapat dirumuskan menjadi:

$$\text{Rumus : } Lm(i) = Smd(i) - Sd(i)$$

Jam pelanggan antrian motor ke 1 yang datang : Jam 06:32

Jam pelanggan antrian motor ke 2 yang mengantri : Jam 06:33

$$\text{Jadi : } Lm(i) = Smd(2) - Sd(1) = 06.33 - 06.32 = 06.31$$

Kesimpulan : jadi waktu antrian yang terjadi adalah 1 menit.

2. Menghitung durasi waktu setiap pelanggan dilayani. Lama pelanggan ke- i dilayani dinotasikan dengan $Ld(i)$, diperoleh dari data waktu saat pelanggan ke- i selesai dilayani dikurangi dengan waktu saat pelanggan ke- i mulai dilayani. Sehingga dapat dirumuskan menjadi:

$$\text{Rumus : } Ld(i) = Ssd(i) - Smd(i)$$

Jam pelanggan antrian motor ke 1 yang datang : Jam 06:32

Jam pelanggan antrian motor ke 2 yang mengantri: Jam 06:33

$$\text{Jadi : } Lm(i) = Smd(2) - Sd(1) = 06.33 - 06.32 = 06.31$$

Kesimpulan : jadi waktu pelayanan terhadap pelanggan adalah 1 menit.

3. Menghitung lamanya server menganggur. Lama server menganggur dinotasikan dengan Lsi didapatkan dari waktu saat pelanggan ke- i mulai dilayani dikurangi dengan waktu pelanggan ke- $(i-1)$ selesai dilayani. Dapat dirumuskan menjadi:

$$\text{Rumus : } Lsi = Smd(i) - Ssd(i-1)$$

Jam pelanggan antrian motor ke 1 yang dilayang : Jam 06:32

Jam pelanggan antrian motor ke 1 datang: Jam 06:32

$$\text{Jadi : } Lm(i) = Smd(2) - Ssd(i-1) = 06.32 - 06.(32-1) = 31 = 06.31$$

Kesimpulan : jadi waktu lamanya server menganggur adalah 1 menit.

4. Menghitung waktu kedatangan antar pelanggan yang datang. Waktu antar kedatangan pelanggan dinotasikan dengan WAK , yang diperoleh dari jeda waktu kedatangan antar pelanggan yaitu saat pelanggan ke- i datang dikurangi dengan waktu

pelanggan ke-(i-1). Sehingga apabila dirumuskan menjadi:

$$\text{Rumus WAK} = Sd(i) - Sd(i-1)$$

Jam pelanggan antrian motor ke 1 yang datang :

Jam 06:32

Jam pelanggan antrian motor ke 2 yang datang :

Jam 06:33

$$\text{Jadi : } Lm(i) = Smd(2) - Sd(1) = 06.33 - 06.32 = 31 = 06.32$$

Kesimpulan : jadi waktu kedatangan antara pelanggan 1 dan pelanggan 2 adalah 2 menit.

5. Menghitung Rata - rata (μ) dari lama pelanggan mengantri, lama pelanggan dilayani, lama server menganggur dan waktu antar kedatangan. Penghitungan rata - rata ini menggunakan rumus :

$$\mu = \frac{\sum X_i}{N}$$

Dimana X_i = data waktu pelanggan ke-i

N = Jumlah pelanggan yang datang

Data waktu pelanggan 1 dan 2 adalah

$$\text{untuk } X_i = 1 + 1 + 1 + 2 = 5 \text{ menit.}$$

$$\mu = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{5 \text{ menit}}{20 \text{ motor}} = 0,25 = 2,5$$

menit

VI. KESIMPULAN

Dapat dikatakan bahwa rata-rata pelayanan yang mengantri pada kasus yang dibahas adalah 2,5 menit

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jaja Kustija, M.Sc. Pusat Pengembangan Bahan Ajar UMB
- [2] Frank D. Petruzella, 1995, Industrial Electronics, Mc Graw Hill.
- [3] Magnetic Sensor Cylinder Data Sheet. Diakses 5 Agustus 2009 dari <http://www.smcetech.com>.
- [4] 2009 dari <http://www.airtacworld.com.cn>.

Morphological Image Processing

Muhammad Kusban
Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak -- Proses morfologi terutama digunakan untuk menghilangkan ketidaksempurnaan bentuk yang ada dalam suatu image. Dengan operasi erosi dan dilation serta kombinasi keduanya di dalam proses opening dan closing, proses morfologi tingkat tinggi/rumit dapat dilaksanakan. Kunci keberhasilan proses morfologi terletak dalam pemilihan operasi matematis serta pilihan *structured element*. Bahkan pemilihan metode filter dan transformasi dalam proses ini sering tidak digunakan⁶.

Kata kunci: erosi, dilation, opening, closing, *structured element*.

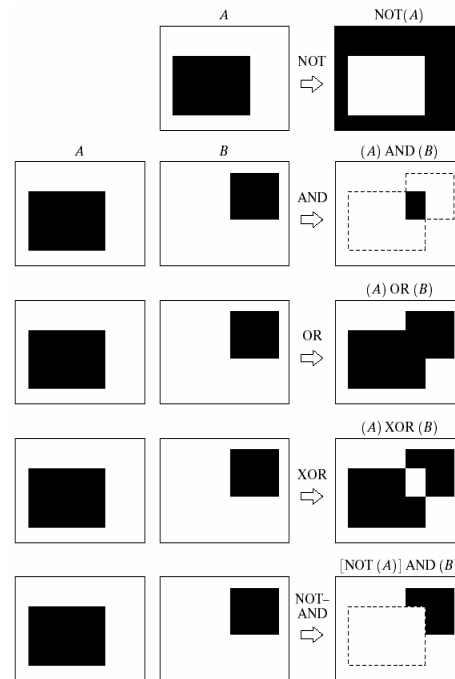
I. PENDAHULUAN

Morfologi merupakan teknik atau proses yang digunakan untuk mengolah image (citra) yang didasarkan atas prinsip morfologi matematika¹. Dalam pemrosesan image, hasil yang diharapkan didasarkan atas bentuk atau struktur image asal². Sedangkan Chris Solomon dan Toby Breckon lebih lanjut mengatakan bahwa morfologi senantiasa berkaitan erat dengan proses *neighbourhoods* yang terbentuk dari blok nilai biner satu dan nol³. Lebih lanjut, proses morfologi suatu image adalah merupakan kumpulan operasi non linear yang berkaitan dengan bentuk atau *morphology* dalam suatu image⁴. Secara praktek, sistem biner sering digunakan dalam proses morfologi, yaitu proses bit 1 atau yang dikenal dengan *foreground* dan bit 0 atau *background* dengan cara merubah bagian tertentu dari *foreground* menjadi daerah *background* dan sebaliknya merubah sebagian *background* untuk menjadi daerah *foreground*. Perubahan daerah asal *foreground* dan *background* berkaitan erat dengan tiga hal: image, tipe operasi morfologi, dan penataan elemen (*structured element*) image.

Terdapat tiga operasi dasar dalam operasi morfologi yaitu: operasi AND, OR, dan NOT.

Tabel 1. Operasi dasar morfologi

P	Q	AND	OR	NOT
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0



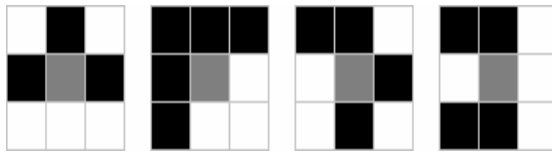
Gambar 1. Beberapa operasi logika biner dalam proses morfologi. Biner hitam mewakili angka 1 dan putih mewakili 0.

Dalam morfologi biner, sebuah image di pandang sebagai sebuah subset ruang Euclidean R^d atau grid integer Z^d untuk nilai dimensi d .

Manfaat penggunaan proses morfologi yaitu untuk menghilangkan noise yang ada. Mengenal bentuk karakter suatu image, serta digunakan untuk meningkatkan kualitas image. Dalam bentuk 2D, proses morfologi digunakan untuk ekstraksi karakter yang ada dalam image. Sedangkan untuk 3D, proses ini digunakan dalam bidang medis. Salah satunya adalah mendapatkan objek dari kumpulan objek yang menyatu di dalam *cardiac surgical*, *neuro surgical* dan *functional MRI for mind*⁵. Proses morfologi juga digunakan dalam kepolisian untuk identifikasi sidik jari guna memperjelas pola aliran garis tangan yang ada.

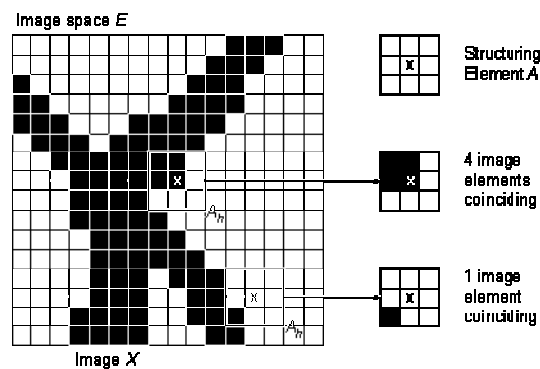
Penataan Elemen & Neighbourhoods

Sebuah penataan elemen (*structuring element*) merupakan blok array bernilai 0 atau 1 berbentuk persegi empat, blok baris, atau blok kolom.



Gambar 2. Contoh Struktur elemen pixel dan pusat penataan elemen digambar dalam bagian abu-abu.

Sebagai pusat penataan elemen berada di tengah blok bila berdimensi ganjil (misal, 3 x 3, atau 5 x 5). Sedangkan untuk blok berdimensi genap, pusat penataan elemen berada di sisi sebelah sisi terdekat dari tengah-tengah blok (misal, blok 4 x 3 dan 4 x 4 maka pusat penataan elemen di [2,2]).



Gambar 3. Penataan elemen yang mengisi daerah asal secara berturutan, satu demi satu.

Penataan elemen merupakan bentuk umum yang digunakan dalam proses morfologi image seperti halnya konvolusi kernel yang sering digunakan dalam proses linear filter suatu image⁴. Saat penataan elemen ditempatkan dalam image biner, masing-masing pixel-nya bertautan dengan pixel *neighbourhood* image asal.

Dilation dan Erosion

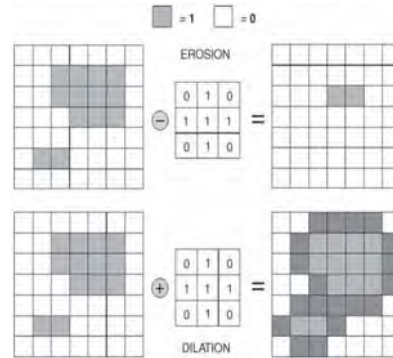
Proses *dilation* dalam morfologi image identik dengan menambahkan pixels dalam lingkup image asal, dengan cara menempatkan satu demi satu pusat penataan elemen untuk masing-masing pixel *background*. Bila sembarang pixel *neighbourhood* bernilai pixel *foreground* (nilai 1) maka pixel *background* dirubah ke *foreground*. Notasi untuk *dilation* dinyatakan sebagai berikut.

$$g(x, y) = f(x, y) \oplus SE$$

Proses *erosion* merupakan proses menghilangkan pixel dalam lingkup objek image dengan cara meletakkan pusat penataan elemen satu demi satu dalam pixel *foreground* (nilai 1).

Bila terdapat pixel *neighbourhood* bernilai pixel *background* (nilai 0), maka nilai *foreground* tersebut di rubah ke *background*. Notasi untuk *erosion* dinyatakan sebagai berikut.

$$g(x, y) = f(x, y) \ominus SE$$



Gambar 4. Erosion dan dilation.

Saat image asal ditutupi dengan blok penataan elemen satu demi satu, nilai pixel hanya akan bernilai tetap saat pusat penataan elemen tepat nilainya (dalam hal ini nilai silang 1) dengan nilai selain pusat menjadi nol. Sedangkan dalam proses *dilation*, pixel asal memiliki nilai sama dengan blok penataan elemen maka nilai pixel *neighborhood*nya berubah menjadi seperti blok penataan elemen.

Dengan proses *erosion* berakibat penyusutan ukuran obyek image sehingga dapat digunakan untuk memisahkan objek yang saling gendeng satu sama lain. Sedangkan *dilation* akan menaikkan ukurannya sehingga dapat menebalkan objek image dan menyambung object yang terputus ataupun meratakan tepi objek yang rusak.



Gambar 5. Proses *erosion* dapat digunakan untuk memisahkan objek yang gendeng.



Gambar 6. Proses *dilation* digunakan untuk menyambungkan objek yang terpecah.

Opening dan Closing

Opening merupakan proses morfologi dengan menggunakan proses *erosion* dan dilanjutkan dengan proses *dilation* menggunakan penataan elemen (*structuring element*) yang sama. Dinyatakan dengan notasi sebagai berikut.

$$f(x, y) \circ SE = (f(x, y) \ominus SE) \oplus SE$$

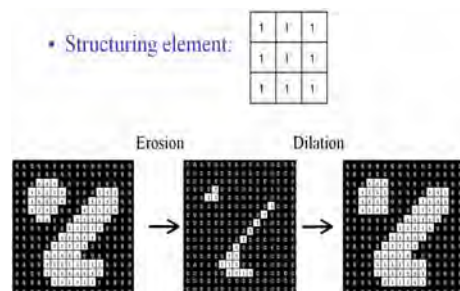
Opening banyak digunakan untuk proses menghilangkan objek kecil dalam suatu image tetapi tetap masih mempertahankan bentuk aslinya.



Gambar 7. Proses *opening* digunakan untuk memisahkan objek dan menghaluskan image

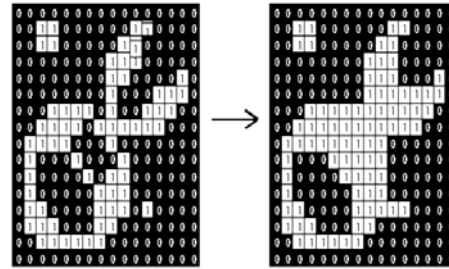
Sedangkan *closing* merupakan proses morfologi dengan cara melakukan operasi *dilation* yang diteruskan dengan operasi *erosion* dengan menggunakan penataan elemen yang sama. Ditulis dengan notasi sebagai berikut.

$$f(x, y) \bullet SE = (f(x, y) \oplus SE) \ominus SE$$



Gambar 8. Contoh penataan elemen 3x3 bernilai biner 1 untuk proses *erosion* dan *dilation*.

Metode *closing* digunakan bila ingin menutup lubang objek dengan tetap mempertahankan bentuk aslinya.

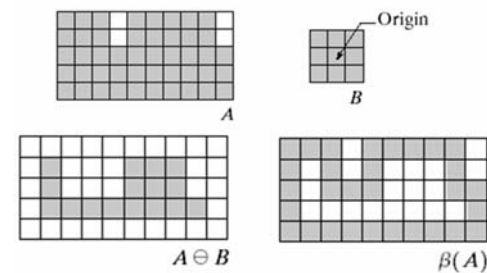


Gambar 9. Proses *closing*, mengisi bagian kosong suatu objek.

Boundary extraction

Proses untuk mendapatkan batas tepi (*boundary*) objek image atau yang dikenal dengan proses *boundary extraction* dapat dilakukan dengan pertama kali melakukan proses *erosion* dengan blok penataan elemen yang kecil yang kemudian hasilnya dikurangi dengan image asal. Notasi *boundary extraction* ditulis sebagai berikut.

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$



Gambar 10. Proses *boundary extraction*



Gambar 11. Hasil yang diperoleh dengan proses *boundary extraction* dengan menggunakan penataan elemen bentuk kotak 3 x 3.

Morphologi dalam Matlab

Untuk beberapa proses dasar morfologi dapat dilaksanakan dengan bantuan software Matlab dari MathWorks Inc (www.mathworks.com), yang tertera dalam tabel berikut.

Tabel 2. Fungsi Matlab dalam proses morfologi

Operasi	Fungsi Matlab	Keterangan
Erosion	imerode	$A \ominus B$
Dilation	imdilate	$A \oplus B$
Opening	imopen	$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$
Closing	imclose	$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$

Berikut ini beberapa hasil yang didapatkan dengan menggunakan software Matlab. Dalam beberapa program terdapat istilah *mask*, *neighborhood*, dan PE yang disini dapat diterjemahkan dengan arti yang sama yaitu bentuk penataan elemen (*structuring element*).

Untuk proses dengan *mask* berbeda didapatkan hasil berbeda. misal *mask A* dengan nilai sebagai berikut:

Neighborhood:

```

1   1   1   1
1   1   1   1
1   1   1   1
1   1   1   1

```

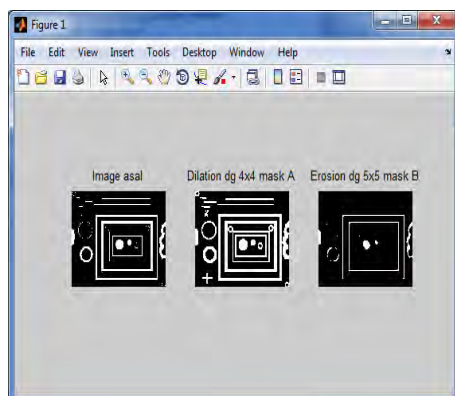
dan mask B dengan nilai sebagai berikut:

Neighborhood:

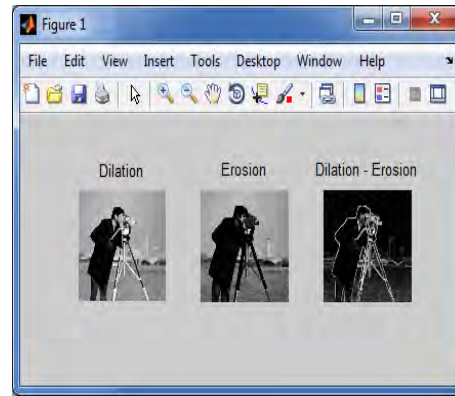
```

0   0   0   0   1
0   0   0   1   0
0   0   1   0   0
0   1   0   0   0
1   0   0   0   0

```



Gambar 12. dilasi dengan mask di A dan erosi dengan mask B.



Gambar 13. hasil proses *dilation*, *erosion* dan gabungannya dengan menggunakan penataan elemen semua bit 1 ukuran 3x3.

Proses yang melibatkan PE (penataan elemen) di I dengan nilai

PE =

Columns 1 through 9

```

1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1

```

Columns 10 through 18

```

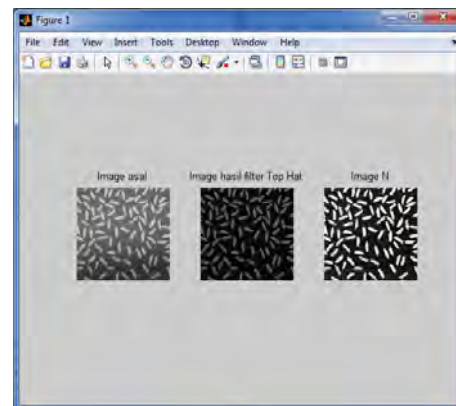
1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1
1   1   1   1   1   1   1   1   1

```

dan PE di J dengan nilai:

[illegible]

Gambar 14. Proses yang melibatkan penataan elemen berbeda posisi.

[illegible]

Gambar 15. Hasil pencerahan image dengan menggunakan filter Top Hat dan PE sejumlah 23x23

Referensi

1. http://www.wordiq.com/definition/Morphological_image_processing
2. yzgrafik.ege.edu.tr/~aybars/ip/.../Morphological%20Operations.ppt
3. Fundamentals of Digital Image Processing, Chris Solomon and Toby Breckon, Wiley-blackwell Press.

4. <http://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci773s1c/lectures/ImageProcessing-html/topic4.htm>
5. Morphological segmentation for Image Processing and visualization, Lixu Gu, J. Robarts Research Institute London.
6. Morphology Lecture on the Image, Thomas Moeslund, Computer Vision and Media Technology Lab. Aalborg University.

Perancangan Filter Bandpass Terkopel Parallel dengan Bantuan MATLAB

Mudrik Alaydrus

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650
E-mail : mudrikalaydrus@yahoo.com

Abstrak — Filter bandpass adalah komponen yang bisa dipergunakan untuk memilih sinyal dengan frekuensi di antara dua frekuensi cut-off yang dimiliki oleh filter bandpass tersebut. Teori filter dengan menggunakan komponen diskret berupa inductor dan kapasitor menerangkan secara mendasar perancangan filter dengan beraneka ragam pendekatan. Di riset ini digunakan pendekatan Butterworth dan Chebychev untuk merancang sebuah filter bandpass pada frekuensi 10 GHz dan lebar pita fraksional FBW sebesar 15%. Implementasi filter ini dilakukan pada saluran transmisi mikrostrip dengan konstanta permitivitas relative 10.2 dan ketebalan 0.635 mm. Metoda yang dikenal dalam perancangan filter secara klasik digabungkan dengan lajur mikrostrip parallel (coupled microstrip lines) ini diotomatisasi dengan program MATLAB, yang dikombinasikan dengan software Sonnet LITE version 13.51 memberikan hasil secara cepat. Perbandingan menunjukkan dengan penambahan ordo dari filter memberikan ketajaman dalam S21 menjadi lebih tinggi. Sedangkan perbandingan filter Butterworth dan Chebychev memberikan justifikasi, filter Chebychev memiliki ketajaman pemfilteran yang lebih tinggi dibandingkan Butterworth untuk ordo yang sama. Ripple sebesar 0,1 dB yang disyaratkan pada perancangan ternyata dari hasil tidak bisa dipenuhi, di sini didapatkan ripple sampai 0,5 dB.

Kata Kunci : Butterworth, Chebychev, Filter bandpass, Mikrostrip, Parallel-Coupled

I. PENDAHULUAN

Tuntutan akses komunikasi kapan saja dan di mana saja mendorong penggunaan komunikasi nirkabel (*wireless*) menjadi berkembang dengan cepat, dan penetrasinya di masyarakat sangat besar dan cepat. Pemakaian sistim ini oleh banyak pihak memaksa penyedia jasa tak hanya memikirkan jangkauan (*coverage*) jaringan yang luas dan besar, tetapi juga harus ada jaminan kapasitas (*capacity*) dan kualitas (*QoS*, *Quality of Service*) yang cukup dan baik. Jaminan di atas hanya bisa didapatkan jika komponen hardware penyusun layer fisik dari jaringan tersebut bekerja dengan optimal.

Di dalam sistim telekomunikasi yang menggunakan gelombang elektromagnetika sebagai sinyal pembawa informasi, penggunaan spectrum merupakan suatu keniscayaan. Tidak ada aplikasi yang menggunakan gelombang elektromagnetika ini untuk transmisi data yang tidak menggunakan suatu lebar spectrum tertentu. Penggunaan spectrum ini biasa diatur secara tegas, di frekuensi berapa setiap sistim bekerja dan seberapa lebar interval frekuensi (*bandwidth*) dipakai. Penggunaan spectrum yang tidak teratur akan mengakibatkan interferensi yang menyebabkan pengiriman informasi menjadi terganggu.

Filter, dalam hal ini filter bandpass adalah suatu sistim yang memainkan peranan penting dalam proses manajemen spectrum ini. Performansi filter bandpass, yang dirancang untuk meloloskan sinyal pada frekuensi tertentu dan menahan sinyal pada frekuensi lainnya (menolak atau meredam dengan factor yang sangat besar), akan menentukan performansi sistim telekomunikasi secara keseluruhan. Di awal dari proses perancangan diberikan suatu tuntutan tertentu, yaitu frekuensi kerja f_0 dan lebar pita kerja filter, yang sering dinyatakan dalam lebar pita fraksional FBW. Juga seringkali diberikan suatu batasan tambahan untuk menentukan ketajaman pemfilteran filter (*sharpness of flank*), misalnya peredaman minimal pada frekuensi di wilayah tolak. Batasan yang disebutkan terakhir ini akan memberikan nilai ordo dari filter yang dirancang.

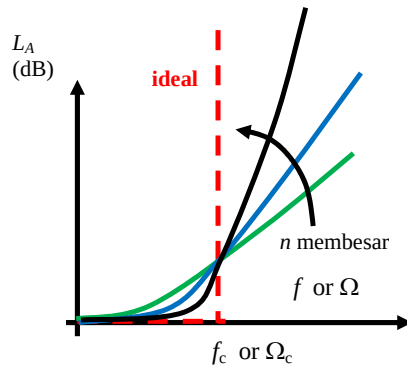
Di penelitian ini akan dirancang filter bandpass, yang diimplementasikan pada teknologi mikrostrip. Prinsip analisa dan perancangan saluran transmisi mikrostrip bisa ditemukan di [1].

Dalam rangka memenuhi tuntutan yang diberikan kepada filter yang akan dirancang dilakukan beberapa pendekatan, seperti pendekatan Butterworth, Chebychev dan lainnya, yang diharapkan bisa mendekati karakteristik dari factor refleksi atau factor transmisi yang diminta. Pendekatan Butterworth misalnya melakukan pendekatan dengan karakter kurva yang monoton dengan menuntut kondisi datar secara maksimal di wilayah lolos dan securam mungkin di wilayah

stop. Untuk mendapatkan karakter seperti itu digunakan pendekatan [2]

$$|S_{21}(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \Omega^{2N}} \quad (1)$$

Tergantung dari nilai N yang digunakan akan didapatkan hasil yang semakin curam (gambar 1).



Gambar 1. Karakteristik filter Butterworth

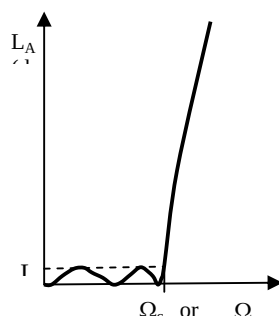
Untuk mendapatkan karakter maximal flat ini komponen yang digunakan harus memiliki nilai-nilai seperti yang diberikan di tabel 1. Penggunaan nilai-nilai ini akan diterangkan di bagian II.

Tabel 1 Nilai elemen untuk filter Butterworth dengan $g_0 = 1$ dan nilai -3dB factor transmisi pada $\Omega = 1$

N	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
1	2.0000	1.0			
2	1.4142	1.4142	1.0		
3	1.0000	2.0000	1.0000	1.0	
4	0.7654	1.8478	1.8478	0.7654	1.0

Nilai komponen/elemen yang diberikan di table 1 sebenarnya bisa dihitung dengan rumus tertentu, yang diberikan di [2].

Pendekatan Chebychev dilakukan seperti halnya pada pendekatan Butterworth, tetapi pada wilayah lolos tidak disyaratkan maximal flat, justru di sini diperbolehkan terbentuknya ripple, yaitu naik turunnya nilai factor transmisi sampai suatu besaran tertentu, misalnya 0,1 dB, atau bahkan 1 dB.



Gambar 2. Karakteristik filter Chebychev

Gambar 2 menunjukkan ripple pada wilayah lolos dari filter dengan pendekatan Chebychev tersebut. Dengan diperbolehkannya ripple ini, diharapkan terbentuk selektifitas yang lebih tinggi di wilayah stop (kurva menanjak lebih cepat).

Pendekatan Chebychev ini diberikan secara persamaan matematika melalui

$$|S_{21}(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 T_N^2(\Omega)} \quad (2)$$

yang mana ε adalah besaran ripple dan T_N adalah fungsi Chebychev.

Untuk mendapatkan karakter dengan ripple ini, komponen yang digunakan harus memiliki nilai-nilai seperti yang diberikan di tabel 2. Penggunaan nilai-nilai ini akan diterangkan di bagian II.

Tabel 2 Nilai elemen untuk filter Chebychev (ripple 0,1 dB) dengan $g_0 = 1$ dan nilai -3dB factor transmisi pada $\Omega = 1$

N	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6
1	0.3052	1.0				
2	0.8431	0.6220	1.3554			
3	1.0316	1.1474	1.0316	1.0		
4	1.1088	1.3062	1.7704	0.8181	1.3554	
5	1.1468	1.3712	1.9750	1.3712	1.1468	1.0

Nilai komponen/elemen yang diberikan di tabel 2 juga bisa dihitung dengan rumus tertentu, yang diberikan di [2].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan filter bandpass dengan teknik terkopel secara parallel diperkenalkan di [2], yang mana masing-masing terdapat dua lajur mikrostrip simetris dengan lebar W yang diatur berdekatan dengan jarak s . Keduanya akan saling terkopel sehingga dengan panjang L akan dihasilkan struktur resonansi, seperti ditunjukkan di gambar 3. Filter yang berordo N akan memberikan $N+1$ buah resonator. Resonator tersusun secara simetris dari sisi input ke output, sesuai dengan nilai komponen yang diberikan di tabel 1 dan 2. Jika N ganjil, misalnya 3, maka akan ada 4 buah resonator. Resonator 1 dan 4 bergeometri sama, sedang resonator 2 dan 3 mempunyai besar yang sama. Jika $N = 4$, akan ada 5 buah resonator, dengan perincian, resonator 1 sama dengan resonator 5, resonator 2 sama dengan 4, dan resonator 3 mempunyai bentuk yang berbeda dari yang lain.

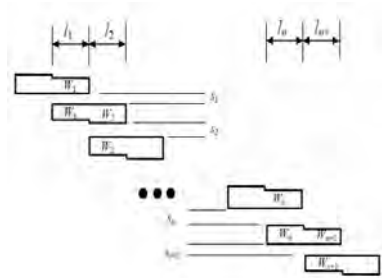
Ada tiga buah persamaan penting yang digunakan untuk merancang filter bandpass terkopel parallel ini, yaitu

$$\frac{J_{01}}{Y_o} = \sqrt{\frac{\pi FBW}{2g_0g_1}} \quad (3)$$

$$\frac{J_{N,N+1}}{Y_o} = \sqrt{\frac{\pi FBW}{2g_Ng_{N+1}}} \quad (4)$$

dan untuk $j=1 \dots N-1$

$$\frac{J_{j,j+1}}{Y_o} = \frac{\pi FBW}{2} \frac{1}{\sqrt{g_jg_{j+1}}} \quad (5)$$



Gambar 3. Struktur filter bandpass terkopel paralel

FBW adalah lebar pita fraksional yang diberikan sebagai tuntutan terhadap filter bandpass, g_j didapat dari tabel 1 dan 2, $Y_o = 1/Z_o$ adalah admitansi karakteristik dari saluran mikrostrip yang digunakan, biasanya dipakai $Z_o = 50$ ohm, dan $J_{j,j+1}$ adalah admitansi karakteristik dari inverter J.

Dengan data admitansi karakteristik dari inverter ini, bisa dihitung impedansi karakteristik mode genap dan ganjil (even- and odd-mode) saluran mikrostrip terkopel paralel yang divisualisasikan di gambar 3, dengan persamaan-persamaan

$$(Z_{oe})_{j,j+1} = \frac{1}{Y_o} \left[1 + \frac{J_{j,j+1}}{Y_o} + \left(\frac{J_{j,j+1}}{Y_o} \right)^2 \right] \quad (6)$$

$$(Z_{oo})_{j,j+1} = \frac{1}{Y_o} \left[1 - \frac{J_{j,j+1}}{Y_o} + \left(\frac{J_{j,j+1}}{Y_o} \right)^2 \right] \quad (7)$$

untuk $j=0 \dots N$.

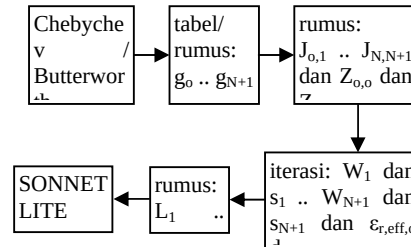
Penentuan nilai W dan s untuk setiap pasang resonator didapatkan dengan persamaan-persamaan yang diberikan di [4] atau [5]. Karena persamaan yang diberikan tidak bisa disolusikan secara analitis untuk problem perancangan, maka di penelitian ini, digunakan proses iterative untuk mendapatkan pasangan data W dan s , dan dari prosedur yang sama juga akan didapatkan permitivitas relative efektif masing-masing untuk modus genap dan ganjil.

Dengan permitivitas tersebut bisa didapatkan panjang mikrostrip terkopel paralel ini, yaitu sebesar $\frac{1}{4}$ panjang gelombang

$$L = \frac{1}{4} \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{r,eff,e} \cdot \epsilon_{r,eff,o}}} - \Delta L \quad (8)$$

Panjang ini tereduksi sebesar ΔL , karena efek kapasitif di ujung saluran transmisi yang terbuka (*open*) sesuai dengan yang diberikan di [5].

Gambar 4 menunjukkan diagram alir dari proses perancangan filter bandpass terkopel paralel di dalam Matlab [6]. Yang diperlukan hanya memberikan data frekuensi kerja f_o dan FBW, serta memilih jenis pendekatan Butterworth atau Chebychev dan ordonya N .



Gambar 4. Flowchart perancangan filter bandpass secara otomatis dengan Matlab dan Sonnet

Matlab akan menghasilkan nilai elemen g_j , yang diikuti dengan menghitung impedansi karakteristik modus genap dan ganjil untuk setiap resonator, dan dilanjutkan dengan menentukan lebar strip W dan separasinya s secara iterative. Jika W dan s ditemukan, secara otomatis akan didapatkan permitivitas relative efektif untuk kedua modus kerja struktur simetris ini, yang akan dibutuhkan untuk menghitung L dengan persamaan (8).

Data geometri yang didapatkan dari Matlab akan dikirim ke program Sonnet-Lite versi 13.51 [7], sehingga bisa dilakukan perhitungan secara 'full-wave', yang diyakini sebagai perhitungan yang paling akurat. Di website dari Sonnet Software inc. ini bisa didapatkan program dalam Matlab yang bisa menghasilkan data yang bisa digunakan oleh program Sonnet, berikut eksekusinya di lingkungan Matlab. Kumpulan program Matlab ini bernama SonnetLab versi 4.01.

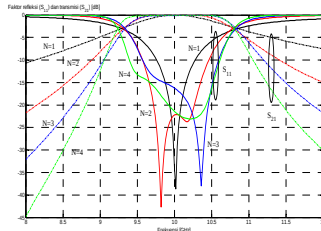
III. HASIL PERANCANGAN

Berikut ini dilakukan perancangan filter bandpass dengan frekuensi kerja $f_o = 10$ GHz dan FBW = 0,15. Tabel 3 memberikan data geometris dari filter bandpass untuk pendekatan Butterworth masing-masing untuk $N = 1, 2, 3$ dan 4.

Tabel 3. Data geometris filter bandpass untuk pendekatan Butterworth

N	1	2	3	4
W_1	0.4413	0.3937	0.3385	0.2902
L_1	2.6996	2.7166	2.7358	2.7523
s_1	0.2165	0.1689	0.1308	0.1118
W_2		0.5531	0.5531	0.5366
L_2		2.6499	2.6499	2.6590
s_2		0.5372	0.5372	0.4451
W_3				0.5702
L_3				2.6385
s_3				0.6991

Gambar 5 memberikan plot dari factor refleksi dan factor transmisi dari hasil tersebut. Terlihat dengan jelas untuk $N = 1$ didapatkan nilai refleksi yang sangat kecil untuk frekuensi 10 GHz (< -35 dB) dan factor transmisinya mencapai nilai -3 dB pada frekuensi 9,25 GHz dan 10,75 GHz (atau 1,5 GHz lebar pita/ 15% dari 10 GHz).



Gambar 5. Faktor refleksi dan transmisi dengan pendekatan Butterworth.

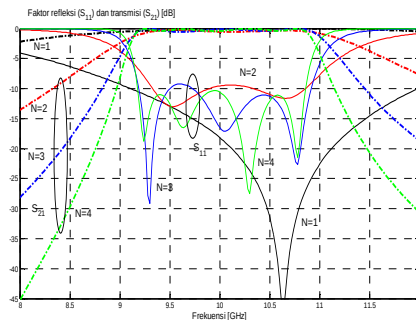
Tetapi untuk ordo yang kecil ini $N = 1$, didapatkan selektivitas filter yang tidak terlalu bagus, karena factor transmisi yang sangat landai, misalnya sinyal 8 GHz hanya teredam sebesar 10 dB, yang pada banyak aplikasi sangatlah tidak memadai. Dengan menambahkan komponen tambahan (menggunakan ordo yang lebih tinggi, $N = 2, 3$ dan 4) didapatkan factor transmisi yang lebih selektif, misalnya peredaman yang lebih besar dari 40 dB untuk $f = 8$ GHz pada $N = 4$. Juga pada interval 9,25 GHz sampai 10,75 GHz didapatkan factor refleksi yang membaik. Tetapi yang perlu jadi catatan di sini, seharusnya jumlah N yang digunakan memberikan jumlah minimum yang sama, yang mana hal ini hanya ditemukan pada $N = 1$ dan $N=2$, sedangkan pada $N=3$ didapatkan hanya dua minimum dan pada $N = 4$ tidak terlalu jelas jumlah minimumnya.

Tabel 4. Data geometris filter bandpass untuk pendekatan Chebychev

N	1	2	3	4
W_1	0.1270	0.3080	0.3435	0.3562
L_1	2.8166	2.7462	2.7340	2.7298
s_1	0.0864	0.1181	0.1340	0.1403
W_2		0.4547	0.5264	0.5378
L_2		2.6948	2.6643	2.6583

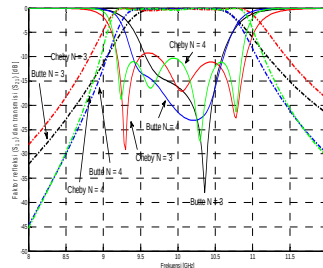
s_2		0.2324	0.4007	0.4515
W_3				0.5588
L_3				2.6465
s_3				0.5785

Usaha lain yang dilakukan berikutnya adalah pendekatan Chebychev, yaitu dengan mengorbankan wilayah lolos menjadi memiliki ripple. Tabel 2 memberikan data geometris dari filter bandpass pendekatan Chebychev, sedangkan factor refleksi dan transmisi ditampilkan di gambar 6.



Gambar 6. Faktor refleksi dan transmisi dengan pendekatan Chebychev.

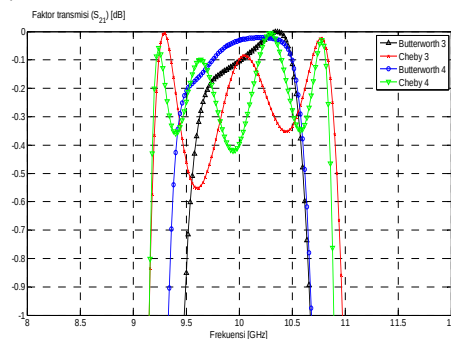
Tendensi membaiknya selektivitas filter jika ordo dinaikkan kembali bisa ditemui di sini, dan terlihat terjadi kesamaan hipotesa dari pendekatan teori mengenai jumlah minimum dari factor refleksi, yang sesuai dengan ordo N yang digunakan. Tetapi uniknya untuk $N = 1$ terjadi pergeseran minimum dari 10 GHz ke sekitar 10,6 GHz.

Gambar 7. Perbandingan faktor refleksi dan transmisi dengan pendekatan Butterworth dan Chebychev untuk $N=3$ dan 4 .

Gambar 7 menunjukkan perbandingan dari factor refleksi dan transmisi dari pendekatan Butterworth dan Chebychev untuk ordo $N=3$ dan 4 , terlihat pendekatan Chebychev memiliki selektivitas yang lebih baik, karena kurva factor transmisinya lebih curam.

Gambar 8 menunjukkan karakter dari factor transmisi kedua pendekatan untuk $N=3$ dan 4 di wilayah lolos. Terlihat untuk pendekatan Butterworth, factor transmisinya memiliki karakter

monoton, sedangkan untuk pendekatan Chebychev terbentuk ripple. Yang juga menjadi catatan di sini adalah ripple yang terbentuk jauh lebih besar dari yang diharapkan 0,1dB. Di gambar 8 terlihat ripple sampai -0.55 dB pada $N = 3$ dan -0.43 dB pada $N = 4$.



Gambar 8. Zoom dari faktor transmisi pendekatan Butterworth dan Chebychev di wilayah lolos.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan software Sonnet-Lite yang dibantu software Matlab telah memberikan cara yang sangat efisien untuk merancang filter bandpass terkopel paralel. Opsi yang ada saat ini hanya untuk pendekatan Butterworth dan Chebychev. Hasil perhitungan yang didapatkan sangat menjanjikan, karena hampir semua hipotesa yang dimiliki oleh teori filter bisa diverifikasikan dengan bantuan software Sonnet-Lite. Beberapa

deviasi seperti jumlah minimum dari factor refleksi pada pendekatan Butterworth yang tidak sesuai, ripple yang besar pada pendekatan Chebychev perlu mendapatkan pengamatan yang lebih pada riset selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mudrik Alaydrus (2009). *Saluran Transmisi Telekomunikasi*. Graha Ilmu, Jogjakarta.
- [2] Matthaei, G.L., Young, L., Jones, E.M.T (1980). *Microwave Filters, Impedance-Matching Networks, and Coupling Structures*, Artech House, Ma..
- [3] Mudrik Alaydrus (2010). Designing Microstrip Bandpass Filter at 3.2 GHz, *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, Vol. 2, No. 2, pp.71-83.
- [4] Kirschning, M, Jansen, R.H. (1985). Accurate wide-range design equations for parallel coupled microstrip lines", *IEEE Trans. MTT-32*, Jan. 1984, pp. 83-90. Corrections in *IEEE Trans. MTT-33*, March 1985, p.288.
- [5] Hong, J.S, Lancaster, M.J. (2001). *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. Wiley, New York.
- [6] NN (2009). Matlab, www.mathworks.com
- [7] www.sonnetsoftware.com (2011).

Design of Sensory Station System for Modular Mechatronics System at Polteknik Manufaktur Astra

Syahril Ardi¹, M. Hidayat², Yanuar Azhari³

Faculty Member of UT School¹

Program Studi Teknik Produksi & Proses Manufaktur, Politeknik Manufaktur Astra^{1,2,3}

Jl. Gaya Motor Raya No. 8, Sunter II, Jakarta 14330, Indonesia

E-mail: syahril.ardi@polman.astra.ac.id¹, m.hidayat@polman.astra.ac.id²

Abstrak -- Developing to mechatronics module system has been a need for complementary mechatronics learning system that a whole and integration in the conveyor belt system. We had designed a station that can use function of sensors for knowing and determining the position of work part as accurately. The work process of sensory system station is to know and to determine the position of work part on the pallet, is the position where definition or not. After that, this position will be informed to turning device station. Based on the testing design of sensory system station, the use of 3 fiber optic sensor (NPN type with dual adjuster, input 12-24 volt DC), the sensor can read for 4 different position of the work part. The distance optic cable from fiber optic sensor to work part is 8 mm. While, the distance of reading fiber optic sensor is 37 mm (if vertical with the part, but it can be adjusted with the dual adjuster), and the minimum reading of diameter is 0.03 mm.

Kata kunci: sensory system station, conveyor belt system, fiber optic sensor

I. PENDAHULUAN

Proses pembelajaran mekatronika yang dapat merangkum berbagai fungsi & spesifikasi sistem mekatronika serta saling terintegrasi, menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting [1]. Oleh karena itu, penulis melakukan pengembangan pembuatan *Modular Mechatronics System*. Modul ini secara lengkap terdiri dari 6 station yang saling berhubungan dan dipasang di atas sebuah *Conveyor Belt System*. Konveyor yang digunakan memakai sistem kontrol PLC. Keenam station dalam *Modular Mechatronics System* tersebut adalah sebagai berikut:

- Magazine Station
- Sensory System Station
- Turning device System Station
- Press Station
- Rotary Gripper Station
- Storage Robot Station

Di sini penulis membuat salah satu station yang ada, yaitu *Sensory System Station*. *Sensory*

System Station adalah sebuah modul yang memanfaatkan fungsi dari beberapa sensor untuk mengetahui posisi sebuah benda kerja yang kemudian diinformasikan ke station berikutnya.

Dalam pembuatan *Sensory System Station* ini penulis menggunakan piranti lunak *Pro Engineer Wildfire* terutama dalam perancangan dan analisisnya.

Berdasarkan masalah yang ada di atas, maka tujuan penelitian ini adalah “bagaimana membuat sebuah *Modular Mechatronics System Sensory System Station* dengan memperhitungkan dimensi benda kerja, jenis sensor, jarak sensor, serta *wiring terminal* agar dapat berfungsi sesuai prosedur.”

II. METODOLOGI PENELITIAN

Di dalam memperoleh data dan analisa dalam penelitian ini, diterapkan metode-metode sebagai berikut:

- Studi Pustaka. Metode ini dilakukan untuk melengkapi teori yang dibutuhkan oleh penulis. Penulis mengumpulkan data dari *website* dan *manual book* yang berkaitan dengan pembuatan *Modular Mechatronics System Sensory System Station*.
- Studi Lapangan, yaitu observasi. Metode ini dilakukan dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap aktivitas di lapangan yang berhubungan dengan masalah, dalam hal ini penulis melakukan pembuatan *Modular Mechatronics System Sensory System Station*.

2.1 Sensory System Station

Sensory System Station adalah salah satu dari enam station yang ada di *Modular Mechatronics System* yang memiliki fungsi berbeda-beda [2]. Berikut ini adalah urutan proses sekaligus fungsi stationnya masing-masing:

1. *Magazine*, berfungsi untuk memasukkan benda kerja ke dalam *pallet* yang berjalan di atas konveyor.
2. *Sensory System*, berfungsi untuk mengetahui posisi benda kerja yang berada di *pallet*, apakah dalam posisi yang ditentukan atau tidak, yang kemudian diinformasikan ke *Turning Device Station*.

3. *Turning Device*, berfungsi berfungsi untuk membalik ataupun memutar posisi benda kerja sesuai posisi yang diinginkan, setelah mendapat informasi dari *Sensory System Station*.
4. *Press*, berfungsi untuk memasukkan suatu pin yang berbentuk silinder kecil yang kemudian dimasukkan ke dalam lubang yang telah ada pada benda kerja.
5. *Rotary Gripper*, berfungsi untuk memindahkan benda kerja ke *station* berikutnya sebesar 180° .
6. *Storage Robot*, berfungsi untuk memindahkan benda kerja dari *Rotary Gripper Station* untuk disimpan ke tempat yang sudah disediakan.

Sensory System Station ini dipasang tepat di atas konveyor sesuai dengan posisinya. Gambar 1 memperlihatkan sistem roda berjalan. Sebelum membuat rancangan *Sensory System Station* diperlukan data awal sebagai acuan, yaitu:

- a. Konveyor



Gambar 1 Conveyor Belt System

Spesifikasinya:

Ukuran rel : Lebar 80mm dan tinggi 40mm

Jarak antara rel : 95mm

Bahan : Aluminium *Profile*

- b. Benda kerja (Gambar 2)



Gambar 2 Benda Kerja

Gambar 3 di bawah memperlihatkan gambar rancangan *Sensory System Station* yang dibuat:



Gambar 3 Sensory System Station

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan *Sensory System Station*, penulis melakukan analisa posisi sensor terhadap benda kerja. Hasilnya adalah 4 posisi pembacaan sensor yang berbeda. Gambar 4 memperlihatkan posisi sensor terhadap benda kerja. Penjelasan secara lengkap adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Posisi Sensor Terhadap Benda Kerja

Dari posisi sensor terhadap benda kerja, dapat diketahui bahwa setiap posisi memiliki perbedaan dalam hal pembacaan sensor terhadap benda kerja. Oleh karena itu, untuk mempermudah penentuan pembacaan sensor terhadap benda kerja tersebut, dibuatkan tabel kebenarannya, seperti terlihat pada Tabel 1, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Kebenaran

sensor posisi	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
Posisi 1	1	0	1
Posisi 2	0	1	0
Posisi 3	0	0	1
Posisi 4	0	0	0

3.1 Standar Pengoperasian untuk *Fiber Optic Sensor BF3RX*

Sensor-sensor yang digunakan pada *Sensory System Station* ini mempunyai *dual adjuster* yang digunakan untuk mengatur sensitifitas atau jarak pembacaan sensor terhadap benda.

Dual adjuster tersebut terdiri dari *coarse* dan *fine*. Penulis telah menganalisa dan menentukan standar pengoperasian sensor-sensor tersebut dengan cara mengubah posisi *dual adjuster* tersebut agar sensor-sensor dapat melakukan pembacaan terhadap benda kerja sesuai dengan posisi yang diinginkan. Penjelasan sebagai berikut:

Tabel 2. Posisi *Dual Adjuster*

sensor posisi	Coarse	Fine
Sensor 1	Arah Jam 1	Arah Jam 3
Sensor 2	Arah Jam 4	Arah Jam 3
Sensor 3	Arah Jam 4	Arah Jam 3

Untuk mempermudah dalam pengaturan dari Tabel 2 di atas, dapat dilihat dari Gambar 5 di bawah ini:

Gambar 5 Posisi *Dual Adjuster*

3.2 Wiring Terminal

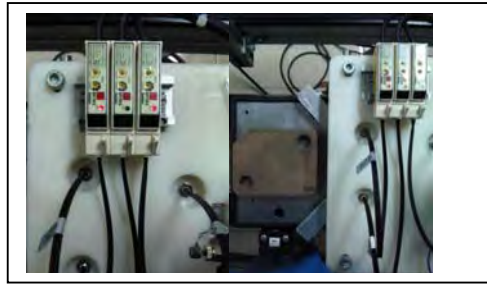
Dalam pembuatan *Sensory System Station*, penentuan pemasangan kabel-kabel (*wiring terminal*) harus diperhatikan agar tidak terjadi kesalahan yang dapat menimbulkan kerusakan pada *part-part* elektrik yang ada pada *station*. Gambar 6 memperlihatkan wiring terminal.



Gambar 6 Wiring

3.3 Pengujian *Fiber Optic Sensor BF3RX*

Pengujian sensor-sensor terhadap benda kerja adalah dengan cara menyambungkan *input* ke sumber tegangan 24VDC. Kemudian memasukkan benda kerja sampai batas *stopper*, sehingga pembacaan posisi sesuai dengan keinginan.



Gambar 7 Pengujian Posisi 1

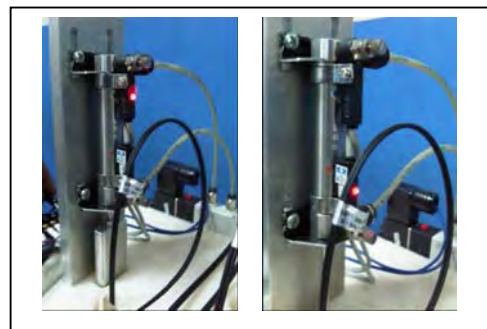
Berikut ini adalah tabel pengujian dari *Fiber Optic Sensor BF3RX* berdasarkan gambar di atas:

Tabel 3. Pengujian Sensor

No.	Pengujian	OK	NG
1	Pada posisi 1, lampu sensor 1 dan sensor 3 menyala, lampu sensor 2 mati	v	
2	Pada posisi 2, lampu sensor 1 dan sensor 3 mati, sensor 2 menyala	v	
3	Pada posisi 3, lampu sensor 1 dan sensor 2 mati, sensor 3 menyala	v	
4	Pada posisi 1, semua lampu pada sensor mati	v	

3.4 Pengujian Silinder Pneumatik

Pengujian terhadap silinder pneumatik yang digunakan sebagai *stopper* adalah dengan memasukkan angin bertekanan ke dalam lubang silinder. Gambar 8 memperlihatkan pengujian silinder pneumatik. Sedangkan Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian silinder pneumatic tersebut.



Gambar 8 Pengujian Silinder

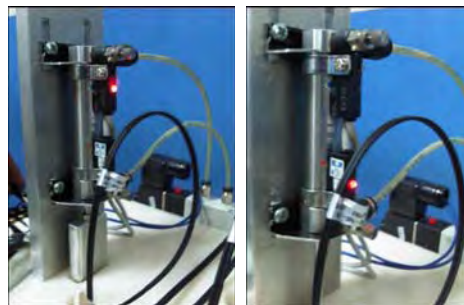
Tabel 4 Pengujian Silinder

No.	Pengujian	OK	NG
1	Sebelum diberi tekanan, posisi silinder berada di atas	v	
2	Setelah diberi tekanan, posisi silinder berada di bawah	v	

3.5 Pengujian MCS (Magnetic Cylinder Sensor) dan Control Valve [3, 4]

Pengujian terhadap MCS (*Magnetic Cylinder Sensor*) dilakukan dengan menyambungkan *input* dengan sumber tegangan 24VDC dan menyambungkan *output* dengan beban, seperti terlihat pada Gambar 9 di bawah.

Gambar 9 Pengujian MCS



Tabel 5 memperlihatkan hasil pengujian MCS berdasarkan Gambar 9 di atas.

No.	Pengujian	OK	NG
1	Jika silinder berada di atas (jarak minimum), maka magnet silinder juga berada di atas sehingga MCS jarak minimum silinder menyala	v	
2	Jika silinder berada di bawah (jarak maksimal), maka magnet silinder juga berada di bawah sehingga MCS jarak maksimal silinder menyala	v	



Gambar 10 Pengujian Control Valve

Gambar 10 memperlihatkan pengujian control valve. Sedangkan Tabel 6 memperlihatkan hasil pengujian *Control Valve*.

Tabel 6. Pengujian *Control Valve*

No.	Pengujian	OK	NG
1	Sambungkan input ke sumber tegangan 24 VDC, lampu LED menyala dan solenoid aktif sehingga katup valve berpindah posisi.	v	

IV. KESIMPULAN

Proses kerja *Sensory System Station* adalah untuk mengetahui posisi benda kerja yang berada di *pallet*, apakah dalam posisi yang ditentukan atau tidak. Posisi ini kemudian diinformasikan ke *Turning Device Station*. Berdasarkan rancang bangun pembuatan *Sensory System Station*, disimpulkan sebagai berikut:

1. Dimensi *station* p x l x t = 250mm x 235mm x 152mm
2. Pemakaian 3 *Fiber Optic Sensor* tipe NPN dilengkapi *dual adjuster*, dengan *input* 12-24VDC, didapatkan bahwa sensor mampu membaca 4 posisi yang berbeda pada benda kerja.
3. Satu buah silinder pneumatik *double acting silinder* sebagai *stopper*. Dilengkapi dengan 2 MCS sebagai pembaca jarak maksimal dan minimal silinder. *Control Valve* yang digunakan adalah solenoid, *single spring* dengan katup 5/2 dan memiliki *input* 24VDC.
4. Jarak ujung (kabel *optic*) dari *Fiber Optic Sensor* ke benda kerja = 8mm
5. Jarak pembacaan *Fiber Optic Sensor* = kurang lebih 37mm (jika tegak lurus dengan benda, tetapi dapat diatur dengan *Dual Adjuster*.), dan pembacaan diameter = minimal 0.03mm

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jaja Kustija, M.Sc. Pusat Pengembangan Bahan Ajar UMB
- [2] Frank D. Petruzella, 1995, *Industrial Electronics*, Mc Graw Hill.
- [3] *Magnetic Sensor Cylinder Data Sheet*. Diakses 5 Agustus 2009 dari <http://www.smcetech.com>.
- [4] 2009 dari <http://www.airtacworld.com.cn>.

Robot Pemanjat Tiang

Yudhi Gunardi dan Budi Wibowo

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

E-mail: yudhiyg@gmail.com

Abstrak—Kemajuan teknologi yang semakin pesat terutama dalam bidang teknologi robotika telah memasuki berbagai segi kehidupan manusia yang dalam aplikasinya mulai dari bidang otomatisasi industri militer intertainment maupun dalam bidang medis. Pada prinsipnya tujuan penciptaan robot tersebut adalah untuk membantu menyelesaikan tugas manusia yang sulit atau bahkan tak mungkin dikerjakan oleh manusia. Dengan tujuan untuk membantu tugas pemanjatan yang pada umumnya sangat beresiko dan dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan maka dibuatlah robot pemanjat tiang ini. Robot pemanjat tiang adalah robot yang memiliki kemampuan untuk melakukan pemanjatan. Untuk mengoperasikan robot ini dapat dilakukan secara manual. Seluruh proses yang terjadi pada robot ini dikendalikan oleh mikrokontroler yang merupakan pengontrol utama.

Kata kunci : robot, mikrokontroler AT89S52, motor servo

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam berbagai bidang kehidupan yang semakin pesat menuntut kita untuk mampu menyelesaikan permasalahan yang semakin kompleks, untuk itu diperlukan penyelesaian-penyelesaian baru yang lebih efektif dan efisien untuk mengatasi permasalahan tersebut. Robot merupakan salah satu alternatif pilihan yang terbaik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan manusia yang rumit dan berbahaya bagi manusia. Di negara-negara maju seperti Jepang, Amerika Serikat, dan Cina pemakaian teknologi robot dalam bidang industri sudah bukan hal yang baru lagi, dan tiap tahun pemanfaatan teknologi robot ini terus meningkat.

Robot adalah reka bentuk manipulasi multifungsi untuk memindahkan barang atau peralatan khusus melalui gerakan pengaturan perubahan dan pelaksanaan tugas bervariasi. Dimana robot mempunyai kelebihan yaitu dapat melakukan pekerjaan yang sama terus-menerus dengan akurasi tinggi, dan kecepatan tinggi.

Pada dasarnya untuk bisa memanjat tiang dan melakukan aktivitas di ketinggian tertentu seseorang harus memiliki kemampuan, keberanian

dan kesehatan yang mencukupi karena tanpa hal tersebut bisa saja seseorang tersebut terjatuh, tanpa terpenuhinya persyaratan tersebut maka kemungkinan terjadinya kecelakaan akan semakin besar dan hal ini dapat mengancam keselamatannya maupun orang lain. Selain itu orang yang mempunyai kemampuan dan persyaratan tersebut sangat terbatas jumlahnya. Di lain pihak tidak sedikit pekerjaan manusia yang harus dilakukan di ketinggian dan selama ini pekerjaan tersebut masih dilakukan oleh tenaga manusia, karena mengingat pentingnya pekerjaan ini untuk dilakukan meskipun mengandung resiko kecelakaan yang tidak kecil. Maka dengan alasan tersebut dalam penelitian ini saya ingin mengaplikasikan teknologi robot guna membantu kepentingan manusia khususnya yang berhubungan dengan ketinggian yaitu dengan membuat robot pemanjat tiang. Robot pemanjat tiang yang dibuat ini harus mampu melakukan tugas pemanjatan dengan baik. Robot dioperasikan secara manual. Guna menunjang kemudahan dan kelancaran robot saat melakukan pemanjatan, mekanik robot harus di desain dengan se-efektif mungkin.

1.2 Tujuan Penelitian

Mengaplikasikan teknologi robot guna membantu kepentingan manusia khususnya yang berhubungan dengan ketinggian yaitu dengan membuat robot pemanjat tiang. Robot pemanjat tiang ini mampu memanjat tiang yang tinggi, selain tidak membutuhkan media lain untuk memanjat seperti tali dan lainnya robot pemanjat tiang ini dapat memanjat tiang dengan diameter yang sudah ditentukan dan bergerak secara otomatis sampai ketinggian tertentu sesuai keinginan kita.

1.3 Perumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan diatas maka perumusan masalah akan ditekankan pada:

1. Bagaimana merancang sebuah robot yang se-efektif mungkin untuk dapat melakukan pemanjatan tiang.
2. Bagaimana membuat program Bascom pada mikrokontroler AT89S51 untuk mengendalikan seluruh gerakan robot.

1.4 Batasan Masalah

1. Membuat robot yang bisa memanjat dan turun dengan setting manual. Dan pada robot ini dibuat 6 kali naik dan kali turun. Dengan setting time 7 Detik robot akan diam saat berada dipuncak untuk persiapan turun.
2. Sistem pengujian alat adalah dengan menjalankan robot yang sudah diprogram dengan menggunakan pipa paralon sebagai media pemanjatan.

II. TEORI DASAR

2.1 Sistem Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip* mikrokomputer. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC yang memiliki beragam fungsi. Perbedaan lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara komputer dengan mikrokontroler. Dalam mikrokontroler, ROM jauh lebih besar dibanding RAM. Sedangkan dalam komputer, RAM jauh lebih besar dibanding ROM.

2.2. Mikrokontroler AT89S51

Penguasaan program BASCOM sangat didukung oleh pemahaman perangkat keras mikrokontroler yang baik karena setiap langkah dalam program pasti berhubungan dengan perangkat kerasnya. Hal itulah yang membedakan BASCOM dengan pemrograman lainnya.

Mikrokontroler AT89S51 memiliki beberapa fitur, di antaranya:

Fitur:

1. Kompatibel dengan produk MCS-51.
2. 8 kbyte *In System Programmable Flash Memory*.
3. Dapat diprogram sampai 1000 kali pemrogram.
3. Tegangan kerja 4,0V – 5,0V.
4. Beroperasi antara 0 – 33 MHz.
5. Tiga Tingkatan Program *memory lock*.
6. 256 x 8 bit RAM internal.
7. 32 saluran I/O.
8. Tiga buah *Timer / Counter* 16 bit.
9. Delapan buah Sumber Interupsi.
10. Saluran UART serial *full duplex*.

2.3. Bascom-8051

BASCOM-8051 adalah program BASIC *compiler* berbasis Windows untuk mikrokontroler keluarga 8051 seperti AT89C51, AT89C2051 dan yang lainnya. BASCOM-8051 merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi BASIC yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS Electronic.

Tabel 1. Daftar Fungsi Menu Bascom-8051

Icon	Nama	Fungsi	Shortcut
	File New	Membuat file baru	Ctrl+N
	Open File	Membuka file	Ctrl+O
	File Save	Menyimpan file	Ctrl+S
	Save As	Menyimpan dengan nama lain	-
	Print Preview	Melihat tampilan sebelum dicetak	-
	Print	Men cetak dokumen	Ctrl+P
	Exit	Keluar dari program	-
	Program Compile	Mengompil program yang dibuat. Outputnya bisa berupa *.hex, *.bin, dan lain-lain	F7
	System Check	Memeriksa kesalahan bahasa	Ctrl+F
	Show Hex	Menampilkan hasil kompilasi program	Ctrl+W

2.4. Karakter Dalam Bascom

Dalam program BASCOM, Karakter dasarnya terdiri atas karakter alphabet (A-Z dan a-z), karakter numeric (0-9), dan karakter special (lihat table dibawah ini):

Tabel 2. Karakter Spesial

Karakter	Nama
	Blank atau spasi
'	Apostrophe
*	Asterisk (symbol perkalian)
+	Plus sign
,	Comma
-	Minus sign
.	Period
/	Slash
:	Colon
"	Double quotation mark
;	Semicolon
<	Less than
=	Equal sign
>	Greater than
\	Backslash

2.5. Kontrol Program

Keunggulan sebuah pemrograman terletak pada kontrol program. Dengan kontrol program, kita akan mengendalikan alur sebuah program dan menentukan apa yang harus dilakukan oleh sebuah program ketika menemukan kondisi tertentu. Kontrol program meliputi kontrol pertimbangan kondisi dan keputusan, kontrol pengulangan, serta kontrol alternatif. BASCOM menyediakan beberapa kontrol program yang sering digunakan untuk menguji sebuah kondisi, perulangan, dan pertimbangan sebuah keputusan. Berikut adalah beberapa kontrol program yang sering digunakan dalam pemrograman BASCOM :

- a. IF...THEN
- b. SELECT...CASE
- c. WHILE...WEND
- d. DO...LOOP
- e. FOR...NEXT
- f. EXIT
- g. GOSUB
- h. GOTO

2.6. Servo Motor

Servo motor banyak digunakan sebagai penggerak pada bagian robot yang terdapat servo,

seperti pada kaki atas robot, kaki bawah robot, dan badan robot. Servo motor umumnya terdiri dari servo continuous dan servo standar. Servo motor continuous dapat berputar sebesar 360 *Degree Continuous*. Sedangkan servo motor tipe standar hanya mampu berputar 180 *Degree Continuous*. Servo motor yang digunakan dalam robot ini ialah servo GWS S35/STD/F 360 *Degree Continuous*. Spesifikasi dari Servo GWS S35/STD/F 360 *Degree Continuous*, adalah :

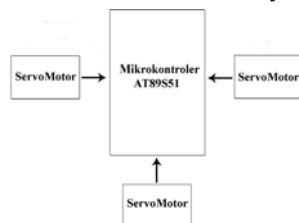
- Supply voltage 4.8- 6.0V
- 360 *Degree Continuous Rotation*
- Speed 0.13 sec/60 degrees
- Torque 2.8 kg/cm (39.2 oz/in)
- 0.3 Amp at Full Speed & No Load
- Weight 42 g (1.48 oz)
- Size 39.5x20.0x39.5 mm/1.56x0.79x1.56 inch



Gambar 1. Servo Motor GWS S35/STD/F Degree Continuous

Perancangan sistem ini merupakan tahap awal dari pembuatan sebuah software. Sebelum merancang perangkat lunak, yang perlu diketahui adalah susunan dari sistem itu sendiri (blok diagram sistem). Seperti yang tampak pada gambar 3.1 dapat diketahui bahwa keseluruhan dari sistem menggunakan sebuah mikrokontroler dan servo.

Sistem dirancang dengan menentukan terlebih dahulu sistem kontroller yang dipakai, perencanaan port yang digunakan sebagai masukan dan keluaran, selanjutnya dilakukan pembuatan program utama dan subrutin-subrutinnya.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem.

III. Perencanaan dan Perangkat Lunak

Berikut ini adalah perencanaan perangkat lunaknya.

3.1 Sistem Kontroler

Sistem kontroler yang direncanakan adalah menggunakan salah satu keluarga MCS-51 yaitu mikrokontroler AT89S51 dengan memori program internal 8 Kbyte sehingga tidak memerlukan memori program eksternal. Mikrokontroler

AT89S51 dipilih karena diperkirakan memiliki memori, Serta jumlah port yang cukup untuk digunakan dalam penelitian ini. Mikrokontroler dipergunakan untuk mengontrol servo.

3.2 Program Utama

Proses kerja dari robot ini yaitu memanjat (naik) dan turun sesuai dengan inisialisasi di dalam program yang di buat dari PC, kemudian di kirim ke mikrokontroler AT89S51 melalui kabel data (downloader).

Yang perlu diperhatikan sebelum membuat program adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Menentukan port-port yang akan digunakan untuk mengontrol servo yang digunakan.

2. Proses pengambilan data masukan

Proses pengambilan data masukan melalui inisialisasi di program yang terdapat pada mikrokontroler. Pembacaan data dari mikrokontroler kemudian diolah menjadi masukan set poin servo untuk mengendalikan proses kerja pengaturan jumlah pemanjatan dan turun yang akan dilakukan oleh robot.

3. Proses kerja sistem

Eksekusi program yang berjalan pada sistem ini terjadi secara terintegrasi dimana setiap bagian dari mekanisme gerakan yang terjadi pada saat robot berjalan terjadi secara teratur dan berurutan. Robot akan terus melakukan pemanjatan sampai tercapai ketinggian tertentu sesuai dengan inisialisasi di program.

3.3 Prinsip Kerja Robot

Proses kerja sistem Eksekusi program yang berjalan pada sistem ini terjadi secara terintegrasi dimana setiap bagian dari mekanisme gerakan pada saat robot berjalan terjadi secara teratur dan berurutan. Setelah sakelar pada robot dinyalakan robot akan melakukan pemanjatan sampai tercapai ketinggian tertentu dan turun kembali sesuai dengan inisialisasi program yang dimasukkan melalui mikrokontroler.

3.4 Cara Kerja Robot

Cara kerja robot terdiri dari 2 proses, yaitu proses robot naik dan proses robot turun.

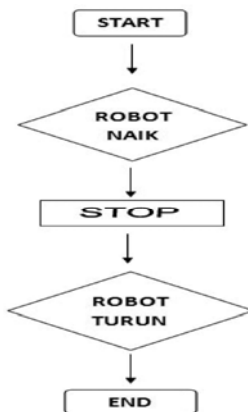
1. Pada kondisi awal robot sudah pada posisi mencengkeram tiang pada ke-empat kakinya.
2. Setelah dilakukan *start* maka robot akan melakukan aksi pemanjatan, Setelah melakukan aksi pemanjatan selesai. Kemudian robot melakukan aksi penurunan hingga selesai sesuai dengan inisialisasi program.
3. Ketika robot bergerak ke atas, hal pertama yang dilakukan robot adalah membuka sepasang kaki atas kemudian badan akan menjulur, sampai batas maksimal badan akan berhenti menjulur. Sepasang kaki atas akan

menutup, Hal ini untuk memastikan bahwa sepasang kaki telah benar-benar mencengkeram tiang dengan kuat untuk menghindari robot terjatuh.

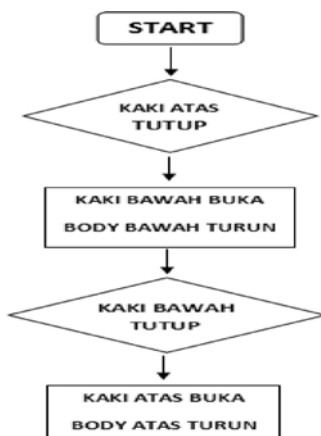
4. Sepasang kaki bawah akan membuka dan kemudian badan bagian bawah akan terangkat keatas, dan sepasang kaki bawah akan menutup kembali.
5. Gerakan untuk robot saat turun pada prinsipnya sama dengan pada saat melakukan pemanjatan hanya saja urutan langkah-langkah yang dibalik.

3.5 Flowchart

Didalam penyusunan program, untuk memudahkan didalam pembuatannya, maka perlu untuk membuat *Flowchart* sebagai acuan penyusunan program yang ada. Berikut *flowchart* untuk perangkat lunak sistem ini. Pada gambar *flowchart* dibawah ini adalah *flowchart* dari gerakan robot saat melakukan pemanjatan (*Up*), saat robot kembali turun (*Down*) dan *flowchart* dari gerakan robot secara keseluruhan.



Gambar 3. *Flowchart* Robot Naik



Gambar 4. *Flowchart* Robot Turun

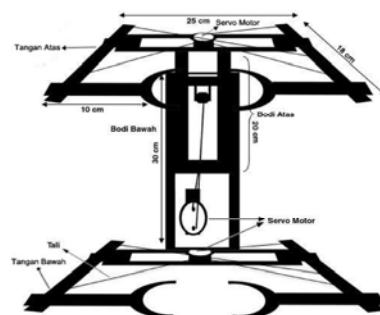


Gambar 5. *Flowchart* Keseluruhan

3.6 Pembuatan Mekanik Robot

Kerangka robot terbuat dari bahan alumunium yang berbentuk balok dan silinder, yang kemudian dibentuk menjadi mekanik robot, replikasi robot ini terdiri dari dua bagian bodi robot. Bodi atas yang digunakan adalah dua buah alumunium silinder yang digabung dengan kerangka tangan, kemudian dikaitkan tali pada dasarnya. Sedangkan bodi bawah menggunakan alumunium balok yang digabung dengan kerangka tangan yang dibuat menggunakan alumunium balok yang dibuat seperti bentuk tangan manusia, dimana kedua lengannya dikaitkan dengan tali yang terhubung servo motor sebagai penggerak lengan robot. Untuk ukuran mekanik robot adalah sebagai berikut :

- Bodi atas yaitu tinggi 20 cm
- Bodi bawah yaitu tinggi 30 cm dan lebar 7,5 cm
- Tangan robot yaitu panjang 18 cm dan lebar 25 cm



Gambar 6. *Rancangan* Robot

IV. PENGUJIAN KESELURUHAN ALAT

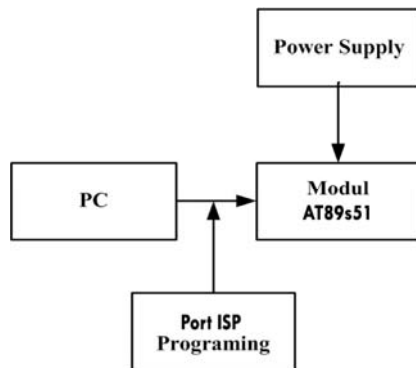
Setelah merancang alat dan mempelajari cara kerjanya, maka dilakukan pengujian dan beberapa pengukuran yang merupakan bagian dari suatu

proses perancangan, hal ini dilakukan untuk mengetahui kerja dari alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan berdasarkan blok diagram dari alat tersebut agar dapat diketahui kerja dari setiap bagian.

Pengujian keseluruhan meliputi :

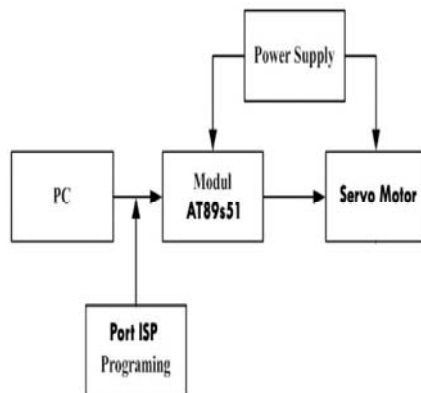
1. Pengujian Sistem Minimum Mikrokontroler AT89S51
2. Pengujian Servo.

4.1 Pengujian Sistem Minimum Mikrokontroler AT89S51



Gambar 7. Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler AT89S52

4.2 Pengujian Servo



Gambar 8. Pengujian Servo

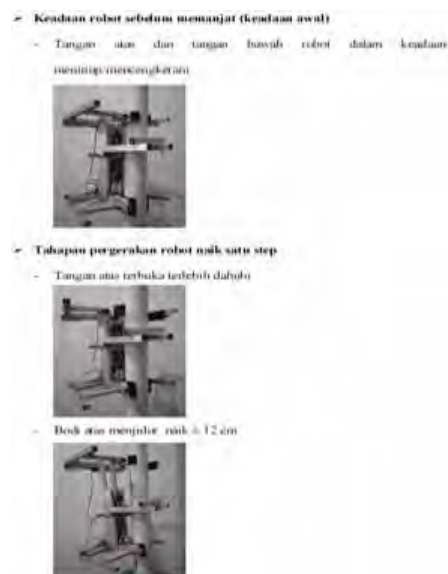
Tabel 3. Pengujian Servo

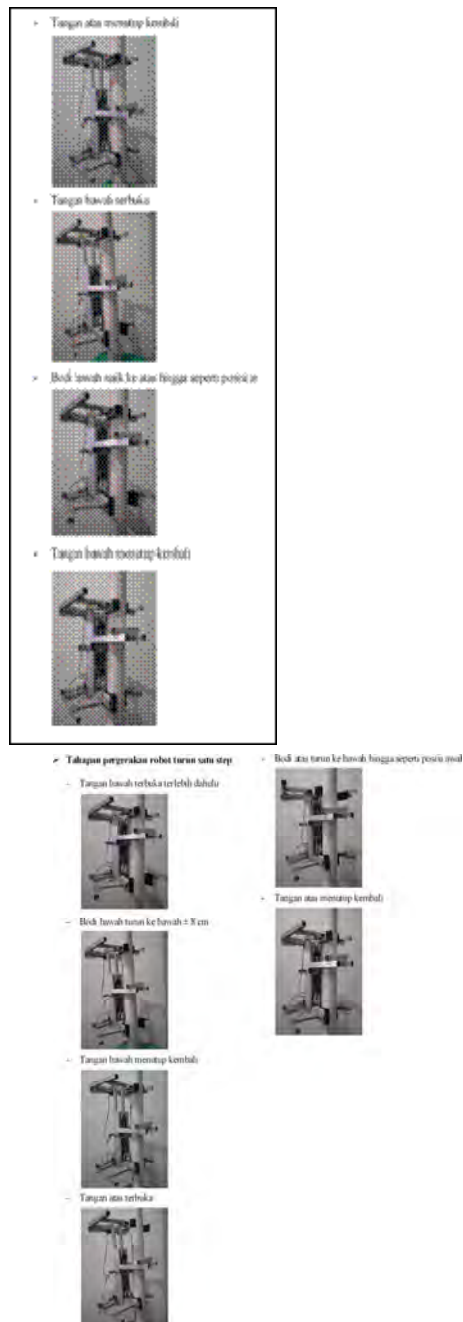
Pulse Low	Keterangan	Pulse Hight	Keterangan
0	Diam (bebas)	0	Diam (bebas)
1	Searah Jarum Jam	2.75	Berlawanan Jarum Jam
1.5	Searah Jarum Jam	3	Berlawanan Jarum Jam
2.5	Searah Jarum Jam	3.5	Berlawanan Jarum Jam

Tabel 4. Hasil Pengujian Robot

BANYAK STEP	NAIK	TURUN
1	8 cm	10 cm
2	16 cm	20 cm
3	24 cm	30 cm
4	32 cm	40 cm
5	40 cm	50 cm
6	48 cm	60 cm

4.2 Gambar Hasil Pengujian Robot





V. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian

dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu yang diperlukan untuk sekali step pemanjatan adalah sebesar 30 detik.
2. Waktu yang dibutuhkan robot untuk turun satu step adalah 20 detik.
3. Pada saat robot melakukan pemanjatan waktu yang diperlukan lebih lama dari pada saat robot turun. Hal ini dikarenakan efek pembebanan dari bodi robot sehingga servo motor akan bekerja lebih berat pada saat naik. Sedangkan pada saat turun pengaruh grafitasi akan membantu meringankan kerja servo motor penggerak robot.

VI. SARAN

- Dari kekurangan-kekurangan yang kami ditambahkan sensor tambahan pada bodi untuk mendeteksi posisi robot selalu tegak.
2. Untuk mendapatkan performa yang lebih baik dari sistem robot ini maka dapat digunakan servo motor yang lebih cepat dengan torsi yang besar dan dengan bentuk mekanik yang kecil sehingga akan mengurangi efek pembebanan pada saat robot melakukan pemanjatan.
 3. Untuk pengembangan lebih lanjut robot ini bisa disetting banyaknya step yang diinginkan dengan menambahkan keypad sebagai inputnya dan LCD sebagai penampil jumlah stepnya, selain itu tidak hanya melakukan pemanjatan secara otomatis tetapi bisa melakukan aktivitas tertentu setelah mencapai posisi ketinggian yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. D. Sharon dan J.harstein, "Robot dan otomasi industri", PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003
2. <http://microrobotics.blogspot.com>
3. <http://www.utm.ac.my/sistemrobotik>
4. Rezia Molfino, "Roboclimber the 3 ton spider", Research paper, Automatic control Department at the Instituto de Automatica Industrial (IAI-CSIC) of Madrid, Spain, 2004
5. Suhata, ST. "Pengontrolan Peralatan Elektronik Melalui Komputer", Elex Media Komputindo, Jakarta, 2005
6. Takashi Yagi, *Industrial Robot: An International Journal*. Volume 29 Number 6 2002 pp. 495-499

Pengamatan Pengaruh Variasi Kecepatan Angin dan Attack of Angle terhadap Nilai Torsi dan Daya yang Dihasilkan oleh Blade S809 Aerofoil

Abdul Hamid

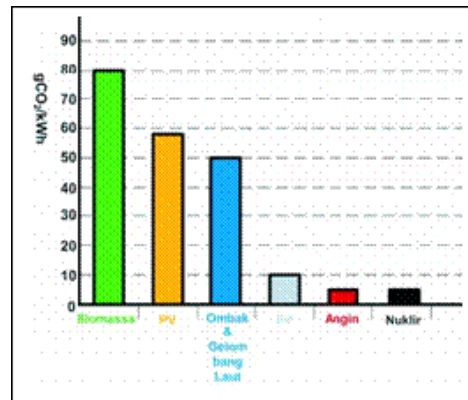
Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650
E-mail : abdul_Hamid@yahoo.com

Abstrak---Ujicoba tentang pengaruh perubahan sudut blade dari posisi awal 6° menjadi 10° dan 15° telah dilakukan di lokasi Tanjung-Kait (1 m dpl). Benda uji berupa satu set SKEA pembangkit tenaga listrik berkapasitas 200 Watt. Tujuan pengamatan ini adalah menganalisa pengaruh perubahan sudut attack of angle dan kecepatan angin terhadap nilai-nilai daya dan torsi yang dihasilkan oleh turbine kincir angin. Dari data angin yang diperoleh, penulis menganalisa nilai torsi dan daya dengan azas hukum kekal energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: Semakin besar perubahan “attack of angle” menunjukkan kecenderungan penurunan nilai RPM rotor, dan daya yang dihasilkan oleh turbin angin.

Kata Kunci : attack of angle, momentum, torsi, blade, pembangkit listrik tenaga angin

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi angin merupakan pemanfaatan energi terbarukan yang paling berkembang saat ini. Berdasarkan data dari [WWEA](http://www.worldwindenergy.org) (World Wind Energy Association), sampai dengan tahun 2007 perkiraan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93,85 GigaWatts, menghasilkan lebih dari 1% dari total kelistrikan secara global. Amerika, Spanyol dan China merupakan negara terdepan dalam pemanfaatan energi angin. Diharapkan pada tahun 2010 total kapasitas pembangkit listrik tenaga angin secara global mencapai 170 GigaWatt. Dibandingkan dengan sumber energi alternatif lainnya ekstraksi energi dari angin memiliki carbon footprint yang relatif rendah. Carbon footprint yang dimaksud di sini adalah emisi CO₂ yang dihasilkan dari keseluruhan proses produksi turbin sampai dengan operasi pemanfaatan sumber energi tersebut.



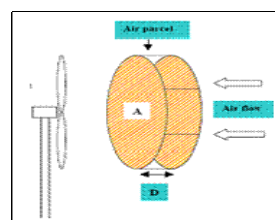
Gambar.1 Perbandingan Carbon Footprint dari Beberapa Sumber Energi Alternatif (Data dari UK Parliamentary Office of Science and Technology, November 2006).

Keunggulan dari SKEA adalah: Termasuk sumber energi yang menghasilkan emisi rendah dalam produksi listrik. Tersedia di seluruh wilayah Indonesia termasuk di daerah-daerah yang tidak terjangkau oleh jaringan transmisi (grid) listrik. Pokok bahasan dalam analisa ini hanya dibatasi pada pengaruh sudut attack of angle terhadap kecepatan putaran kincir dan daya yang dihasilkan, yaitu dengan variasi sudut $\alpha = 6^\circ$, 10° dan 15° dan kecepatan angin antara 3 m/sec- 10 m/sec.

II. TEORI

2.1 Kinetic Energy.

Seperti yang diuraikan dibawah ini, yaitu



Gambar 2. Aliran Udara Melalui Turbin Angin
Kinetik Energi dapat ditulis :

$$K.E. = \frac{1}{2} m V^2 \dots (2.1)$$

Volume massa udara yang melalui blade turbine (selubung) adalah $Vol = A \times D$, disini A adalah cross sectional area, dan D adalah tebal selubung. Sedangkan ρ adalah density udara dalam selubung yang didefinisikan sebagai:

$$\rho = \frac{m}{Vol}$$

Bila waktu T diperlukan untuk udara bergerak melalui selubung dengan tebal D tersebut, maka kecepatan selubung dapat ditulis sebagai:

$$V = \frac{D}{T}, \text{ sehingga Pers. (2.1) diatas dapat ditulis}$$

kembali dalam bentuk:

$$\begin{aligned} K.E. &= \frac{1}{2} \rho \times Vol \times V^2 \\ &= \frac{1}{2} (\rho \times A \times D) \times V^2 \\ &= \frac{1}{2} (\rho \times A \times V \times T) \times V^2 \dots (2.2) \\ &= \frac{1}{2} (\rho \times A \times T) \times V^3 \end{aligned}$$

Karena satuan daya adalah energy dibagi oleh waktu, jadi daya yang dihasilkan oleh massa udara dalam selubung dapat diekspresikan dalam :

$$P_{wr} = K.E./T = \frac{1}{2} (\rho \times A \times T) \times V^3 / T = \frac{1}{2} \rho \times A \times V^3 \dots (2.3)$$

Dan setelah dibagi oleh cross sectional area A, didapat:

$$P_{wr} / A = \frac{1}{2} \rho \times V^3 \dots (2.4)$$

Perlu dicatat bahwa ekspresi diatas menunjukkan P_{wr} / A hanya tergantung pada

- Density udara, dan
 - Kecepatan angin
- Sedangkan density udara, ρ tergantung pada elevasi turbin angin berada. Term P_{wr} / A ini disebut “ Wind Power Density”, dan mempunyai satuan Watt/m².

2.2 Estimasi Nilai Density Udara

Untuk elevasi yang dekat dengan lokasi pantai, dengan iklim yang moderat dapat dipakai nilai $\rho = 1.225 \text{ kg/mm}^3$.

Untuk area yang lebih tinggi dari permukaan laut, digunakan persamaan,

$$\rho = 1.225 - (1.194 \times 10^{-4}) \times h \dots (2.5)$$

Disini h adalah tinggi elevasi diatas permukaan laut dari lokasi turbin angin berada aau ditempatkan.

Hukum untuk gas ideal Boyle-Charles menyatakan bahwa,

$$\rho = \frac{P}{RT} \dots (2.6)$$

Disini,

P :tekanan udara[N/m²]

R :specific gas constant (287 J kg⁻¹ Kelvin⁻¹)

T :temperaaur udara dalam derajat Kelvin(deg. C +273)

Dan secara pendekatan nilai density udara, ρ , dapat diestimasi untuk sebarang elevasi diatas permukaan laut,yaitu:

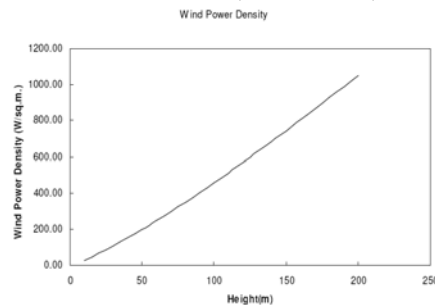
$$\rho = \frac{P_0}{RT} \exp\left(-\frac{g \times h}{RT}\right) \dots (2.7)$$

Disini:

P_0 :standard tekanan atmosfer pada sea level (101.325 Pa.

g :constanta gravitasi (9.8m/sec.²), dan

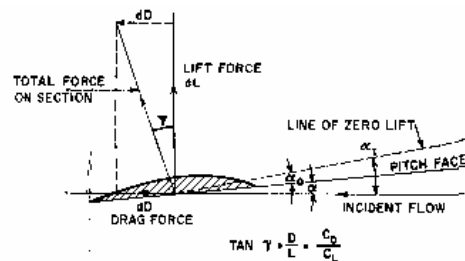
h :elevasi diatas sea level (dalam meter)



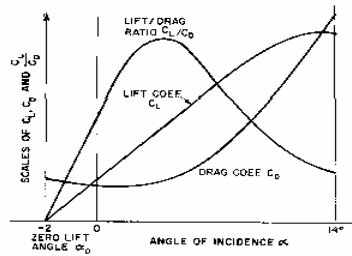
Gambar 3. Hubungan antara WPD dan Tinggi Elevasi

2.3 Pressure Energy

Akibat energy tekanan pada blade tersebut, maka dapat mengakibatkan baling-baling terangkat dan berputar.



Gambar 4(a) Diagram Gaya pada Blade



Gambar 4(b) Hubungan antara Koefisien Lift dan Drag terhadap Attack of Angle.

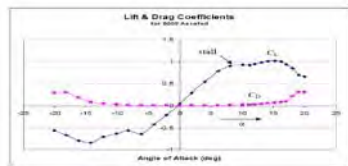
2.3.1 Gaya angkat (Lift force)

$$Q_F = C_L \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \quad \dots(2.9)$$

Gaya angkat yang diukur pada pengamatan ini meliputi gaya angkat pada tiap-tiap blade. Gaya angkat diperoleh melalui persamaan dibawah ini:

$$L = C_L \times \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \quad \dots(2.8)$$

Untuk mendapatkan koefisien lift dan koefisien drag maka di gunakan pendekatan grafik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 5 Koefisien Gaya Angkat terhadap Angle of Attack .

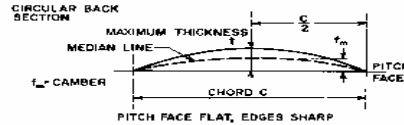
2.3.2 Moment Torsi

Moment torsi dan daya dihitung berdasarkan pengaruh dari gaya angkat yang bekerja pada tiap-tiap blade. Moment Torsi diperoleh melalui persamaan dibawah ini, yang terlebih dahulu perlu dicari koefisien torsi :

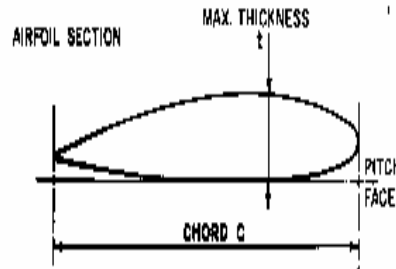
Dan untuk mendapatkan jumlah nilai torsi , Q_F dikalikan dengan jumlah blade pada rotor, maka :

$$\Sigma Q_F = 3 \times Q_F \quad \dots(2.10)$$

3. Blade Geometry



Gambar 6(a)



Gambar 6(b)

Gambar 6 Bentuk Penampang Lintang Blade Section

III. UJI COBA

Percobaan dan collecting data dilakukan di Tanjung-Kait, Tangerang .

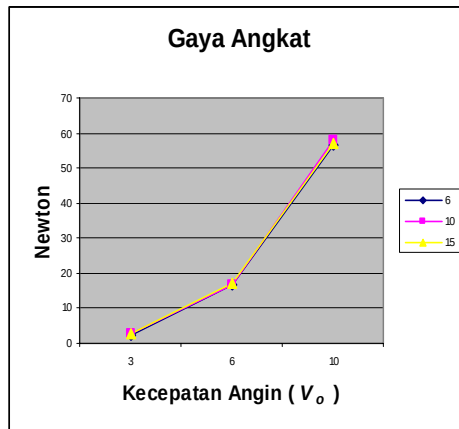
Collected data ditabulasikan seperti pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Percobaan

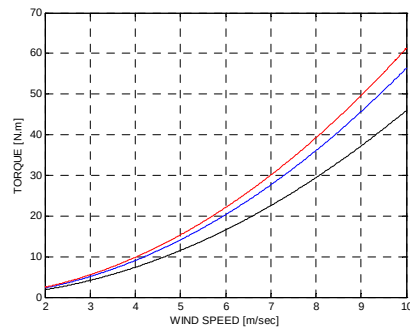
n	m/s	Percobaan					PM rata-rata
		1	2	3	4	5	
U	50	50	51	50	49	50	50
	52	51	49	49	50	50	50
	51	51	50	48	50	50	50
0°	16	16	16	14	16	16	16
	28	26	27	27	26	27	27
	26	26	27	29	29	28	28
5°	37	39	38	38	39	38	38
	16	15	14	15	15	15	15
	98	96	97	94	92	95	95

IV. HASIL PERHITUNGAN

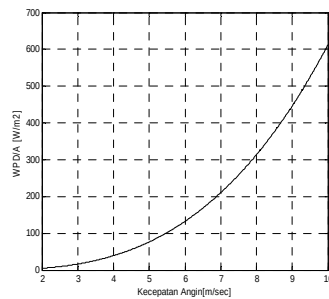
Hasil perhitungan daya dan torsi diatas dapat dilihat pada Grafik 1 dan Grafik 2



Grafik 1 Gaya Angkat Vs Kecepatan Angin



Grafik 2 Torsi Vs Kecepatan Angin



Grafik 3 Daya Vs Kecepatan Angin

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Buhl Jr, August L, A New Empirical Relationship between Thrust Coefficient and Induction Factor for the Turbulent windmill State. Technical Report NREL, 2005.
- [2.] Farret, Felix A., M. Godoy Simões., Integration of Alternative Sources of Energy. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey., 2006
- [3.] Malcolm, D.J., and A.C. Hansen. "Wind PACT Turbine Rotor Design, Specific Rating Study." National Renewable Energy Laboratory. 2007

V. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dan perhitungan diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Tabel data hasil percobaan memperlihatkan bahwa perubahan attack of angle (α) terhadap nilai RPM rotor adalah semakin besar sudut α semakin turun juga nilai RPM rotor.
2. Kecepatan angin 4.5 m/s menunjukkan perhitungan daya sebesar 203,4 Watt, nilai tersebut mendekati spesifikasi daya benda uji yaitu 200 Watt.

Theoretical Study of Springing Wave-Induced Hull Vibration of a Container Ship in Relatively Calm Seas

Abdul Hamid

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650
E-mail : Abdul_Hamid@yahoo.com

Abstract -- In this paper, the wave-induced hull vibration of a fast, long container ship in calm seas wave is investigated theoretically. The aim of this paper is to determine the critical design standard of strength, the allowable stress and safety factor for ship longitudinal strength, it is necessary to consider not only the still water and wave bending stresses but also whipping and wave excited springing stresses. The analysis is carried out using a long, fast container ship of which length is 175 m, and the possibility of the so-called n th resonant springing vibration is predicted taking n from 1 to 5. The bending moment due to vibration is also analysed, as well as short-term and long-term predictions of springing bending moment. The springing bending moment is evaluated in relatively calm seas. The following conclusions are obtained.

1. A "close fit wave surface method" of calculation for the higher order buoyancy and virtual added mass force is obtained.
2. For the container ship at full load condition, the extreme value for 20 years of springing stress is estimated about 3.75 kgf/mm²

predicted at the comparatively calm seas.

Keywords: n -th resonant springing order, buoyancy force, virtual added mass force, heaving and pitching motion, springing bending moment.

1. Introduction

When a ship of a certain type is sailing, her hull sometimes experiences a violent and steady vibration even in the comparatively calm seas. This vibration is due to the resonance of the natural frequencies of the two-node ship hull vibration and the wave exciting force, and is called springing vibration. Since the frequency of the wave exciting force depends on the characteristics of ocean waves, the ship speed and the shape of the ship hull, the so-called n -th resonant springing vibration must also be in existence. That is, springing occurs on both full and slender ship, especially on fast, long container ships with a sharply flared bow and no parallel body. In general, the springing which vibrates on board a

ship may affect life of the structure. Furthermore, this vibration gives her crew uncomfortable feeling and sometimes fears. Full-scale measurements were carried out by Kumai on a tanker of the length 230 meter taken measurement springing order n from 4 to 9. And model experiments were also carried out by Hoffman and Van Hoof, Kumai, Kawakami, Hashimoto et al, and Kagawa et al. Kawakami introduced the non linear theory to evaluate the cause of the springing vibration and took into account the effect of ship's speed. He also carried out the model experiments, in which he tried to verify the occurrence of the so-called higher order resonant springing vibrations.

2. Occurrence of Springing

The phenomenon of springing is a typical condition of resonance, i.e. if the frequency of the force is nearly equal to the natural frequency of the two-node hull vibration, the springing condition is set up. Or, the condition of springing can be expressed mathematically.

$$\omega_{v2} = n\omega_e \dots (2.1)$$

Where ω_e , the circular frequency of wave encounter, is expressed by

$$\omega_e = 2\pi(V_s + 1.25\sqrt{\lambda})/\lambda \dots (2.2)$$

From these formulae, it is known that there are some combination of V_s , ω_e , and ω_{v2} which cause the springing vibration.

And the relationship below can be obtained.

$$V_s = \frac{\omega_{v2} \cdot \lambda}{2\pi \cdot n} - \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi}} \dots (2.3)$$

It is illustrated that eq.(2.3), the relationship between ship speed of a container ship and wave length is presented in Fig.2.1.

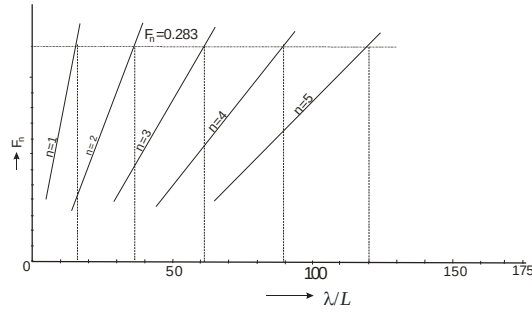


Fig.2.1. Springing Resonance Chart of a High Speed Container Ship at Full Load Condition.

3. Wave Exciting Force

It is, considered that the wave exciting force induced by the wave ship motions consist of the buoyancy, virtual added mass and damping forces is expressed as follows.

$$\frac{dF}{dx} = \frac{dF_b}{dx} + \frac{dF_a}{dx} + \frac{dF_d}{dx} \dots (3.1)$$

It is also mentioned that the higher order damping force is negligibly small comparing with the other forces. Then the higher order damping force is neglected in this study.

The wave exciting force is generated by the variation of relative position the ship 's sectional form and water level. To calculate the wave exciting force, the ship's sectional form is expressed by polynomial and the relative vertical displacement between the ship and the wave elevation at x is expressed by the following equations respectively.

$$b/2 = B/2 \sum_{m=0} G_m x^m \cdot \sum_{n=0} H_n z^n \dots (3.2)$$

$$z_r = \zeta - x\theta - h = z_0 \cos(\omega_e + \varepsilon_e) \dots (3.3)$$

where, G_m, H_n are the coefficient of polynomial and ζ, θ and h are heaving, pitching and wave elevation respectively.

3.1. Sectional Buoyancy Force

The sectional buoyancy force can be expressed by by,

$$\frac{dF_b}{dx} = -2\rho g \int_0^{z_r} (b/2) dz = -2\rho B \sum_{m=0} G_m x^m \int_0^{z_r} \sum_{n=0} H_n z^n \dots (3.4)$$

If the integral is executed and the binominal theorem is applied, then eq. (3.4) is transformed as follows,

$$\frac{dF_b}{dx} = -2\rho B \sum_{m=0} G_m x^m \sum_{n=0} \frac{H_n}{n+1} \left[\frac{z_0}{2} \right] \sum_{l=0}^{n+1} C_l \left[\frac{n+1}{l} \right] \cos(n+1-2l)(\omega_e + \varepsilon_e) \dots (3.5)$$

In this equation k , and C_l , vary in the following way according to the property of $(n+1)$.

When $(n+1)$ is an even numbers,

$$k = \frac{n+1}{2}, C_l = 1 \dots \text{for } l = k, C_l = 2 \dots \text{for } l \neq k$$

When $(n+1)$ is an odd number,

$$k = \frac{n}{2}, C_l = 2 \dots \text{for } l = k$$

As shown in eq.(3.5), the sectional buoyancy force is composed of integer multiple components of the encounter wave circular frequency.

3.2. Sectional Virtual Added Mass Force

The sectional virtual added mass force is expressed by

$$\frac{dF_a}{dx} = - \left[m \ddot{z}_r + \frac{dm}{dz} \dot{z}_r^2 - V_s \frac{dm}{dx} \dot{z}_r - V_s m \frac{d\dot{z}_r}{dx} \right] \dots (3.6)$$

The equation is based on the momentum theory, and the above equation is used in this study.

The added mass of water is obtained by using Landweber's method, and is defined by

$$m = \frac{c\rho\pi}{2} \left(\frac{b}{2} \right) \dots (3.7)$$

The correction factor for the three -dimensional effect is neglected. One can obtain the virtual added mass force by substituting eq-(3.2) and (3.3) into eq.(3.6). The sectional virtual added mass force is also composed of integer multiple components of encounter wave circular frequency. The variations of the wave exciting forces, along ship length calculated by the above mentioned method are shown in Fig.3.1 - 3.4. The first order wave exciting forces are extensive at the middle ship where it is broader than the fore or after part. On the other hand, higher order exciting forces become extensive at the fore and after part of ship where the change of breadth to water level is remarkable. In general, the magnitude of higher order exciting force is very small to the 1st order force.

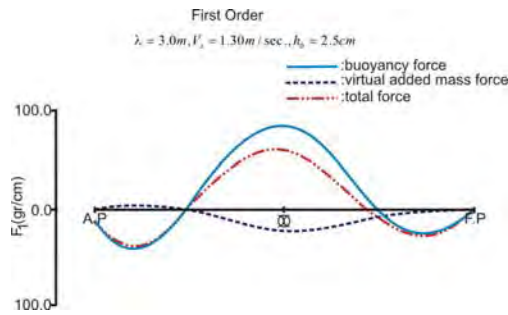


Fig.3.1 Simultaneous Distributions of First Order Forces

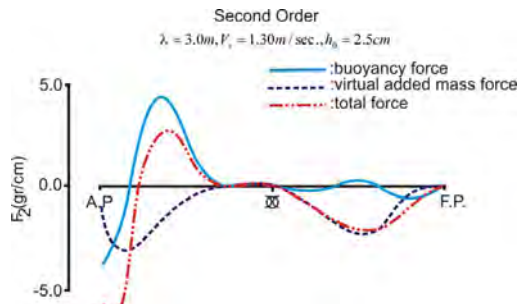


Fig.3.2 Simultaneous Distributions of Second Order Forces

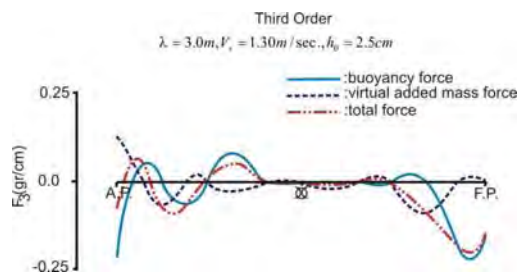


Fig.3.3 Simultaneous Distributions of Third Order Forces

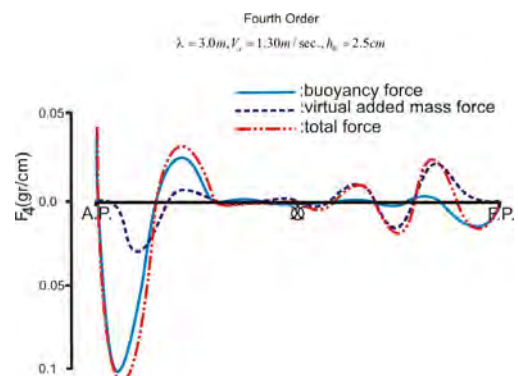


Fig.3.4 Simultaneous Distributions of Fourth Order Forces

4. Springing Response

4.1 Vertical Ship Hull Vibration

The natural frequencies and the natural modes of hull girder vibration are computed by using the normal mode method. The equation of vibration of each element taking into consideration not only the

bending deflection but also the shearing deflection, the rotary inertia is expressed as follows:

$$\rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + EI_s \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} - \left\{ \frac{\rho A E I_s}{k' G A_s} + \rho I \right\} \frac{\partial^4 y}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{\rho^2 A E \partial^4 y}{k' G A_s \partial t^4} = 0 \dots (4.1)$$

where,

x : coordinate along ship length

y : total deflection

ρ : mass per unit length (including virtual added mass of water)

EI_s : bending rigidity

$k'GA_s$: shearing rigidity

ρI : sectional mass moment of inertia

Table 4.1 shows the particulars of container ship and Fig.4.1(a), (b) show the natural frequencies and modes curves of hull girder vertical vibration from two-node to five-node in full load condition.

Table 4.1 Principal Particulars of a Container Ship.

Items	Full
Length between perpendiculars: L_{pp}	175.0m
Breadth : B	25.2m
Depth : D	15.3m
Draft at F.P. : d_f	8.94m
Draft at A.P. : d_a	9.29m
Displacement : Δ	24158t
Block Coefficient: C_B	0.575
Center of Gravity: x_G	-2.73m
Sectional Moment of Inertia at Midship: $I_{\otimes}$	85.78m ⁴
Shear Area : $A_{\otimes}$	0.977m ²
Service Speed : V_s	22.8 knots

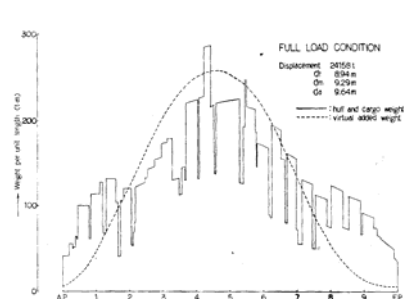


Fig.4.1 Hull, Cargo and Virtual Added Weight Distribution of Container Ship (Full Load Condition)

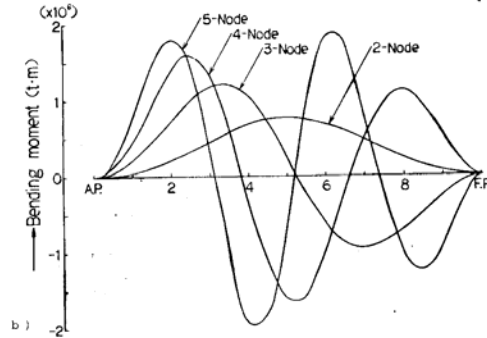


Fig.4.2 Mode Curves of Vertical Vibration of Container Ship (Full Load Condition)

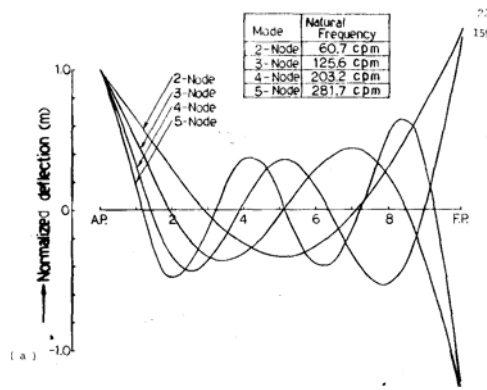


Fig.4.3 Mode Curves of Vertical Vibration of Container Ship (Full Load Condition)

4.2 Springing Vibration

The springing vibration induced by the wave exciting force which varies along the ship's length can be calculated by the Lagrange's equation of motion, which is given by,

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\Phi}_{mn}} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial \Phi_{mn}} \right) + \left(\frac{\partial V}{\partial \Phi_{mn}} \right) + \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{\Phi}_{mn}} \right) = \left(\frac{\partial W}{\partial \Phi_{mn}} \right) \dots (4.1)$$

where,

- T :kinetic energy,
- V :potential energy,
- F :dissipation function,
- W :work done by external force.

Here assume the response of the system in the following series,

$$y(x, t) = \sum_m \Phi_{mn}(t) U_m(x) \dots (4.3)$$

where and $U_m(x)$ and $\Phi_{mn}(t)$ are normal function and normal coordinate of m-th mode vibration. The following equation can be obtained from eq.(4.1)

$$\ddot{\Phi}_{mn}(t) + 2\gamma_m \dot{\Phi}_{mn}(t) + \lambda_m^2 \Phi_{mn}(t) = \frac{1}{\alpha_m} \int_0^L \frac{dF}{dx} u_m(x) dx \dots (4.3)$$

In this equation, following notations are introduced

$$\alpha_m = \int_0^L \rho A u_m^2(x) dx$$

$$\lambda_m = \int_0^L [EI \left(\frac{d^2 u_m(x)}{dx^2} \right)^2] dx$$

$$2\gamma_m = \frac{1}{\alpha_m} \int_0^L N u_m^2(x) dx$$

Where, pA :mass per unit length including virtual added mass of water,

EI :bending rigidity,

N :damping coefficient.

Using the method judicious guessing, one can find the solution of eq.(4.3) in the form,

$$\Phi_{mn}(t) = \frac{[p_{mns}^2 + p_{mnc}^2]^{1/2}}{\alpha_m \lambda_m^2 [1 - (\frac{n\omega_e}{\lambda_m})^2 + (2\gamma_m \frac{n\omega_e}{\lambda_m})^2]^{1/2}} \cos(n\omega_e t - \delta_{mn}) \dots (4.4)$$

Here,

$$\frac{dF}{dx} = \frac{dF_{cn}}{dx} \cos n\omega_e t + \frac{dF_{sn}}{dx} \sin n\omega_e t$$

$$p_{mnc} = \int_0^L \frac{dF_{cn}}{dx} u_m(x) dx$$

$$p_{mns} = \int_0^L \frac{dF_{sn}}{dx} u_m(x) dx$$

$$\delta_{mn} = \tan^{-1} \frac{p_{mnc}(2\gamma_m n\omega_e) + p_{mns}\{\lambda_m^2 - (n\omega_e)^2\}}{p_{mns}\{\lambda_m^2 - (n\omega_e)^2\} + p_{mnc}(2\gamma_m n\omega_e)}$$

The springing bending moment can be expressed as follows,

$$M(x, t) = m_m(x) \Phi_{mn}(t) \dots (4.5)$$

Where, $m_m(x)$ is the normal function of bending moment of m-th mode vibration.

Above mentioned procedure is the general treatment of forced vibration, but in this study only the two node vibration is considered.

The calculated results of springing bending moment at midship from 1st to 5th order resonance are made in Fig .4.4. - 4.10.

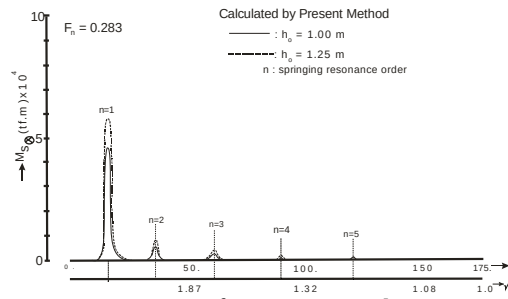


Fig.4.4 Response of Springing Bending Moment Amplitude Amidship in Regular Head Waves.

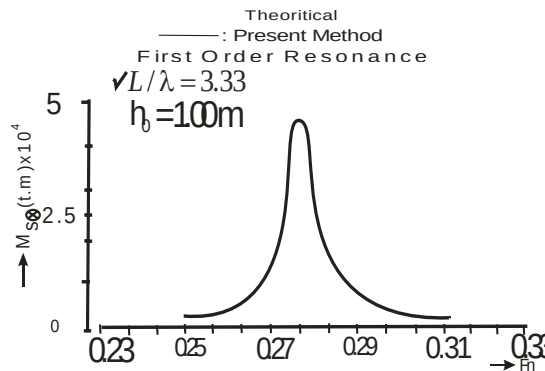


Fig.4.5

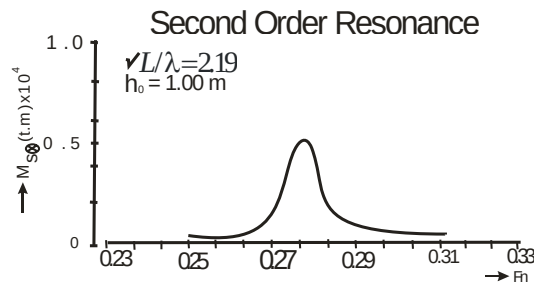


Fig.4.6

Third Order Resonance

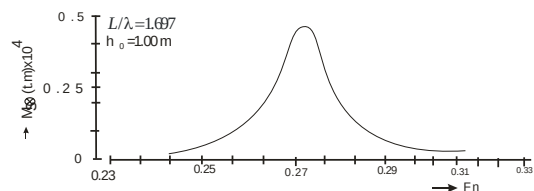


Fig.4.7

Fourth Order Resonance

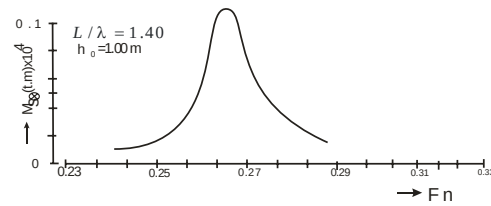


Fig.4.8

Fifth Order Resonance

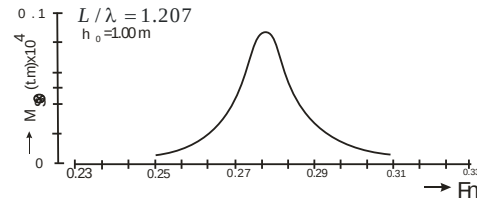


Fig.4.9

As the order of resonant vibration increases, the springing bending moment decreases. This reason is that the wave exciting force become small as the resonance order increases. Then, it may be not necessary to take the higher order springing resonance into consideration for the longitudinal ship strength, however this conclusion must be verified by the measurements of actual ships.

5.Short – Term Prediction of Springing Bending Moment

The variance of springing bending moment in long – crested irregular waves can be obtained on the basis of superposition principle shown below:

$$R_L^2 = \int_0^\infty |S(\omega)|^2 \sum_{n=1}^\infty |M_{S\otimes n}(\omega, \theta)|^2 d\omega \dots (6.1)$$

provided:

$S(\omega)$ long – crested wave energy spectrum

$M_{S\otimes n}(\omega)$: response amplitude of springing bending moment induced by nth order exciting force in regular waves from the direction of θ . To convert the long – crested spectrum into a more realistic two – dimensional spectrum, it is

necessary to modify $S(\omega)$ by use of a function which spreads the wave energy in an angular direction. A two – dimensional spectrum which is widely used at present is that due to the modified Pierson – Moskowitz :

$$[f(\omega, \chi)]^2 = \begin{cases} \frac{2}{\pi} [f(\omega)]^2 \cos^2 \chi : -\pi/2 < \chi < \pi/2 \\ 0 : elsewhere \end{cases} \dots (6.2)$$

$$[f(\omega)]^2 = 0.1109 H^2 \omega_r^{-1} (\omega/\omega_r)^{-5} \exp[-0.4436 (\omega/\omega_r)^4] \dots (6.3)$$

provided,

H : visually estimated average wave height

T :visually estimated average wave period

$$\omega_T = 2\pi / T$$

$2 / \cos^2 \chi$:sea – spreading function χ :angle between wave direction and predominant wave direction
To facilitate response variance calculations for geometrically and dynamically similar ships ,given any combination of wave heights, ship length ,ship breadth, the response $M_{S\otimes n}$ can be made non-dimensional with respect to wave heights, ship length and ship breadth, i.e.

$$\overline{M_{S\otimes n}} = M_{S\otimes n} / \rho g B L^2 H ... (6.4)$$

Substituting eq.(6.4) into eq.(6.1),one can obtain:

$$R_L^2 = \int_0^\infty [f(\omega)]^2 \left[\sum_{n=1}^\infty \overline{M_{S\otimes n}}(\omega, \theta - \chi) \right]^2 d\omega ... (6.5)$$

By combining eq.(6.2),(6.3) and (6.5),the variance in short-crested irregular waves can be obtained as follows:

$$R_s^2 = 2/\pi \int_0^\infty \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \left[\sum_{n=1}^\infty \overline{M_{S\otimes n}}(\omega, \theta - \chi) \right]^2 [f(\omega)]^2 \cos^2 d\omega d\chi$$

$$= 2/\pi \int_{-\pi/2}^{\pi/2} R_L^2(\theta - \chi) \cos^2 \chi d\chi ... (6.5)$$

For the purpose calculation ,the average wave periods are taken from $T=4$ sec. to $T=8$ sec.Fig 5.1 represent the non-dimensional standard deviations of springing bending moment in long-crested and short-crested irregular waves at full load condition.

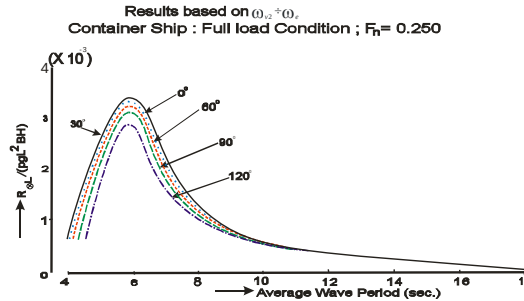


Fig.5.1 Standard Deviations of Midship Springing Bending Moment in Long-Crested Irregular Waves from Different Directions

6. Long-Term Prediction of Springing Bending Moment

The cumulative probability distribution function $q(M > M_1)$ that the maxima of springing bending moment exceed an arbitrary bending moment M_1 is given as follows:

$$q(M > M_1) = \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{M_1^2}{R_s^2} \right] ... (6.6)$$

To obtain the long-term cumulative probability distribution function for a long- term period or the wide range of conditions to be found at sea, the eq.(6.6) is evaluated into:

$$Q(M > M_1) = \int_0^\infty \int_0^\infty q(M > M_1) P(H, T) dH dT ... (6.7)$$

provided

$P(H, T)$:long-term probability for the wide range of conditions to be found at sea
as the function the average wave height H and the average period T .

Assuming a ship encounters the waves from all directions with equal probability for all heading condition is given by integrated eq.(6.7) over $0 - 2\pi$, that is

$$\overline{Q}(M > M_1) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} Q(M > M_1) d\theta ... (6.8)$$

The eq.(6.8) is applied to calculate the long-term predictions of springing bending moment, hence, the springing bending stress using sea data shown at Table.

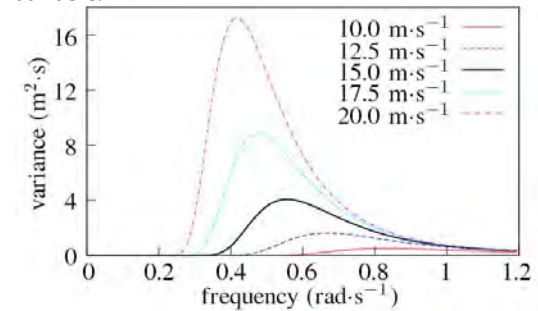


Fig.6.1 The ISSC Wave Spectra of a Particular Ocean Area with Four Sea Severities

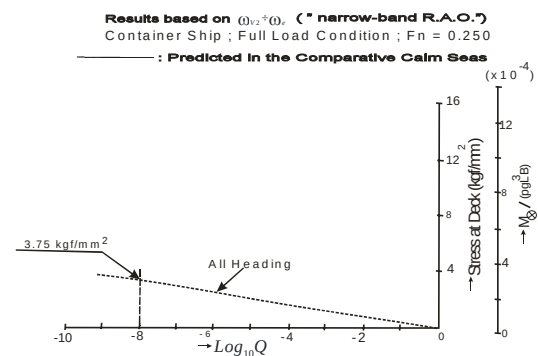


Fig.6.2 Long-Term Distributions of Amidship Bending Stress

7. Conclusions

The following conclusions obtained from this study can be described as follows:

1. A "close fit wave surface method " of calculation for the higher order buoyancy and virtual added mass force is obtained.

2. The influence of ship speed on springing depends on the relationship between $n\omega_{v2}$ and $n\omega_e$; increasing speed in head seas will increase the springing response.
3. The extreme value for 20 years of springing stress is estimated about 3.75kgf/mm² at the comparatively calm seas.

8. Acknowledgements

This paper has been a long time growing, and many more persons than the author can give credit to here have given freely of their time, energy and suggestions during its completion. Among the persons to whom the author wish to express their special appreciation for writing this paper is Mr.Denni Hadiwinata of Mercu Buana University ,Faculty of Engineering,Dept.of Mechanical Engineering for the reading of the manuscript.

References

- [1]. Bell, A.O., et al (1999): "Wave-Excited Hull Vibration, Measurements on a 47000 dwt Tanker", Shipping World and Shipbuilder,1999.
- [2].Hashimoto Kunifumi, Fujino Masataka and Motora Seizo (2001): " On the Wave-Induced Ship-Hull Vibration : Springing caused by higher-order exciting force [in Japanese] ",Journal of the Society of Naval Architects of Japan ,2001.
- [3].Ingo Drummen,Gaute Storhaug and Torgeir Moan (2008): " Experimental and numerical investigation of fatigue damage due to wave-induced vibrations in a containership in head seas",Journal of Marine Science and Technology, November 2008.
- [4].Juncher Jensen,J and M. Dogliani (1996): " Wave-Induced Ship Hull Vibrations in Stochastic Seaways ",Marine Structure Volume 9,Issues 3-4, 1986.
- [5]. Kawakami, M .,et al.(1995): " On the Wave Induced Ship Hull Vibration ", The West Japan of Naval Architects N0.51 March 1995.
- [6]. Svein O.Skjordal and Odd M.Faltinsen (1980): " A Linear Theory of Springing ",Journal of Ship Research, 1980.

Analisis Keberadaan Bengkel Motor UKM Sekitar Kembangan, Jakarta Barat: Usaha Peningkatan Mutu Bengkel

Agung Wahyudi Biantoro

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

E-mail: agungbntr@gmail.com

Abstrak -- Keberadaan UKM (Usaha Kecil Menengah) saat ini merupakan sangat penting bagi perekonomian nasional. Namun demikian keberadaan UKM, khususnya sektor bengkel motor kurang mendapatkan perhatian dari pemerintah. Penelitian ini ditujukan untuk meningkatkan peran UKM bengkel dalam meningkatkan posisi mereka menjadi lebih maju dibandingkan dengan sebelumnya, yaitu dengan cara meningkatkan mutu dari output jasa yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah . dengan melakukan survey ke UKM bengkel motor kemudian mencatat masalah dan kebutuhan utama mereka selama ini. Setelah itu data yang dikumpulkan akan dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Dengan adanya pelatihan dan bimbingan ini maka diharapkan kualitas mekanik bengkel, pelayanan bengkel, meningkat. Selain itu mereka juga memahami dasar pemasaran bengkel, dan memiliki standarisasi mutu administrasi bengkel yang baik.

I. PENDAHULUAN

Keberadaan UKM (Usaha Kecil Menengah) saat ini merupakan sangat penting bagi perekonomian nasional. Ia ada dimana-mana, masyarakatpun merasa terbantu dengan keberadaan UKM ini. Dengan adanya UKM maka secara langsung membantu pemerintah dalam penyerapan tenaga kerja baik formal dan non formal, sehingga jumlah pengangguran dapat ditekan.

Saat ini jumlah UKM di Indonesia diperkirakan lebih dari 50 juta, dengan 97 % adalah perusahaan mikro (Kirono, 2010). Perusahaan mikro (enterprise) ini didefinisikan sebagai unit usaha yang mempunyai omzet maksimal 50 juta rupiah setahun. Data tambahan menunjukkan bahwa mayoritas kegiatan bisnis UKM merupakan industri berbasis sumber daya yang masih mengandalkan komoditas pertanian.

Kalau kita perhatikan di negara telah maju seperti Jepang, Taiwan, Korea, di mana keberadaan UKM mendapat perhatian yang sungguh-sungguh dari pemerintah. Mereka membangun jaringan usaha yang ada dirancang

dalam satu pola baku yang saling mendukung dari hilir sampai hulu secara padu :

Beberapa masalah yang sering menghinggapi UKM di Indonesia adalah sebagai berikut :

- a. Mutu atau kualitas produksi dan jasa UKM masih rendah, mereka belum memiliki standarisasi mutu yang baik
- b. Kondisi mereka tertatih-tatih atas berbagai keadaan mengimpit, tidak ada yang membimbing sehingga keadaan tidak kondusif seperti ini, semakin menenggelamkan usaha yang dibangun.
- c. Perhatian pemerintah masih setengah hati. Ini menjadi renungan bagi kita semua membangun UKM yang lebih serius di tengah makin meningkatnya pengangguran.
- d. Belum adanya batasan yang jelas dalam memproteksi UKM dari intervensi kekuatan modal besar seperti bengkel besar, hypermarket, supermarket, toserba dan seterusnya, memberi *warning* bagi kita semua.

Keadaan ini seharusnya mulai dipikirkan secara serius oleh pemerintah daerah yang ada, melihat besarnya potensi usaha mereka disertai dengan seriusnya ancaman yang ada. Munculnya upaya dengan menekankan ekonomi pasar secara bebas dengan tidak ada sekat pembatas sesuai dengan desakan era global, sangat perlu diwaspadai. Konsep pasar bebas menganut paham yang kuat yang akan menang, sementara yang lemah harus siap menyingkir. Doktrin ini mengandung dimensi yang tidak baik bagi negara berkembang.

Tentu keadaan tidak kondusif seperti ini akan melahirkan ketimpangan yang cukup menonjol. Untuk itu bagaimana peran pemerintah dalam membangun kesetaraan perekonomian yang ada dengan memperhatikan skala usaha masing-masing pihak yang ada dalam meraih kemajuan bersama. Pedoman dasar ini sangat penting dalam memberikan radius usaha yang dijalankan secara konsisten dengan memperhatikan peraturan yang ada agar tidak saling mematikan.

Salah satu usaha yang sangat prospektif adalah usaha bengkel motor. Usaha ini banyak didirikan oleh pengusaha UKM, dan mulai tumbuh di tengah kota hingga pinggiran kota. Kenaikan jumlah usaha bengkel ini seiring dengan meningkatnya

penjualan motor baru di masyarakat. Saat ini masyarakat sudah banyak menggunakan kendaraan motor yang murah, irit dan cepat, sejak terjadinya krisis tahun 1998 lalu. Dengan demikian keberadaan bengkel service motor, cuci motor, asesoris sampai dengan pengecatan motor sangat membantu masyarakat dikala membutuhkan jasa pelayanan ini.

Fakultas Teknik Industri, khususnya jurusan Teknik Mesin, mempunyai peran yang sangat penting dalam meneliti, dan mengembangkan ilmu mesin industri, termasuk pada kendaraan otomotif. Program pendidikan di jurusan Teknik Mesin diarahkan pada penguasaan bidang teknik yang memiliki peranan penting dalam proses industrialisasi seperti alat penggerak, alat konstruksi dan mesin perkakas pabrik. Disamping itu, mahasiswa diarahkan juga untuk menanganC. penelitian, perancangan, pengembangan dan pengelolaan usaha yang berhubungan dengan bidang keahlian teknik seperti otomotif, teknologi pertanian dan manufaktur.

Jurusan ini jelas bersinggungan dan terlibat langsung dalam pengelolaan bisnis bengkel motor. Hasil penelitian dan pengembangan ilmu teknik mesin memang diharapkan tidak menjadi "menara gading", bagi perguruan tinggi dan masyarakat, tapi menjadi inspirasi pengetahuan yang membumi terhadap banyak pihak, termasuk para pemilik bengkel untuk berkembang. Hasil penelitian teknik mesin diharapkan menjadi motor penggerak perbaikan dan pengembangan bagi para pebisnis otomotif, mahasiswa, dosen dan masyarakat pada umumnya. Selama ini rupanya hasil penelitian lebih banyak hanya dijadikan literatur yang mungkin pemanfaatannya terbatas hanya kaum akademisi, tapi tidak bagi kaum profesional.

Demikian dalam usahanya untuk selalu mendekatkan diri kepada masyarakat, maka sudah sepantasnya jurusan ini memperhatikan para pejuang bisnis UKM yang luar biasa, misalnya para pengelola bengkel motor. Dengan adanya perhatian, pelatihan, pembinaan dan standarisasi mutu bengkel motor, maka diharapkan bengkel binaan menjadi mandiri, profesional dengan layanan prima, sehingga dapat bersaing dengan bengkel lain yang lebih besar. Tulisan ini akan menguraikan masalah perkembangan pelayanan, mutu dan standarisasi bengkel motor, kemudian juga bagaimana cara untuk meningkatkan pemberdayaan mutu UKM bengkel motor, sehingga mereka dapat meningkat kelasnya dan dapat bersaing dengan perusahaan bengkel yang lebih besar.

II. METODE PEMECAHAN MASALAH

Obyek penelitian ini bengkel-bengkel motor UKM dengan jumlah karyawan ≤ 5 orang yang berlokasi di sekitar Kembangan, Jakarta Barat. Pemilihan sampel dilakukan secara non

probabilitas sampling, dengan memilih bengkel sesuai dengan criteria yang telah disebutkan. Responden kemudian diwawancarai secara umum kemudian ditanyakan mengenai jumlah pekerja, kelengkapan fasilitas, sistem admin, peralatan standar, kesadaran pentingnya kualitas, pelatihan mekanik dan pelatihan admin. Selain itu itu ditanyakan pula mengenai alur kerja yang mereka laksanakan semala ini kepada pelanggan. Selanjutnya mereka kemudian diundang untuk mengikuti kegiatan workshop untuk meningkatkan mutu bengkel. Kegiatan ini dilakukan dengan memanfaatkan sarana dan prasarana laboratorium dan ruangan kelas di Prodi Teknik Mesin, UMB. Evaluasi dilakukan setiap 1 atau 2 minggu setelah program ini dijalankan.

III. PEMBAHASAN

Usaha bengkel memiliki banyak macam diantaranya adalah bengkel mesin, bengkel cuci motor dan ganti olie, bengkel body repair dan pengecatan, asesoris dan lain-lain. Pada tahun 2010 diprediksi jumlah pengguna sepeda motor akan meningkat menjadi 55 juta unit di seluruh Indonesia. Jumlah pertumbuhan motor setiap hari sangat fantastis yaitu mencapai 900 unit. Di wilayah hukum Polda Metro Jaya pada tahun 2010, jumlah motor mencapai 8 juta unit dan mobil mencapai 3-4 juta unit.

Dari informasi diatas maka peluang usaha bengkel motor semakin terbuka. Bisnis ini membutuhkan keahlian dan pengetahuan dibidang sepeda motor. Bila seandainya kita tidak mempunyai keahlian ini maka kita dapat menggaji beberapa montir sepeda motor. Namun permasalahannya yang ada selama ini adalah setelah membuka bengkel, maka mereka hanya mengandalkan jumlah pelanggan baru, sedangkan pelanggan lama kadang dibiarkan. Apalagi bengkel ini kebanyakan adalah UKM yang tidak memiliki standarisasi mutu yang baik.

Oleh sebab itu kami tergerak untuk melakukan identifikasi masalah dan melakukan survey kepada bengkel untuk dilihat bagaimana mereka menerapkan mutu selama ini kepada pelanggannya. Kemudian setelah itu mereka kami undang untuk dilakukan pendekatan dan training selama setengah hari di kampus UMB, mengenai pentingnya peningkatan mutu hasil untuk pelanggan mereka. Selain itu perlu diperhatikan bahwa kepuasan pelanggan adalah nomor satu dalam usaha ini. Untuk itu maka bengkel harus mempunyai nilai tambah sehingga membuat pelanggan kembali.

Dari hasil survey beberapa tempat bengkel motor di wilayah Kembangan, Jakarta Barat, maka ditemukan karakteristik bengkel adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Karakteristik Bengkel motor UKM di sekitar Kembangan, Jakarta Barat

No	Nama Bengkel	Jumlah Pekerja	Kelengkapan fasilitas	Sistem admin
1	A	2	Tidak	Tidak
2	B	5	Ya	Ya
3	C	4	Ya	Tidak
4	D	5	Tidak	Tidak
5	E	5	Tidak	Tidak
6	F	4	Tidak	Tidak
7	G	3	Tidak	Tidak
8	H	3	Tidak	Tidak
9	I	5	Tidak	Ya
10	J	2	Tidak	Tidak

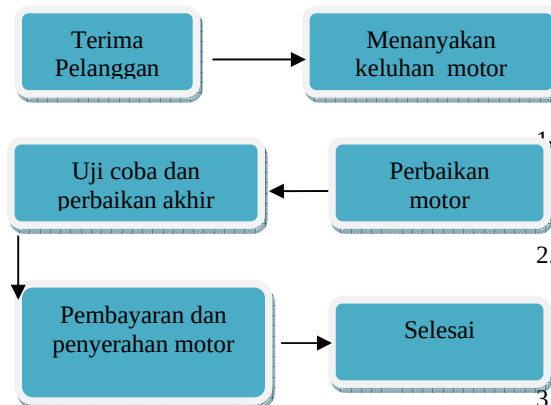
Tabel 1. Lanjutan

Nama Bengkel	Peralatan standar	Kesadaran pentingnya kualitas	Pelatihan mekanik	Pelatihan admin
A	Ya	Ya	Ya	Ya
B	Ya	Ya	Ya	Tidak
C	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
D	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
E	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
F	Tidak	Ya	Tidak	Tidak
G	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
H	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
I	Tidak	Ya	Ya	Ya
J	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Keterangan :

Sistem administrasi : *daily report, urutan pekerjaan, job deskripsi, SOP*

Sedangkan berikut adalah penerimaan pelanggan sampai dengan perbaikan selesai :



Gambar 1. Proses operasional Bengkel UKM di sekitar Kembangan, Jakarta Barat

Saat ini tuntutan pelanggan mengenai jasa dan produk semakin tinggi. Oleh sebab itu bagi para pemilik dan karyawan bengkel adalah sangat penting untuk memperhatikan kualitas produk, manajemen dan jasa yang mereka hasilkan. Dengan menghasilkan mutu yang baik, maka produk dapat

berkompetisi dengan mantap di pasar dan dapat bersaing dengan produk sejenis.

Konsep mutu berkembang seiring dengan berkembangnya manajemen kualitas total, yaitu kemauan pengusaha untuk melakukan perbaikan secara terus menerus, berkesinambungan. Ini tentu saja melibatkan semua karyawan dalam setiap level organisasi untuk mencapai kualitas prima melalui proses manajemen. Menurut Suharyadi et al (2010:152) pengertian TQM adalah sebagai berikut :

1. Pengertian TQM menunjukkan daya strategi organisasi secara menyeluruh yang melibatkan semua jenjang dan jajaran manajemen dan karyawan.
2. Pengertian kualitas bukan sekedar bebas cacat, tetapi TQM lebih menekankan pada pelayanan kualitas, sedangkan kualitas itu sendiri didefinisikan oleh pelanggan, bukan semata-mata oleh pengusaha bengkel motor.
3. Pengertian manajemen TQM menunjukkan bahwa TQM merupakan pendekatan manajemen, bukan pendekatan teknis yang hanya berorientasi empiris. Pendekatan TQM sangat berorientasi pada manajemen orang. Implementasi TQM mensyaratkan perubahan yang signifikan yang mencakup visi, misi, tata nilai dan berbagai praktek manajemen penting lainnya.

Program TQM sendiri mempunyai dua sisi kualitas yaitu *hard side of quality* dan *soft side of quality*. Pada jenis *hard side of quality* adalah

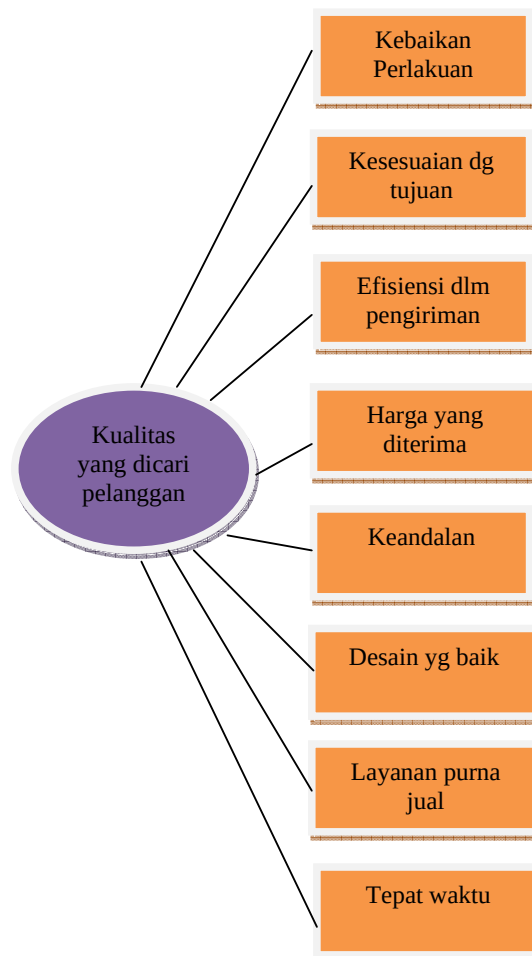
kualitas yang berhubungan dengan sistem perbaikan proses produksi mulai dari planning, desain produk dan penggunaan alat-alat pengendalian kualitas seperti *Just in Time*, *Quality Function Development (QFD)*, *Statistical Process Control* dan perubahan organisasi lainnya. Sedangkan pada sisi *soft side quality* lebih menekankan pada kepuasan pelanggan, loyalitas pelanggan, dan menumbuhkan komitmen karyawan atas pentingnya kualitas produk dan jasa yang dihasilkan. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui pendidikan dan pelatihan yang mendukung pendekatan system pengupahan yang mendukung struktur kerja dan lain-lain.

Pada Table 1 di atas terlihat bahwa jumlah rata-rata karyawan yang dipekerjakan di bengkel adalah berkisar antara 3 – 5 orang. Ini adalah ciri khas perusahaan UKM dimana mereka hanya memiliki sedikit orang namun cenderung efisien dalam tenaga kerja. Mereka sudah mengerti sedikit manajemen, dimana konsep “tidak ada rotan, akar pun jadi” mereka selalu utamakan. Kebanyakan dari karyawan tersebut adalah berasal dari anggota keluarga.

Kebanyakan dari mereka juga tidak memiliki fasilitas minimal, seperti yang disyaratkan oleh Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 191/MPP/Kep/6/2001 yaitu : Fasilitas Umum (misalnya ruang tunggu pelanggan), Penyimpanan (gudang, penyimpanan barang yang memadai), Keselamatan (minimal adanya Alat Pemadam Api Ringan (APAR), P3K) dan Penampungan limbah (tempat untuk menampung oli bekas dll). Ini adalah persyaratan dasar yang harus dimiliki oleh bengkel roda empat dan roda dua. Namun dari temuan terlihat bahwa hanya 20% pemilik bengkel yang memenuhi kategori tersebut. Kebanyakan dari mereka tidak memiliki stempel bengkel, tidak mempunyai pembukuan standar, tidak ada pencatatan pendapatan, stock barang dan sebagainya. Ini tentu saja suatu laporan yang kurang baik bagi mereka karena mereka tidak dapat mengukur kinerja usahanya, dan pada saat mereka akan meminjam dana di bank, bisa jadi ini adalah hal yang masuk dalam kategori tidak layak. Tabel 1 menunjukkan bahwa hanya 20% dari bengkel motor tersebut yang sudah melakukan tertib administrasi. Hal yang menggembirakan adalah kesadaran mereka akan pentingnya kualitas bengkel mereka dikembangkan, yang mencakup 70% bengkel yang menyadari pentingnya kualitas. Namun demikian bila diikuti dengan diikuti dengan pemberian pelatihan kepada mekanik hanya 30% dan pelatihan staf administrasinya hanya 20%.

Sedangkan pada urutan pekerjaan (Gambar 1) terlihat bahwa proses yang dilakukan masih sederhana. Saat menerima tamu seharusnya mereka memiliki rasa percaya diri sehingga ada kesan yakin saat menerima tamu, misalnya dengan

menggunakan baju seragam. Dari beberapa bengkel yang di temui hanya sekitar 20% yang memiliki seragam bengkel, sisanya tidak. Padahal seragam bengkel mempunyai kesan yang sangat bagus, diantaranya adalah keyakinan dari pelanggan bahwa motor mereka akan ditangani secara profesional. Selanjutnya saat pembayaran, seringkali tidak ada pencatatan, tidak ada jaminan pekerjaan, padahal proses ini sangat penting. Dengan diberikannya bukti pembayaran, kwitansi tanpa harus diminta pelanggan, maka kejadian itu akan tercatat rapi dan sewaktu-waktu dapat dipakai. Selain itu bila ada jaminan pekerjaan apalagi disertai dengan promosi tertentu (misalnya gratis 1 kali untuk service 10 kali) maka pelanggan akan merasa puas dan yakin akan kemampuan mekanik bengkel tersebut. Ia cenderung akan kembali lagi menggunakan jasa bengkel tersebut di lain waktu, bila ia merasa puas terhadap pelayanan dan promosinya. Selain itu ada beberapa unsur dalam konsep kualitas yang harus diperhatikan diantaranya seperti dalam gambar berikut ini :



Gambar 2. Unsur kunci dalam kualitas (Gunn, 2011:214)

Dari Gambar diatas ternyata konsep kualitas tidak hanya berkisar mengenai hal yang bersifat teknis dan pelayanan saja, namun juga mencakup harga yang sesuai, atau harga yang diterima oleh pelanggan. Aspek kualitas juga mencakup pemasaran produk atau jasa semisal desain yang baik (desain produk diperhatikan, desain papan nama bengkel, dll) efisiensi dalam pengiriman (pengiriman barang, motor dll) dan layanan purna jual.

Demikian analisis ringkas mengenai mutu bengkel UKM, dimana keberadaannya sangat dibutuhkan oleh pelanggan dan keberadaan bengkel yang ada di sepanjang jalan raya tentu saja tidak dapat diremehkan. Potensi bengkel motor beserta asesorisnya sangat besar dan ini tentu saja harus dimanfaatkan oleh pelaku UKM, khususnya yang berminat dengan sektor otomotif beserta pernak perniknya. Usaha ini banyak didirikan oleh pengusaha UKM, dan mulai tumbuh ditengah kota hingga pinggiran kota. Kenaikan jumlah usaha bengkel ini seiring dengan meningkatnya penjualan motor baru di masyarakat. Namun demikian peningkatan mutu adalah suatu hal yang penting untuk dilaksanakan, karena pelanggan makin lama makin kritis dan pesaing sudah berada dimana-mana. Hanya tinggal perbaikan, peningkatan mutu dan pemasaran yang harus diperhatikan oleh pelaku UKM agar mereka tetap eksis dalam berusaha.

Hasil analisis sebelumnya maka didapat beberapa temuan menarik diantaranya :

1. Pengelolaan SDM bengkel masih menggunakan sistem tradisional. Mereka masih menggunakan anggota keluarga dan membantu menangani bengkel mereka. Alasannya adalah keluarga masih mudah diatur dan diandalkan, dengan jumlah honor /gaji yang dapat disesuaikan.
2. Kebanyakan dari mereka kepala bengkel adalah sekaligus mekanik bengkel yang setiap hari bekerja mengenai operasi dan perbaikan motor di bengkel. Dengan demikian mereka hanya mempunyai waktu sedikit untuk meninggalkan bengkel mereka, bila waktu itu digunakan untuk training.
3. Kepala bengkel dan mekanik tidak memperhatikan kebersihan. Bila diperhatikan maka beberapa bengkel motor kurang memperhatikan lantai bengkel dan ruangan pelanggan. Lantai dibiarkan kotor dan menghitam, bercampur antara debu, kotoran dan olie. Keadaan ini sungguh tidak enak dipandang oleh pelanggan.
4. Tidak ada perencanaan training untuk Mekanik dan Kepala bengkel. Kepala bengkel dan mekanik adalah lulusan SMP dan SMA, dan tidak ada sertifikasi mekanik.

5. Tidak ada Job description dan SOP yang jelas. Sistem penanganan bengkel masih tradisional, dimana tenaga kerja hanya dipisahkan antara mekanik dan kepala bengkel. Sedangkan untuk yang lainnya, misalnya pengambilan spare part dan pembayaran di kasir dikerjakan pula oleh kepala bengkel. Bila ada spare part yang dibutuhkan, maka mekanik tinggal meminta kepala bengkel / pemilik untuk mengambilkan spare part yang dibutuhkan. Dengan demikian tidak ada pembagian kerja yang jelas
6. Tidak ada standarisasi mutu. Mutu yang dihasilkan tidak atau belum standar. Misalnya satu motor diservice memerlukan waktu berapa menit, itu tidak ada kepastian yang jelas.
7. Pelayanan dan ruangan untuk pelanggan tidak bersih. Bila diperhatikan maka tidak ada ruangan khusus untuk pelanggan, mengingat ruang yang tersedia juga terbatas, sehingga ruangan pelanggan menjadi satu dengan ruangan mekanik bengkel yang sedang bekerja.
8. Fasilitas untuk pelanggan sangat minim. Ini dapat dilihat tidak ada minuman, tidak ada koran yang dapat dibaca dan tidak ada ruangan yang khusus untuk pelanggan.
9. Fasilitas keamanan sangat mengkuatirkan. Para kepala bengkel umumnya tidak memperhatikan kebersihan, kesehatan, merokok, dan tidak memiliki Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Padahal ini sangat perlu karena bengkel selalu berhubungan dengan mesin, oli dan bensin, suatu bahan yang mudah terbakar.

IV. KESIMPULAN

Usaha bengkel kendaraan bermotor saat ini merupakan sangat penting bagi perekonomian nasional. Ia ada dimana-mana, masyarakatpun merasa terbantu dengan keberadaan UKM ini. Dengan adanya UKM maka secara langsung membantu pemerintah dalam penyerapan tenaga kerja baik formal dan non formal, sehingga jumlah pengangguran dapat ditekan.

Sektor bengkel motor kurang mendapatkan perhatian dari pemerintah. Mereka cenderung berjuang sendirian tanpa mendapatkan perhatian yang serius dari pemerintah. Beberapa masalah yang sering menghinggapi UKM di Indonesia adalah sebagai berikut : 1. Mutu atau kualitas produksi dan jasa UKM masih rendah, mereka belum memiliki standarisasi mutu yang baik, 2. Belum adanya batasan yang jelas dalam memproteksi UKM dari intervensi kekuatan modal besar seperti bengkel besar, hypermarket, supermarket, toserba dan seterusnya, 3. Akses modal dan pemasaran yang masih terbatas.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa para mekanik dan pemilik bengkel menyadari kekurangan mereka, khususnya dalam mutu dan

pelayanan pelanggan. Mereka menyadari pentingnya kualitas yang mereka hasilkan, dan ini harus berkembang dari waktu ke waktu. Mereka datang dan menghadiri acara workshop dengan antusias terbukti dengan berbagai kalangan yang datang dan banyak pertanyaan kritis yang mereka ajukan terkait dengan masalah mutu bengkel kendaraan bermotor. Selain itu mereka menyadari bahwa pelayanan pelanggan, pelatihan mekanik dan staf administrasi masih kurang. Selain itu dalam meningkatkan usaha mereka, modal bukanlah satu-satunya dan bukan yang utama dalam meningkatkan pangsa pasar. Lebih dari itu adalah mutu yang harus segera dibenahi agar pelanggan yang telah mereka dapatkan selama ini tidak pindah ke pelanggan lain. Dengan adanya pelatihan dan bimbingan ini maka diharapkan kualitas mekanik bengkel, pelayanan bengkel, meningkat. Selain itu mereka juga memahami bagaimana melayani pelanggan kendaraan bermotor dengan baik, dan standarisasi mutu administrasi bengkel yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. Usaha Kecil Menengah. http://id.wikipedia.org/wiki/Usaha_Kecil_dan_Menengah
- Condro Kirono. 2010. *Perlukan pembatasan sepeda motor ?*. <http://www.indorating.com/view.php?pg=2010/08/07082010/7862>
- Gunn, Simon A.Burthonshaw. 2011. *Alat dan Teknik Analisis Manajemen*. Penerbit Indeks. Bogor.
- Jabat Kaban. 2010. *Mari menilik peluang Usaha bengkel motor*. <http://bisnisukm.com/mari-menilik-peluang-usaha-bengkel-motor.html>
- Nasution, MN. 2010. *Total Quality Manajemen*. Penerbit Ghalia. Bogor.
- Ravik Karsidi. 2010. *Peran perguruan tinggi dalam membangun kewirausahaan*. ravik.staff.uns.ac.id/files/.../peran-perguruan-tinggi-dalam-membangun.doc
- Suharyadi, Arissetyanto, Purwanto dan Maman Faturohman. 2008. *Kewirausahaan, membangun usaha sejak Usia Muda*. Penerbit Salemba Empat. Jakarta.
- Utomo, Mikha. 2011. *Mengenal Usaha Bengkel*. Penerbit Esensi. Erlangga Group. Jakarta

Pengaruh Aplikasi Biosolar pada Transportasi Darat Khususnya Bus terhadap Efek Maintenance

Hadi Pranoto dan Nanang Ruhyat
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

Abstrak -- Saat ini seperti diketahui, Pertamina meluncurkan bahan bakar biodiesel ke pasaran. Hal ini dapat dimaklumi karena melihat harga fossil fuel yang sempat mencapai harga tertingginya di bulan Juli 2008, sementara Pemerintah masih terbelit dengan subsidi yang semakin besar. Akhirnya seluruh operator mesin diesel harus/ segera merealisasikan penghematan di sektor migas dengan melakukan beberapa konversi bahan bakar alternatif, saat ini yang sedang berlangsung adalah digunakannya bio fuel pada kendaraan yang bermesin diesel. Tetapi hal ini juga disertai dengan segudang fakta yang mempengaruhi system bahan bakar, dimana akan berakibat pada bertambahnya biaya maintenance akibat pemakaian dan kualitas dari bahan bakar tersebut.

Kata kunci : Bio Fuel, bio diesel, maintenance.

I. PENDAHULUAN

Salah satu jenis energi terbarukan adalah energi biomassa. Bahan-bahan yang termasuk dalam kategori biomassa adalah produk-produk tumbuhan, baik teresterial maupun akuatik dan material yang dihasilkan dari pengolahan tumbuhan tersebut oleh manusia atau hewan.

Bentuk pengkonversian biomassa yang dapat mensubstitusi bahan bakar minyak bumi adalah biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi. Biodiesel memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi lainnya, yaitu lebih mudah ditransportasikan, memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi, memiliki karakter pembakaran yang relatif bersih, biaya produksinya rendah dan ramah lingkungan.

BIO DIESEL, yaitu FAME atau MAE dari hasil reaksi minyak nabati dengan alkohol. Bio diesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran *mono-alkil ester* dari rantai panjang (asam lemak), yang dipakai sebagai bahan bakar alternative bagi bahan bakar mesin diesel dan terbuat dari sumber bahan bakar terbaharukan, seperti minyak sayur, atau lemak hewan.

Sebuah proses dari *transesterifikasi lipid* yang di gunakan untuk mengubah minyak dasar menjadi ester yang di inginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, tidak seperti minyak sayur langsung, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (solar) dari minyak bumi dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus, namun dia lebih sering digunakan sebagai penambah untuk bahan bakar diesel petroleum, meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah sulfur dan yang rendah pelumasannya.

Sehingga biodiesel merupakan kandidat paling dekat untuk bisa menggantikan fosil fuel atau bahan bakar fosil sebagai sumber energi transportasi utama di dunia, karena merupakan salah satunya bahan bakar terbaharui yang dapat menggantikan diesel petrol atau solar di mesin otomotif sekarang ini dan dapat diangkut serta dijual dengan menggunakan infrastruktur yang ada sekarang ini.

Penggunaan dan produksi biodiesel meningkat cepat, terutama di Eropa, Amerika, dan Asia, meskipun pasarnya masih belum begitu besar.

Pertumbuhan SPBU membuat semakin banyaknya penyediaan biodiesel kepada konsumen dan juga pertumbuhan kendaraan yang menggunakan bio diesel sebagai bahan bakar.

II. LATAR BELAKANG MASALAH

Peraturan menteri ESDM No.32 tanggal 26 September 2008 tentang mandatory, penyediaan, pemanfaatan, dan tata niaga Bio Fuel, salah satu pasalnya mengatur bahwa, (per Januari):

- 1% dari kebutuhan HSD untuk transportasi PSO harus sudah di gantikan dengan B 100,1% juga untuk transportasi non-PSO, dan 2.5% untuk industri dan komersial
- 1% kebutuhan Gasoline untuk sektor transportasi PSO sudah harus digantikan, 5% transportasi non-PSO dan 5% untuk industri/komersial.

Facta Mengenai BIO FUEL¹

- ✓ Bio Fuel diklaim sebagai ramah lingkungan dan pembakaran yang bersih.
- ✓ Untuk bio diesel dan bio etanol, pemakaiannya tidak membutuhkan modifikasi mesin (bio content < 20% wt).
- ✓ Nilai kalornya lebih rendah di banding solar atau premium, sehingga fuel consumption-nya menjadi lebih boros, walaupun demikian, apabila harga FAME atau ETANOL jauh lebih murah pemakaiannya akan memberikan penghematan.
- ✓ FAME tersedia di pasaran dengan kualitas dan sumber (palm oil, soy, etc) yang bermacam-macam, sementara FAME yang kualitasnya jelek dapat menyebabkan korosi di sistim bahan bakar.

FAME memiliki sifat :

- ✚ Melarutkan, sehingga dapat membawa kotoran yang selama ini ada ditangki BBM, cat dan lain-lain yang bisa menyumbat injector bahan bakar.
- ✚ Higroskopis, sehingga bisa menyerap air, yang kemudian mengandung mikroba tumbuh.
- ✚ Mudah teroksidasi membentuk asam, sedimen dan gum, sehingga dapat menyumbat filter atau injector

III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengusaha transportasi, khususnya darat yang *nota bene* menggunakan mayoritas mesin diesel dengan bahan bakar solar, dimana dengan penelitian ini, pengusaha dapat melakukan perawatan mesin diesel dengan baik dan benar, walaupun diketahui bahwa solar yang dikonsumsi oleh engine tersebut sangatlah jelek, dengan menyikapi perlakuan periodik maintenance dengan benar dan terjadwal, sehingga *live time* dari komponen, khususnya fuel system akan lebih lama.

Kemudian diketahui juga, bahwa permasalahan yang ditimbulkan dari kondisi bahan bakar yang berkualitas jelek tersebut, adalah banyaknya bus atau armada yang bermasalah di jalan atau trouble, sehingga mengakibatkan kerugian yang cukup tinggi, baik materil maupun non-materil, dimana pemecahan masalah tersebut bisa diselesaikan dengan baik.

IV. BATASAN MASALAH

Penelitian dikhususkan pada system bahan bakar diesel atau fuel system akibat pengaruh dari kualitas solar/bio diesel yang jelek sehingga biaya

maintenance menjadi lebih besar dari sebelum diberlakukanya peraturan menteri ESDM No.32.

V. METODE PENELITIAN DAN HASIL PENGUJIAN.

Penelitian ini dimulai dengan mengambil beberapa contoh solar atau bio solar serta fuel filter upper maupun yang lower pada sistem bahan bakar dari berbagai kendaraan bus yang ada dengan nomor polisi yang berbeda beda. Agar di peroleh data yang lebih akurat dalam menyimpulkan masalah yang timbul, sebelumnya dilakukan pemotretan terhadap beberapa filter solar atau fuel filter pada beberapa bus yang sedang di lakukan penelitian, dan melakukan pengujian laboratorium terhadap pelumas, untuk melihat penurunan kualitas pelumas yang terjadi serta fuel dilution-nya.

Hasil pengujian bio fuel terhadap aplikasi Bio Diesel. Beberapa hasil pengujian terhadap aplikasi BIO Diesel, bahkan pada B5 dan B10, menunjukkan bahwa :

- Kondisi Ruang Bakar menjadi lebih kotor seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 1. Cylinder head



Gambar 2. Blok cylinder dan piston

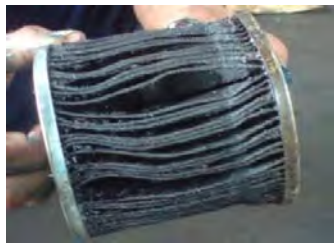
- Kondisi fuel filter sendimeter dan filter tangki bahan bakar yang sangat kotor, karena adanya ***gum*** atau ***sendimen*** pada 1500 KM dengan memakai bahan bakar bio solar, seperti terlihat pada gambar 3 berikut :

¹ Hasil diskusi ilmiah MASPI 8

Ditjen Migas 28 Oktober 2008 (hadi pranoto)



Gambar 3. Filter Tangki Bahan Bakar



Gambar 4. Fuel Filter Lower

- Pelumas mengalami penurunan kekentalan, berdasarkan info beberapa pihak yang juga melaksanakan pengujian dengan jenis dan kadar bio diesel berbeda, memang ada indikasi fuel dilution atas pelumas, seperti terlihat pada tabel hasil uji lab oli yang dilakukan rundem terhadap 20 unit bus yang ber- operasi di wilayah Jawa-Bali dan Sumatera dengan merek dan type mesin HINO dan mercedes benz, di dapat viscositas dan TBN yang cepat penurunannya, sehingga penggantian pelumas juga secara otomatis lebih pendek dari interval yang sebenarnya.

Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel/solar. Namun, minyak nabati mempunyai ciri khas tingkat kekentalan 20 kali lipat lebih tinggi dibandingkan bahan bakar diesel fosil. Kualitas ini mengakibatkan proses atomisasi bahan bakar yang buruk sehingga menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna. Titik nyala minyak nabati yang tinggi dan adanya kecenderungan untuk mengalami polimerisasi oksidatif atau termal memperburuk situasi tersebut, sehingga menyebabkan pembentukan deposit pada nozzle busi, terjadi penurunan intensitas secara gradual dan degradasi minyak pelumas, serta terjadi pelengketan pada cincin piston. Akibatnya, operasional jangka panjang minyak nabati atau campuran minyak nabati dan bahan bakar diesel fosil tentunya akan menghasilkan kerusakan mesin.

Masalah ini dapat diselesaikan dengan cara mengadaptasikan mesin dengan bahan bakar atau

mengadaptasikan bahan bakar dengan mesinnya. Strategi pertama menyebabkan pengembangan mesin berbahan bakar nabati sulit dikomersialkan. Strategi kedua diusahakan pada modifikasi minyak nabati dengan berbagai teknologi guna memproduksi bahan bakar yang sesuai dengan sifat dan kinerja bahan bakar diesel fosil. Teknologi konversi minyak nabati yang umum digunakan adalah transesterifikasi (trans-esterifikasi) antara minyak nabati dan metanol menggunakan katalis basa NaOH atau KOH.

Transesterifikasi merupakan perubahan bentuk dari satu jenis ester menjadi ester yang lain. Suatu ester merupakan suatu rantai hidrokarbon yang akan terikat dengan molekul yang lain. Satu molekul nabati terdiri dari tiga ester yang terikat pada satu molekul gliserol. Sekitar 20% molekul minyak nabati adalah gliserol. Proses ini akan mengubah trigliserida menjadi metil ester (biodiesel) dan gliserin. Transesterifikasi bertujuan untuk menurunkan viskositas minyak nabati dan meningkatkan daya pembakarannya sehingga dapat digunakan sesuai standar minyak diesel untuk kendaraan bermotor.

VI.KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap bio solar yang dikonsumsi oleh mesin diesel pada transportasi bus dengan rute Jawa-Bali serta Sumatera, penulis menyimpulkan dan memberikan beberapa saran diantaranya adalah sebagai berikut:

- ❖ Membuat perencanaan maintenance yang terjadwal berdasarkan medan kerja operasi dan dihitung berdasarkan kilometer (Jumlah operasi yang dikonversikan ke KM armada), agar diperoleh interval maintenance yang lebih akurat.
- ❖ Dari hasil pengujian bahwa *side effec* yang ditimbulkan sangat ekstrim adalah pada sistim bahan bakar di semua mesin bus, sehingga pada perencanaan maintenance yang terjadwal, perlu diberikan beberapa aditif yang dapat membersihkan ruang bakar dan ijector, melakukan pengurusan tangki bahan bakar secara periodik setiap 60.000 KM dengan melakukan penggantian filter solar, baik yang upper maupun yang lower sesuai dengan ketentuan maintenance brake down yang telah disekati, yaitu interval 15.000 km, meskipun hal ini akan meningkatkan biaya maintenance mesin bus secara keseluruhan.
- ❖ Efek dari Ruang Bakar yang kotor dan terindikasi karbon serta sulfur ini sangat rentan terjadi *blow bay*, sehingga sulphur dan karbon terkikis lewat dinding silinder yang mengakibatkan kemampuan aditif oli berkurang.

Analisis Kegagalan dengan Metoda FMEA pada Proses Heat Treatment (Annealing) Produk Cold Heading Quality Wire (CHQ) di PT X

Nanang Ruhyat, Masykuri Mubarak
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650
E-mail :

Abstrakt -- Adapun produk yang dihasilkan di perusahaan wire bermacam-macam meliputi Piano wire, High Carbon, Low Carbon, Cold Heading Quality wire, Cold Finished bar, Annealing dan Blueing. Adapun alur proses untuk menciptakan produk - produk tersebut bermacam – macam meliputi pickling, drawing (coil to coil, coil to bar dan bar to bar) dan juga Heat Treatment proses (Annealing, Air Patenting dan Blueing). Produk dapat berhasil menembus pasar sangat dipengaruhi oleh kualitas produk tersebut. Untuk dapat menghasilkan suatu produk yang baik dalam arti memenuhi standard dan keinginan konsumen perlu diterapkannya suatu pengendalian kualitas pada proses produksi, dengan cara melakukan system pengawasan mutu, melakukan pembenahan dan perbaikan yang nantinya dapat menghasilkan produk yang memiliki keunggulan kompetitif. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui akar permasalahan munculnya cacat produk, penyimpangan – penyimpangan yang terjadi di dalam proses produksi seperti cacat produk, dan usaha – usaha dalam memperbaiki serta meningkatkan kualitas produk. Langkah – langkah yang ditempuh dalam melakukan penelitian ini menggunakan 8 tahapan proses penelitian dengan menggunakan 4 alat bantu seperti : Lembar periksa, Diagram pareto, Peta pengendali dan Diagram sebab akibat dengan menggunakan metode 5W + 1H, diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan yang ada di dalam perusahaan. Dari hasil penelitian dan pengamatan menunjukkan bahwa faktor dominan yang menyebabkan cacat produk berasal dari faktor mesin dan tenaga kerja. Ini disebabkan karena banyak komponen mesin yang sudah tidak sesuai sehingga banyak mesin yang tetap beroperasi tidak sesuai dengan standard yang sudah ditetapkan.

Keywords : Heat Treatment, Produk, Kualitas, and FMEA

I. PENDAHULUAN

Suatu perusahaan industri, sudah pasti akan membuat suatu produk dalam bentuk sebuah barang. Dalam prosesnya, produk tersebut tidak selalu terproduksi baik, akan tetapi ada juga yang gagal atau tidak sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan oleh perusahaan atau pelanggan perusahaan tersebut. Kualitas produk yang baik merupakan persyaratan yang harus menjadi prioritas utama bagi suatu perusahaan.

Perusahaan yang memproduksi berbagai jenis wire / kawat baja memproduksi beberapa produk yang antara lain : *High Carbon wire*, *Piano wire*, *Cold Heading Quality wire (CHQ)*, *Cold Finished Steel Bar (CF Bar)*, *Low Carbon wire* dan *Blueing wire*. Setiap produk yang dihasilkan terdiri dari beberapa proses, ada yang D Proses, yaitu proses dari raw material langsung menjadi finish good (F/G). Ada juga yang DA Proses, yaitu proses dari raw material menjadi Half Finish (H/F), kemudian proses *Heat Treatment (Annealing)* kemudian proses finish good (F/G). Ada juga DAP Proses, yaitu sama seperti DA proses, hanya proses *Heat Treatment*-nya bukan *Annealing* tetapi *Air Patenting (AP)*. Untuk produk *Cold Heading Quality wire (CHQ)* itu sendiri termasuk dalam DA proses, yaitu dari raw material diproses *pickling* (pencucian), kemudian proses *drawing machine* (Penarikan), kemudian proses *Heat Treatment (Annealing)*, lalu proses *pickling* kembali dan diakhiri dengan *drawing F/G*. Karena begitu banyak dan lamanya proses untuk produk *Cold Heading Quality wire (CHQ)*, maka berkenaan dengan penelitian ini penulis hanya akan menganalisa dan mengamati di bagian proses *Heat Treatment (Annealing)* saja. Alasannya adalah karena jenis produk ini banyak itemnya dan tingkat kerusakannya paling tinggi dibanding dengan proses dan produk yang lainnya. Sampai saat ini perusahaan tersebut masih menghadapi kendala besarnya prosentase produk rusak yang dihasilkan melebihi standard yaitu 1 %. Secara umum pengertian produk rusak adalah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan perusahaan. Sedangkan definisi produk rusak

menurut PT X adalah hasil produk yang tidak sesuai spesifikasi.

II. PENGERTIAN PRODUK DAN KUALITAS

Produk didefinisikan sebagai suatu hasil proses yang akan ditawarkan ke pasaran (*market*). Sedangkan Kualitas didefinisikan sebagai suatu konsep yang luas yang mencakup tingkat kesempurnaan atau kesesuaian dengan spesifikasi atau standar perbandingan yang dapat diukur, sehingga hasilnya dapat ditunjukkan secara konsisten. Menurut beberapa ahli pengertian produk dan kualitas sebagai berikut :

Menurut Kotler Philip (1997) Produk adalah sesuatu yang dapat ditawarkan kedalam pasar untuk diperhatikan, dimiliki, dipakai atau dikonsumsi sehingga dapat memuaskan keinginan atau kebutuhan. Sedangkan kualitas menurut Kotler Philip (1997) adalah keseluruhan arti serta sifat barang dan jasa yang berpengaruh pada kemampuan memenuhi kebutuhan yang dinyatakan maupun yang tersirat.

Tabel1. Daftar Produk Rusak PT X Tahun 2010

Bulan	Jumlah Produk (kgs)	Jumlah Rusak (kgs)	% Rusak
Januari	671423	19500	2.90
Februari	690556	6947	1.01
Maret	819865	5718	0.70
April	854847	1477	0.17
Mei	893587	10707	1.20
Juni	873715	3999	0.46
Juli	875536	16693	1.91
Agustus	964421	5129	0.70
September	600784	4378	0.73
Oktober	702370	35848	5.10
Rata-rata	784710.4	11199.6	1.49

Sumber : PT X, 2010

Langkah perbaikan mutu dan kualitas dapat dilaksanakan dengan menggunakan alat, yaitu 7 alat bantu (*Seven tools*) yaitu :

- Check sheet atau lembar periksa.** Merupakan alat pengumpulan dan analisa data, sehingga diperoleh data yang mudah dan ringkas.
- Diagram Pareto (Pareto diagram)** Mengklasifikasikan masalah menurut prioritas atau tingkat kepentingan. Diagram ini digunakan untuk menunjukkan masalah utama, membandingkan masing – masing persoalan, menentukan frekuensi dan urutan pentingnya

masalah, dan memfokuskan pada bagian kritis melalui pembuatan prioritas tersebut.

- Diagram sebab akibat (Cause of Effect Diagram).** Diagram ini juga disebut dengan diagram tulang ikan (*FishBone*). Diagram ini bermanfaat untuk mengetahui kondisi yang sesungguhnya dan berpengaruh pada permasalahan, diagram ini menggunakan 4M + 1E (*Material, Methode, Man, Machine, Environment*).
- Stratifikasi (Analisis matriks).** Yaitu pengelompokan dari berbagai macam masalah menjadi kelompok yang lebih kecil, sehingga lebih mudah dimengerti, misalnya : Penyebab terjadinya *defect* pada produk antara lain : kerusakan mesin, kualitas bahan baku, pekerja (*human error*), metode kerja. Kemudian ditotal jumlah kejadian dari semua faktor. Stratifikasi dapat dilakukan menurut jenis kerusakan (kesalahan), penyebab dan tempat, waktu, alat dan operator yang mengerjakan.
- Diagram pencar / diagram tebar (Scatter Diagram).** Merupakan diagram yang menggambarkan korelasi / hubungan antara 2 faktor / data yang ada, untuk dapat mengetahui apakah kedua faktor tersebut mempunyai hubungan atau tidak.
- Histogram.** Adalah diagram yang menunjukkan harga rata – rata dan derajat penyebaran (distribusi) data yang ada.
- Peta Kontrol (Control Chart).** Digunakan untuk menghilangkan variasi yang terjadi dan mengukur tingkat keakurasian proses dengan menggambarkan batas kendali atas dan batas kendali bawah.

III. FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Failure modes and effects analysis (FMEA) merupakan salah satu teknik yang sistematis untuk menganalisa kegagalan. Teknik ini dikembangkan pertama kali sekitar tahun 1950-an oleh para insinyur kehandalan yang sedang mempelajari masalah yang ditimbulkan oleh peralatan militer yang mengalami malfungsi.

Secara umum tujuan dari penyusunan FMEA (IEEE STD. 352) adalah sebagai berikut:

Membantu dalam pemilihan desain alternatif yang memiliki keandalan dan keselamatan potensial yang tinggi selama fase desain.

Untuk menjamin bahwa semua bentuk mode kegagalan yang dapat diperkirakan berikut dampak yang ditimbulkannya terhadap kesuksesan operasional sistem telah dipertimbangkan.

Membuat daftar kegagalan potensial serta mengidentifikasi seberapa besar dampak yang ditimbulkannya.

Men-develop kriteria awal untuk rencana dan desain pengujian serta untuk membuat daftar pemeriksaan sistem.

Sebagai basis analisa kualitatif keandalan dan ketersediaan.

Sebagai dokumentasi untuk referensi pada masa yang akan datang untuk membantu menganalisa kegagalan yang terjadi di lapangan serta membantu bila sewaktu – waktu terjadi perubahan desain.

Sebagai data input untuk studi banding.

Sebagai basis untuk menentukan prioritas perawatan korektif.

Severity adalah sebuah penilaian pada tingkat keseriusan suatu efek atau akibat dari potensi kegagalan pada suatu komponen yang berpengaruh pada suatu hasil kerja mesin yang dianalisa/diperiksa. *Severity* dapat dinilai pada skala 1 sampai 10. tabel ranking severity dapat dilihat di bawah ini.

Occurrence adalah sebuah penilaian dengan tingkatan tertentu dimana adanya sebuah sebab kerusakan secara mekanis yang terjadi pada mesin tersebut.

Detection adalah sebuah penilaian yang juga memiliki tingkatan seperti halnya severity dan occurrence. Penilaian tingkat detection sangat penting dalam menemukan potensi penyebab mekanis yang menimbulkan kerusakan serta tindakan perbaikannya

Tabel 2. Ranking Occurrence

Peluang kegagalan	Kemungkinan gagal (per 1000 jam)	Prosentase	Ppk	Peringkat
Sangat Tinggi	≥ 100	10%	< 0,55	10
	50	5%	≥ 0,55	9
Tinggi	20	2%	≥ 0,78	8
	10	1%	≥ 0,86	7
Sedang	5	0.50%	≥ 0,94	6
	2	0.20%	≥ 1,00	5
	1	0.10%	≥ 1,10	4
Rendah	0.5	0.05%	≥ 1,20	3
	0.1	0.01%	≥ 1,30	2
Terkontrol	0.01	0.00%	≥ 1,67	1

$$RPN = S \times O \times D$$

RPN adalah produk dari S x O x D dimana akan terdapat angka RPN yang berlainan pada tiap alat yang telah melalui proses analisa sebab akibat kesalahan, pada alat yang memiliki angka RPN tertinggi.

IV. PENGUMPULAN DATA

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data hasil proses produksi
2. Data Kegagalan proses
3. Data penyebab kegagalan (*failure mode*)

4. Data efek yang ditimbulkan apabila kegagalan tersebut terjadi (*effect*)

5. Data Kerusakan *annealing* PT. X.

V. PENGOLAHAN DATA

Jumlah produk serta produk rusak bulan Januari 2010 akan dilakukan analisis dengan diagram pengawasan pada setiap harinya, yaitu untuk mengetahui besarnya jumlah produk yang rusak serta prosentase rusaknya. Besarnya prosentase kerusakan pada bulan Januari adalah sebesar 2.90%. Hasil ini didapat dari menghitung jumlah proporsi kerusakan sebagai berikut :

$$\bar{p} = \frac{\text{banyaknya yang cacat dalam sampel ukuran } n}{n}$$

$$\bar{p} = \frac{\sum p_i}{\sum n_i} = \frac{21682}{692855}$$

$$\bar{p} = 2.90\%$$

Kemudian menentukan batas atas (*Upper control limit*) batas kontrol bawah (*Lower control limit*) dengan cara :

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$UCL = 0.029 + 3 \sqrt{\frac{0.029(1-0.029)}{671423}}$$

$$UCL = 0.035$$

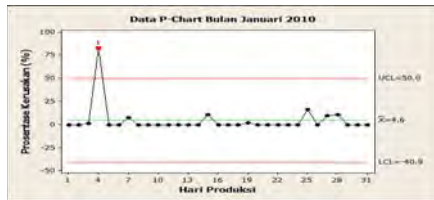
$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCL = 0.029 - 3 \sqrt{\frac{0.03(1-0.03)}{671423}}$$

$$LCL = 0.023$$

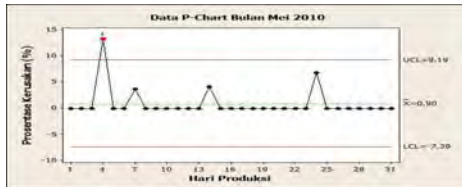
Sedangkan di bawah ini dapat dilihat mengenai grafik *P-Chart* pada bulan Januari 2010.

Dalam membuat diagram *P-Chart*, penulis menggunakan bantuan software Mini Tab 14.



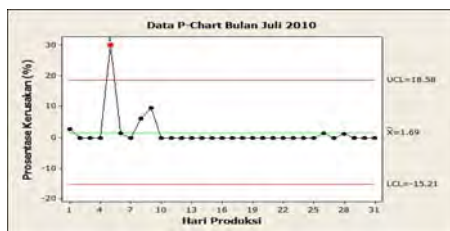
Grafik 1. Grafik P-Chart bulan Januari 2010

Dari grafik P-Chart diatas dapat diketahui bahwa ada sample produksi yang melebihi batas pengendalian atas yaitu sample pada hari produksi ke 4.



Grafik 2. Grafik P-Chart bulan Mei 2010

Dari grafik P-Chart diatas dapat diketahui bahwa ada sample produksi yang melebihi batas pengendalian atas yaitu sample pada hari produksi ke 4.



Grafik 3. Grafik P-Chart bulan Juli 2010

Dari grafik P-Chart diatas dapat diketahui bahwa ada sample produksi yang melebihi batas pengendalian atas yaitu sample pada hari produksi ke 5.

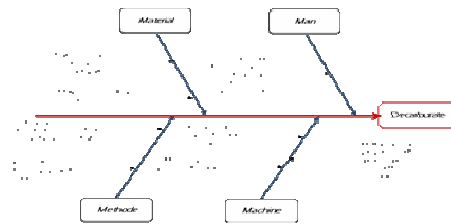


Grafik 4. Grafik P-Chart bulan Oktober 2010

Dari grafik P-Chart diatas dapat diketahui bahwa ada sample produksi yang melebihi batas pengendalian atas yaitu sample pada hari produksi 11 dan 12.

Untuk mencari penyebab kerusakan produk secara pasti, maka perlu menganalisis kejadian-kejadian serta waktu kejadian kerusakan dan parameter proses annealing tersebut, baik dari hasil analisis secara kuantitatif maupun secara kualitatif. Untuk menganalisa faktor-faktor yang menjadi penyebab kerusakan maka akan dibuat diagram

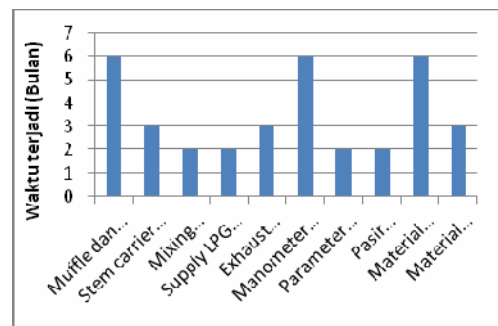
sebab akibat (*Effect Analysis of Diagram*) atau yang lebih dikenal dengan diagram tulang ikan.

Gambar 1. *Effect Analysis of Diagram*

VI. ANALYSIS FMEA

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan kegagalan proses *Heat Treatment (Annealing)*

No.	Jenis Kegagalan	Waktu Terjadi
1	Muffle dan tabung (POT) leakage	6 bulan
2	Stem carrier karat	3 bulan
3	Mixing pump low (rendah)	2 bulan
4	Supply LPG & gas RX kurang	2 bulan
5	Exhaust pipe mampet	3 bulan
6	Manometer tidak standar	6 bulan
7	Parameter generator RX tidak standar	2 bulan
8	Pasir menyembur	2 bulan
9	Material disposisi	6 bulan
10	Material karat	3 bulan



Grafik 5. Data hasil pengamatan kegagalan proses *Heat Treatment (Annealing)*

Mencari Tingkatan Nilai Occurrence

$$Ppk = \frac{Z}{3}$$

Dimana,

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Dengan,

$$\mu = n.p$$

$$\sigma^2 = n.p.(1-p)$$

$$\sigma = \sqrt{n.p.q}$$

Keterangan:

Ppk = Probability Proses Control

Z = Distribusi normal

x = waktu terjadi

n = Frekuensi kegagalan dalam satu tahun

p = Peluang kegagalan pertahun (x/12).

Probabilitas yang sukses

q = Probabilitas yang gagal (q = 1 - p)

σ = Simpangan baku

μ = Nilai tengah

1. Muffle dan tabung (POT) leakage

$$x = 6$$

$$p = x/12 = 6/12 = 1/2$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/2 = 1/2$$

$$n = 2$$

$$\mu = n.p = (2) \cdot (1/2) = 1$$

$$\sigma^2 = n.p.q = (2) \cdot (1/2) \cdot (1/2) = 0,5$$

$$\sigma = \sqrt{0,5} = 0,7$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{6 - 1}{0,7} = 7,14$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{7,14}{3} = 2,38$$

Jadi, untuk jenis kegagalan *Muffle* dan tabung (POT) leakage memiliki tingkatan nilai/rangking occurrence = 1 (lihat tabel occurrence).

2. Stem carrier karat

$$x = 3$$

$$p = x/12 = 3/12 = 1/4$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/4 = 3/4$$

$$n = 4$$

$$\mu = n.p = (4) \cdot (1/4) = 1$$

$$\sigma^2 = n.p.q = (4) \cdot (1/4) \cdot (3/4) = 0,75$$

$$\sigma = \sqrt{0,75} = 0,886$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{3 - 1}{0,886} = 2,25$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{2,25}{3} = 0,75$$

Jadi, untuk jenis kegagalan Stem carrier karat memiliki tingkatan nilai/rangking occurrence = 9 (lihat tabel occurrence).

3. Mixing pump low (rendah)

$$x = 2$$

$$p = x/12 = 2/12 = 1/6$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/6 = 5/6$$

$$n = 6$$

$$\mu = n.p = (6) \cdot (1/6) = 1$$

$$\sigma^2 = n.p.q = (6) \cdot (1/6) \cdot (5/6) = 0,833$$

$$\sigma = \sqrt{0,833} = 0,9128$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{2 - 1}{0,9128} = 1,095$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{1,095}{3} = 0,365$$

Jadi, untuk jenis kegagalan *Mixing pump low* memiliki tingkatan nilai/rangking occurrence = 10 (lihat tabel occurrence).

4. Supply LPG & gas RX kurang

$$x = 2$$

$$p = x/12 = 2/12 = 1/6$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/6 = 5/6$$

$$n = 6$$

$$\mu = n.p = (6) \cdot (1/6) = 1$$

$$\sigma^2 = n.p.q = (6) \cdot (1/6) \cdot (5/6) = 0,833$$

$$\sigma = \sqrt{0,833} = 0,9128$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{2 - 1}{0,9128} = 1,095$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{1,095}{3} = 0,365$$

Jadi, untuk jenis kegagalan *Supply LPG & gas RX* kurang memiliki tingkatan nilai/rangking occurrence = 10 (lihat tabel occurrence).

5. Exhaust pipe mampet

$$x = 3$$

$$p = x/12 = 3/12 = 1/4$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/4 = 3/4$$

$$n = 4$$

$$\mu = n.p = (4) \cdot (1/4) = 1$$

$$\sigma^2 = n.p.q = (4) \cdot (1/4) \cdot (3/4) = 0,75$$

$$\sigma = \sqrt{0,75} = 0,886$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{3 - 1}{0,886} = 2,25$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{2,25}{3} = 0,75$$

Jadi, untuk jenis kegagalan *Exhaust pipe mampet* memiliki tingkatan nilai/rangking occurrence = 9 (lihat tabel occurrence).

6. Manometer tidak standard

$$x = 6$$

$$p = x/12 = 6/12 = 1/2$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/2 = 1/2$$

$$n = 2$$

$$\mu = n.p = (2) \cdot (1/2) = 1$$

$$\sigma^2 = n.p.q = (2) \cdot (1/2) \cdot (1/2) = 0,5$$

$$\sigma = \sqrt{0,5} = 0,7$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{6 - 1}{0,7} = 7,14$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{7,14}{3} = 2,38$$

Jadi, untuk jenis kegagalan Manometer tidak standard memiliki tingkatan nilai/rangking occurrence = 1 (lihat tabel occurrence).

7. Parameter generator RX tidak standard

$$x = 2$$

$$p = x/12 = 2/12 = 1/6$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/6 = 5/6$$

$$n = 6$$

$$\mu = n.p = (6) \cdot (1/6) = 1$$

$$\sigma^2 = n.p.q = (6) \cdot (1/6) \cdot (5/6) = 0,833$$

$$\sigma = \sqrt{0,833} = 0,9128$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{2 - 1}{0,9128} = 1,095$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{1,095}{3} = 0,365$$

Jadi, untuk jenis kegagalan *Parameter generator RX tidak standard* memiliki tingkatan nilai/rangking *occurrence* = 10 (lihat tabel *occurrence*).

8. Pasir menyembur

$$x = 2$$

$$p = x/12 = 2/12 = 1/6$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/6 = 5/6$$

$$n = 6$$

$$\mu = n \cdot p = (6) \cdot (1/6) = 1$$

$$\sigma^2 = n \cdot p \cdot q = (6) \cdot (1/6) \cdot (5/6) = 0,833$$

$$\sigma = \sqrt{0,833} = 0,9128$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{2 - 1}{0,9128} = 1,095$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{1,095}{3} = 0,365$$

Jadi, untuk jenis kegagalan *Pasir menyembur* memiliki tingkatan nilai/rangking *occurrence* = 10 (lihat tabel *occurrence*).

9. Material disposisi

$$x = 6$$

$$p = x/12 = 6/12 = 1/2$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/2 = 1/2$$

$$n = 2$$

$$\mu = n \cdot p = (2) \cdot (1/2) = 1$$

$$\sigma^2 = n \cdot p \cdot q = (2) \cdot (1/2) \cdot (1/2) = 0,5$$

$$\sigma = \sqrt{0,5} = 0,7$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{6 - 1}{0,7} = 7,14$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{7,14}{3} = 2,38$$

Jadi, untuk jenis kegagalan *Material disposisi* memiliki tingkatan nilai/rangking *occurrence* = 1 (lihat tabel *occurrence*).

10. Material karat

$$x = 3$$

$$p = x/12 = 3/12 = 1/4$$

$$q = 1 - p = 1 - 1/4 = 3/4$$

$$n = 4$$

$$\mu = n \cdot p = (4) \cdot (1/4) = 1$$

$$\sigma^2 = n \cdot p \cdot q = (4) \cdot (1/4) \cdot (3/4) = 0,75$$

$$\sigma = \sqrt{0,75} = 0,886$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{3 - 1}{0,886} = 2,25$$

$$Ppk = \frac{Z}{3} = \frac{2,25}{3} = 0,75$$

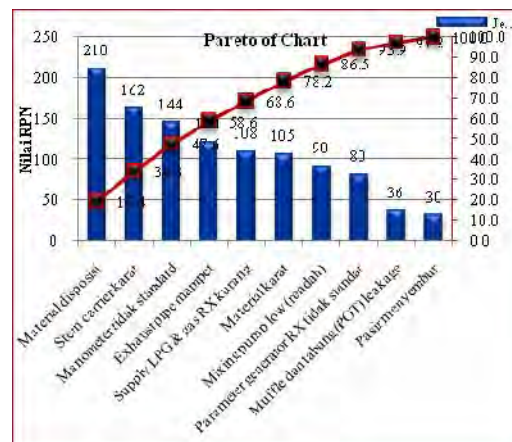
Jadi, untuk jenis kegagalan *Material karat* memiliki tingkatan nilai/rangking *occurrence* = 9 (lihat tabel *occurrence*).

Berdasarkan hasil pengolahan data pada tabel sebelumnya, maka dapat dibuat pareto diagram seperti pada Grafik 6.

VII. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah diuraikan di atas, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penyebab penyebab yang menjadi akar permasalahan dalam kasus kerusakan diproses *heat treatment* khususnya proses *annealing* adalah factor dari mesin yang memang kurang / tidak dalam kondisi yang standard dan juga faktor manusia.
2. Penyebab terjadinya kerusakan produk dari mesin yang dianalisa menggunakan diagram tulang ikan antara lain : *Muffle* bocor, *Mixing pump pressure low* (rendah), *RX gas Flow* ke *furnace* kurang
3. Penyebab terjadinya kerusakan produk dari mesin yang dianalisa menggunakan analisa FMEA antara lain :
 - a) Tingkat RPN yang tertinggi terjadi pada empat bagian yaitu :
 - Material disposisi dengan RPN 210
 - Stem carrier karat dengan RPN 162
 - Manometer tidak standard dengan RPN 144
 - Exhaust pipe mampet dengan RPN 120
 - b) Tingkat RPN yang tertinggi pada bagian tersebut diatas menguasai 636 point atau 58 % dari RPN total sebesar 1085 point atau 100%
 - c) Dari tingkat nilai RPN yang tinggi tersebut, maka masalah-masalah tersebut harus mendapatkan perhatian khusus dalam proses produksinya.



Grafik 6. Grafik Pareto Tingkat kerusakan Proses Heat Treatment (Annealing)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achyari, A. (1983). *Manajemen Produksi "Pengendalian Produksi"*, Edisi tiga. Yogyakarta : BPFE.
- [2] Dale, H.B. (1986). *Quality Control*, Edisi tiga. International Edition. New Jersey USA : Prentice Hall

- [3] Gaspersz, V. (1983). ***Statistical Proses Control, Penerapan teknik teknik Statistical dalam Manajemen Bisnis Total.*** PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [4] Kottler P. (1997). ***Marketing Manajemen, Analysis, Planning, Implementation and Control, Edisi sembilan.*** Prentice Hall International.
- [5] Reksohadiprodja, S. (1991). ***Manajemen Produksi, Edisi empat.*** Yogyakarta : BPFE.

Peningkatan Produktivitas pada Industri Kecil Mebel Melalui Perbaikan Desain Fasilitas Kerja

Peniel Immanuel Gultom

Jurusan Teknik Mesin D III, Institut Teknologi Nasional Malang'

Jalan Bendungan Sigura-gura no. 2 Malang 65145

E-mail : peniel_immanuel@yahoo.com

Abstrak -- Berdasarkan hasil survey di industri kecil pembuatan mebel modern di Malang, masih ditemukan aktifitas kerja yang belum produktif, ditinjau dari penggunaan waktu, tenaga, efektifitas dan efisiensi kerja. Salah satunya pada proses pembuatan profil modern pada kayu yang masih dikerjakan secara manual yaitu dengan hanya memegang trimer dan router begitu saja. Hal ini kurang mendukung untuk mendapatkan hasil profil yang baik dan juga mengakibatkan pekerja merasa cepat lelah sehingga akan menurunkan produktivitas kerja. Diperlukan suatu fasilitas kerja yang mampu meningkatkan produktivitas yaitu suatu alat untuk membuat profil modern pada kayu yang dirancang berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi. Untuk dapat menentukan desain fasilitas kerja yang benar, diperlukan kriteria penilaian antara lain: analisis sikap kerja (Nordic Body Map), analisis torsi dan analisis antropometri. Hasil penelitian pada pembuatan meja makan bundar menunjukkan bahwa dengan menggunakan alat yang baru yang dirancang berdasarkan prinsip ergonomi tersebut terdapat kenaikan jumlah produksi hingga 137% dibandingkan dengan cara manual.

Kata Kunci: Profil modern pada kayu, Fasilitas kerja, Produktivitas

I. PENDAHULUAN

Di era globalisasi ini banyak bermunculan produk-produk baru yang mempunyai bentuk dan desain yang selama ini belum pernah ada (inovasi) itu semua diakibatkan karena ketatnya persaingan antar perusahaan yang sudah berkembang.

Pada dasarnya profil kayu dibagi menjadi 2 tipe yaitu klasik dan modern. Contoh profil tipe klasik adalah hasil ukir-ukiran, dan alat untuk membuatnya adalah pahat. Contoh profil tipe modern adalah lekuk-lekukan yang terdapat pada perabot rumah tangga berbahan baku kayu seperti lemari, pintu, kusen dan lain-lain. Perbedaananya adalah pada profil tipe klasik motif profilnya sangatlah rumit dan sebaliknya pada profil tipe modern motif profilnya cenderung sederhana. Alat yang digunakan untuk membuat profil tipe modern

adalah *Trimer* dan *Router*. Pada dasarnya fungsi kedua alat tersebut adalah sama, hanya saja *router* lebih besar dan berat, perbedaannya pada penggunaannya. *Trimer* biasanya digunakan untuk membuat profil kecil pada kayu berukuran kecil seperti pigura sedangkan *router* biasa digunakan untuk profil besar pada kayu berukuran besar seperti meja, lemari dan sebagainya.

Para pengrajin kayu, membuat profil pada produk-produk mereka seperti : pintu, jendela, kusen dan lain-lain, masih menggunakan cara yang manual yaitu hanya dengan memegang *trimer* dan *router* begitu saja. Hal ini kurang mendukung untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan hal ini akan menimbulkan kelelahan pada pergelangan tangan, lengan serta bahu dan akibatnya akan menurunkan produktivitas kerja. Selain itu cara ini bukanlah cara yang ergonomis karena memaksa para pengrajin bekerja pada posisi membungkuk untuk waktu yang lama pada saat melakukan pembuatan profil dan hal ini akan mempercepat kelelahan seluruh tubuh.

Biasanya para pengrajin pada saat melakukan proses pembuatan profil, kayu diletakkan di atas meja tanpa alat bantu yang memadai. Hal ini akan mengakibatkan seringkali kayu tersebut bergerak karena mendapat tekanan dari *trimer* atau *router*. Pada waktu kayu tersebut bergerak proses pembuatan profil terhenti karena mata pisau *trimer* dan *router* tidak lagi mengiris kayu tersebut. Proses pembuatan profil dapat dilanjutkan kembali tetapi sulit untuk memperoleh hasil yang maksimal, karena profil yang baru biasanya tidak sama dengan hasil profil yang lama. Selain itu karena *router* mempunyai berat 5 kg, pada saat melakukan pembuatan profil dengan *router* bisa saja tekanan *router* pada kayu bertambah atau berkurang karena pengrajin tidak stabil dalam menjaga tekanan pada kayu. Hal tersebut tentu saja akan menghasilkan profil yang tidak sama rata antara sisi satu dengan sisi lainnya.

Kerja yang kurang optimal menyebabkan rendahnya produktivitas yang dicapai, oleh karena itu untuk mencapai produktivitas yang optimal harus diimbangi dengan fasilitas kerja yang mendukung pada alat tersebut, sehingga dapat

meminimalkan waktu kerja dan kondisi fisik pekerja tidak terlalu kelelahan.

Tujuan penelitian ini adalah merancang fasilitas kerja pembuatan profil kayu yang efisien berdasarkan kaidah ergonomi sehingga memberikan keamanan dan kenyamanan bagi operator serta menghitung dan membandingkan waktu standart operator sebelum dan sesudah perancangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dua prinsip aplikasi konsep *Human Integrated Design* yang digunakan dalam merancang fasilitas kerja yaitu: [4]

1. Seorang perancang fasilitas kerja harus menyadari benar bahwa faktor manusia akan menjadi kunci kesuksesan dalam penggunaan perancangan fasilitas kerja.
2. Perlu juga menyadari bahwa setiap produk akan memerlukan informasi-informasi yang mendetail dari semua faktor yang terkait dalam setiap proses perancangan.

Perancangan fasilitas kerja dapat dipengaruhi beberapa aspek yang berasal dari berbagai disiplin ilmu (spesialisasi) keahlian yang ada

Ergonomi [4]

Tujuan utama dari ergonomi adalah :

- Memperhatikan performansi kerja manusia, seperti menambah ketepatan kerja dan mengurangi energi yang berlebihan serta mengurangi kelelahan.
- Mengurangi waktu pelatihan dan biaya.
- Memperbaiki pendayagunaan sumber daya manusia melalui peningkatan ketrampilan (*skill*) yang diperlukan.
- Mengurangi waktu yang terbuang sia-sia dan meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan *human error*.
- Memperbaiki kenyamanan manusia dalam bekerja.

Dengan demikian tujuan ergonomi adalah meningkatkan efektifitas, efisiensi, produktifitas, keamanan dan keselamatan serta kenyamanan.

Antropometri

Antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang oleh manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut.[1]

Data antropometri yang digunakan dalam perancangan stasiun kerja pembuatan profil kayu ini adalah sebagai berikut :[2]

1. *Elbow to Height* (Tinggi Siku Berdiri)
2. *Side Arm Reach* (Jangkauan Samping)
3. *Thumb Tip Reach* (Jangkauan Depan)

Metode Statistik [3]

1. Uji Keceragaman Data

- Rata-rata hitung

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

- Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n^2}} \quad (2)$$

- Batas Kontrol

$$BKA = \bar{X} + k \cdot \sigma \quad (3)$$

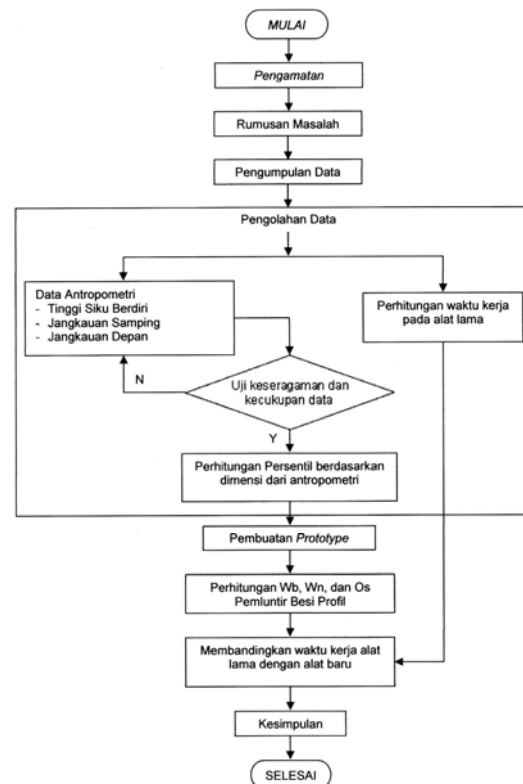
$$BKB = \bar{X} - k \cdot \sigma$$

1. Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[\frac{k_s \sqrt{N (\sum X^2) - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad (4)$$

III. METODE PENELITIAN

Secara ringkas urutan langkah-langkah penelitian yang akan ditempuh dapat dijelaskan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

IV. HASIL DAN PERANCANGAN

4.1 Proses Produksi

Salah satu hasil produksi adalah daun meja bundar ukuran Ø 1 m. Untuk pembuatan profil standar pada daun meja tersebut dibutuhkan waktu

± 26 menit/meja. Jadi dalam 1 hari dapat menghasilkan ± 16 daun meja bundar.

4.2 Sikap Kerja

Yang dimaksud sikap kerja disini adalah sikap tubuh pekerja sewaktu bekerja membuat profil pada daun meja bundar. Terdapat sikap kerja yaitu berjongkok dan berdiri membungkuk seperti pada gambar 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Sikap Kerja Berjongkok

Tabel 1. Beban Torsi Pada Sikap Kerja Posisi Berjongkok

Torque Table							
Force (lb)	on left hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Force (lb)	on right hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Moment (lb.ft)	on left hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Moment (lb.ft)	on right hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Force (lb)	on left foot:	X	0.00	Y	66.32	Z	0.00
Force (lb)	on right foot:	X	0.00	Y	66.32	Z	0.00
Joint Torque							
Wrist	Left	Right	% Diff				
	0	0	0				
Elbow	1	2	100				
Shoulder	2	2	0				
Hip	8	8	0				
Knee	8	9	0				
Ankle	6	6	0				
Back		41					
Neck		4					



lb-ft

50							
33							
16							
0							

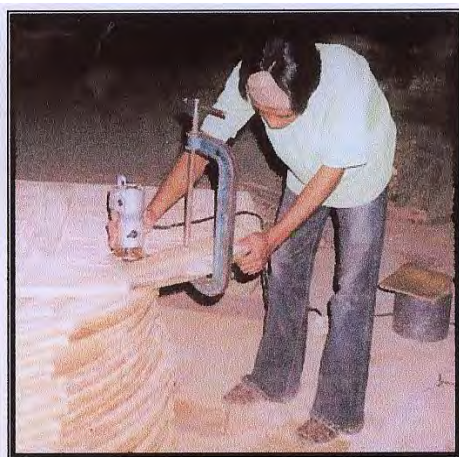
Wrist
Elbow
Shoulder
Hip
Knee
Ankle
Back
Neck

Ok

Save

Print

Cancel



Gambar 3. Sikap Kerja Berdiri Membungkuk

Tabel 2. Beban Torsi Pada Sikap Kerja Posisi Berdiri Membungkuk

Torque Table						
Force (lb) on left hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Force (lb) on right hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Moment (lb.ft) on left hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Moment (lb.ft) on right hand:	X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
Force (lb) on left foot:	X	0.00	Y	66.32	Z	0.00
Force (lb) on right foot:	X	0.00	Y	66.32	Z	0.00

Joint Torque	Left	Right	% Diff
Wrist	0	0	0 Diff
Elbow	1	1	0
Shoulder	1	2	100
Hip	9	9	0
Knee	8	8	0
Ankle	8	8	0
Back		47	
Neck		4	



lb.ft	L R	L R	L R	L R	L R	L R	Back	Neck
0	Wrist	Elbow	Shoulder	Hip	Knee	Ankle	Back	Neck

4.3 Waktu Kerja dan Output Standar Produksi Lama Per Orang

- $\bar{X}$ = 20.39 menit
- Penetapan faktor penyesuaian (metode Westing House), $P = 1,08$
- Waktu Normal, $W_n = W_{\text{observasi rata-rata}} \times P$
 $= 20.39 \times 1,08$
 $= 22,02$ menit
- Total Allowance = 16 %
- Waktu Standar,

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{Allowance}}$$

$$= 22.02 \times \frac{100\%}{100\% - 16\%}$$

$$= 26.21 \text{ menit/meja}$$

- Output Standar, $O_s = \frac{1}{W_b}$
 $= \frac{1}{26.21} \times 60 \text{ menit}$
 $= 2.3 \text{ meja/jam}$

4.4 Hasil Pengukuran Antropometri Pekerja

Berikut hasil pengukuran antropometri yang diukur secara langsung dari 15 orang pekerja sebagai sampel kemudian dihitung persentilnya yaitu 5, 50 dan 95 persentil dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Persentil

Jenis Data (cm)	5%	50%	95%
Tinggi Siku Berdiri	102	106,5	111,12
Jangkauan Samping	80	85	89
Jangkauan Depan	72	77	81

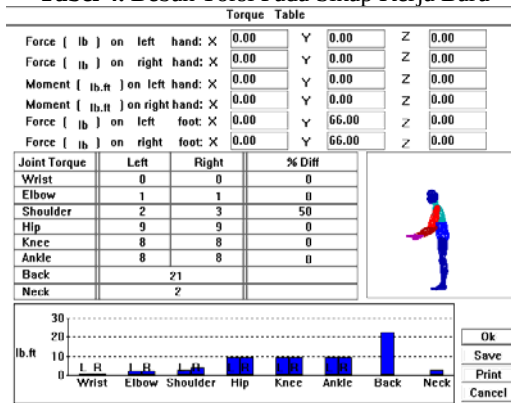
4.4 Hasil Rancangan

Dari beberapa alternatif desain yang dibuat dan dievaluasi, maka dibuatlah sebuah prototipe fasilitas kerja sebagai hasil perwujudan dari desain akhir seperti yang tampak pada gambar 4.



Gambar 4. Desain Akhir

Tabel 4. Beban Torsi Pada Sikap Kerja Baru



4.5 Perhitungan Waktu Kerja Dengan Menggunakan Desain Fasilitas Kerja Baru Per Orang

- $\bar{X} = 9.26$ menit
- Penetapan faktor penyesuaian (metode Westing House), $P = 1,08$
- Waktu Normal, $W_n = W_{\text{observasi rata-rata}} \times P$
 $= 9.26 \times 1,08$
 $= 10$ menit
- Total Allowance = 9 %
- Waktu Standar,

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{Allowance}}$$

$$= 10 \times \frac{100\%}{100\% - 9\%}$$

$$= 11 \text{ menit/meja}$$

$$\text{Output Standar, } O_s = \frac{1}{W_b}$$

$$= \frac{1}{11} \times 60 \text{ menit}$$

$$= 5.45 \text{ meja/jam}$$

Tabel 5. Efisiensi Waktu Standar Operasi dan Peningkatan Output Standar Produksi

	Cara Kerja Lama	Fasilitas Kerja Baru	Keterangan
Waktu Standar	26.21 menit	11 menit	Efisiensi waktu = 15.21 menit/meja = 58%
Output Standar	2.3 meja/jam	5.45 meja/jam	Peningkatan = 3.15 meja/jam = 137%

VI. KESIMPULAN

- Operasional fasilitas kerja pembuatan profil kayu ini lebih mudah, nyaman dan lebih aman bagi pekerja dalam bekerja.
- Fasilitas kerja ini juga dapat diatur ketinggiannya (*adjustable*), sehingga walaupun berganti pekerja, namun tetap dapat nyaman dalam bekerja sesuai dengan ketinggian tubuhnya.
- Dengan adanya fasilitas kerja pembuatan profil kayu yang baru maka terdapat efisiensi waktu standar operasi dan peningkatan *output* standar produksi seperti pada tabel 5.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurmiyanto, Eko (2003). *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Penerbit Guna Widya, Jakarta.
- [2] Panero, Julius dan Zelnik, Martin. (2005). *Dimensi Manusia dan Ruang Interior*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3] Sudjana. (1996). *Metoda Statistika*, Edisi Kedua. Penerbit Tarsito, Bandung.
- [4] Wigjosoebroto, Sritomo. (2000). *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*, Edisi Pertama. Penerbit Guna Widya, Surabaya.

Peningkatan Kualitas Komponen Roda Gigi Fly Wheel Daihatsu Lokal dengan Proses Pack Karburising Arak Aktif Batok Kelapa

Samsudi Raharjo¹, Dian Yezhi Anggoro²

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang

E-mail: samraharjo2@gmail.com

Abstrak -- Roda gigi Fly Wheel pada kendaraan bermotor merk Daihatsu yang berpasangan dengan pinion merupakan salah satu komponen yang berfungsi menggerakkan dan mentransmisikan daya pada start pertama pada mesin. Dipasaran beredar beberapa macam produk roda gigi fly wheel kendaraan merk daihatsu mulai dari produk orisinil (buatan jepang) yang berharga mahal, hingga produk-produk non orisinil yang harganya relatif lebih murah. Harga orisinil saat ini berkisar 3 s/d 5 kali lipat dari harga produk tiruan. Kualitas produk non orisinilpun patut dipertimbangkan mengingat perbedaan harga yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan roda gigi fly wheel kendaraan merk Daihatsu yang berkualitas tinggi dengan produk yang lebih murah. Metode yang digunakan yaitu melakukan proses perlakuan permukaan dengan karburasi padat, dilanjutkan perlakuan panas quench hardening, tempering dan tempering dilakukan pada roda gigi fly wheel kendaraan merk Daihatsu non orisinil sehingga kualitasnya mendekati produk roda gigi fly wheel kendaraan merk daihatsu yang orisinil. Hasil pengamatan struktur pada bagian permukaan menunjukkan fasa martensit, semakin banyak fasa martensit yang terbentuk menyebabkan tingkat kekerasan semakin tinggi searah dengan meningkatnya variasi waktu tahan. Hasil pengujian kedalaman difusi dan komposisi kimia menunjukkan semakin dalam difusi karbon dan meningkatnya kadar karbon dipengaruhi oleh variasi waktu tahan. Semakin besar waktu tahan semakin besar difusi karbon dan semakin meningkatnya komposisi unsur kimia.

Kata kunci: Karburasi padat, Baja karbon rendah, tempering

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini penggunaan kendaraan bermotor terkhusus kendaraan roda empat dirasakan semakin meningkat dan keadaan ini juga dibarengi semakin tingginya kebutuhan akan *spare part*. Dipasaran tersedia beragam jenis dari *genuine part* sampai *spart part* tiruan. Bila ditinjau dari segi harga berbeda tiga sampai lima kali lipat,

disebabkan material asli menggunakan material yang berkualitas tinggi, demikian pula proses pembuatan *spart part* orisinil lebih rumit dan mahal dengan dibandingkan *spare part* tiruan dibuat pada industri rumahan pengecoran logam. Serta pokok permasalahan bagi industri rumahan kekurangan teknologi yang memadai.

Pada penelitian ini, peneliti akan meneliti perbedaan kualitas antara komponen roda gigi fly wheel asli dibandingkan dengan komponen tiruannya. Dan akan melakukan perbaikan kualitas roda gigi fly wheel tiruan dengan proses *pack carburising*. Adapun bahan yang akan digunakan untuk melakukan *pack carburising* dengan menggunakan arak aktif batok kelapa yang mengandung karbon tinggi, yang mudah didapatkan sehingga proses pengarbonan dengan ongkos rendah. Dan harga jual produk dapat ditekan.

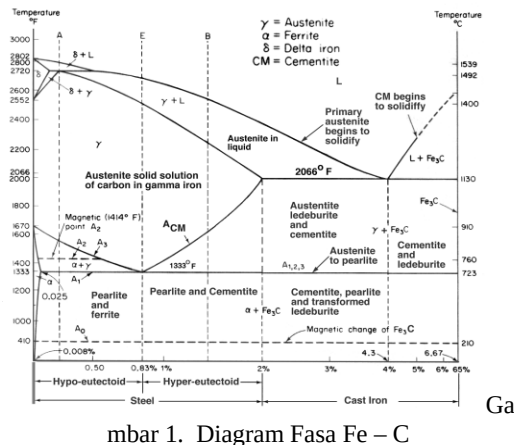
II. TINJAUAN PUSTAKA

Roda gigi fly wheel salah satu komponen yang membutuhkan permukaan keras dengan bagian tengah yang tetap ulet, sehingga upaya yang dilakukan pengerasan permukaan dengan karburasi kemudian di temper. (Staff.net.ac.uk).

Karburasi baja, dengan tujuan meningkatkan konsentrasi karbon dilapisan permukaan dari produk baja untuk mendapatkan permukaan tahan aus yang lebih keras. Cara ini dengan cara menahan gas yang terdiri campuran CH₄ dan atau CO pada temperatur austenitasi dengan mengontrol proporsi dan konsentrasi karbon pada permukaan baja dalam keadaan setimbang dengan campuran gas dapat ditentukan dengan jumlah konsentrasi yang sesuai. Pada waktu bersamaan karbon berdifusi secara kontinu dari permukaan ke baja. Dan profil konsentrasi yang dapat dipakai berdasar perbedaan waktu dan secara analitik dapat diselesaikan dengan Hukum Fick II: $C = C_s - (C_s - C_o) \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D}t} \right)$. Dari persamaan nilai yang lebih akurat didapat dari buku standart matematika yang diketahui bahwa $\operatorname{erf} (0,5)$ adalah 0,5 konsentrasi antar C_s dan $C_o = 9 \frac{x}{2\sqrt{D}t} = 0,5$ sehingga tebal bagian yang dikarburasi = $\sqrt{D}t$. (Matter.urg.uk).

Pack Karburising dengan cara meletakan komponen yang akan diproses kedalam wadah dari logam, campuran karburasi serbuk batu bara dan

10% barium karbonat pada temperatur konstan antara 850°C - 950°C ditahan beberapa waktu untuk memastikan berapa waktu yang tepat dan karbon terdifusi kedalam komponen yang dikarburasi. Berikut ini ditunjukan diagram FeC sebagai acuan untuk menunjukan dan menentukan letak baja carbon rendah yang digunakan sebagai bahan roda gigi fly wheel (Potter, 1993).

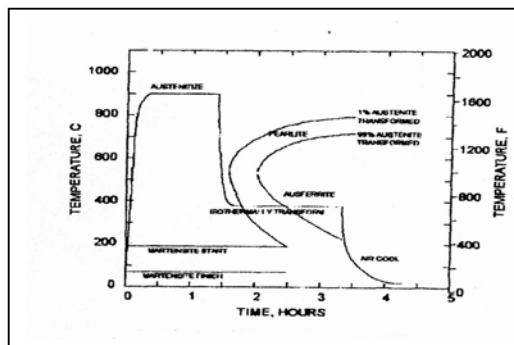


mbar 1. Diagram Fasa Fe – C

Dari diagram fasa diatas letak baja carbon rendah didaerah konsentrasi dibawah 0,8%C, perlakuan proses pack carburising adalah austempering dengan tahapan:

1. Carburasi komponen coran dipanaskan dengan suhu 850-950°C 15-60 menit.
2. Tempering setelah carburasi komponen coran dicelup dalam bak garam pada suhu 150°C 30-180 menit kemudian didiamkan.

Perlakuan panas menghasilkan mikrostruktur bainit yang berbeda, tergantung waktu dan suhu perlakuan, ditunjukan siklus diagram perlakuan austempering pada Gambar 2.



Gambar 2. Mikrostruktur Bainit

Laju pendinginan selama pencelupan, pengurangan temperature yang cepat dari temperature austenitiasi ke temperature austempering, Laju pendinginan selama tahap ini sangat penting, karena menentukan mikrostruktur baja yang akan diaustemper dan menghasilkan

pearlit dan Mn sering dipakai untuk mengurangi laju pembentukan pearlite.

Karbon aktif, adalah istilah umum untuk material carbon yang kebanyakan berasal dari batubara, material ini mempunyai penampang permukaan yang luas, hanya 1 gram karbon aktif punya daerah permukaan mendekati 500 m², Aktivikasi dilakukan khusus untuk aplikasi permukaan luas dan perlakuan kimiawi untuk mengatasi sifat penyerapan material (Djaprie, 1995).

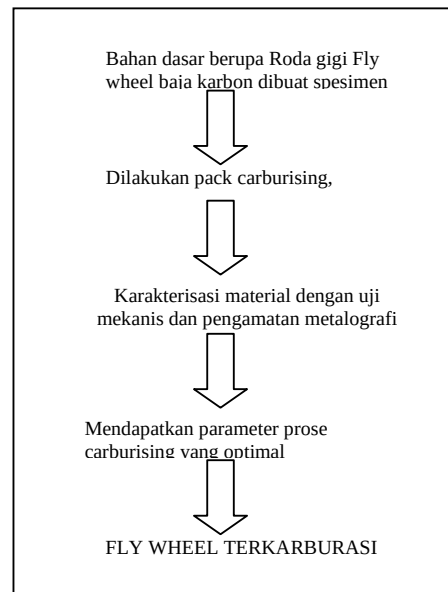
Sifat karbon aktif, struktur carbon aktif seperti pita kertas yang kecil dan bergumpal, bercampur dengan campuran kayu. Permukaan bahan rata seperti grafit berposisi parallel satu sama lainnya, dipisahkan oleh sekian nano meter jadi rongga yang sangat kecil menyediakan kondisi terjadinya absorbs. Uji daya penyerapan dilakukan dengan gas Nitrogen pada suhu 77°K dibawah tekanan tinggi.

Secara fisik carbon aktif mengikat material dengan gaya Van der Waals khususnya gaya London ispersion, Carbon aktif menyerap iodine dengan baik (ASTM D28).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Rangkaian penelitian akan dilaksanakan secara bertahap meliputi;

1. Pengembangan material local dengan karburasi dan
 2. Studi optimasi karakteristik, berikut adalah diagram alir penelitian;
- berikut adalah diagram alir penelitian yang dilakukan:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Bahan penelitian;

Bahan pack karburising fly wheel local buatan industry rumahan pengecoran logam berbahan baja, arang karbon aktif, batok kelapa dan katalis BaCO.

Studi produktifitas, usaha yang dapat meningkatkan karakteristik fly wheel berbahan baja carbon dengan perlakuan surface heat treatment, yang berupa proses *pack carburizing*. Variabel Percobaan, dibagi menjadi dua; yaitu variabel tetap dan variabel berubah, pada suhu 850°C lama waktu; 3, 4, 7 dan 8 jam.

Karakterisasi Baja Tercarburasi; meliputi; 1. Uji keras dengan menggunakan hardness Vickers, 2 Pengamatan metalografi dengan mikroskop optic.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode kekerasan Vickers dengan pembebanan 1000 gram untuk setiap material. Pengujian dilakukan pada specimen sebelum dan sesudah perlakuan.

Tabel 1. Harga kekerasan material dasar dan
Tabel 2. Harga kekerasan material Pengarbonan

No.	Jarak tepi (mm)	D ¹	D ²	HVN
1	0,2	48,2	48,3	429,5
2	0,5	50,2	50,1	397,6
3	0,8	54,8	54,5	334,8
4	1,5	57,6	57,8	300,3
5	3	62,3	62,5	256,8

Tabel 3. Kedalaman difusi

No.	Waktu carburasi	Kedalaman difusi(mm)
1	3	0,1158
2	4	0,1617
3	6	0,3776
4	8	0,4773

Pengujian komposisi kimia

Dilakukan menggunakan mesin spektrum komposisi kimia universal secara otomatis terbaca kadar komposisi kimia benda uji. Hal ini terlihat pada Tabel 4.

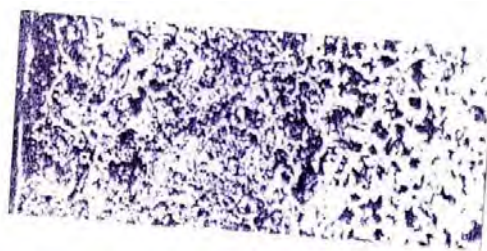
Tabel 4. Komposisi kimia

Unsur Paduan	Komposisi lama uji 8 jam
Ferro (Fe)	95,19
Silicon (Si)	0,263
Vanadium(Va)	0,001
Cobalt (Co)	0,013
Carbon (C)	0,808
Cuprum (Cu)	0,19
Titanium (Ti)	< 0,000
Niobium (Nb)	0,006
Mangan (Mn)	0,43
Nikel (Ni)	1,694
Aluminium(Al)	0,015
Phospor (P)	0,013

Chrom (Cr)	1,304
Boron (Bo)	<0,000
Sulfur (S)	0,029
Molibdenum Mo	0,01
Wolfram (W)	0,038

Pengujian Metalografi

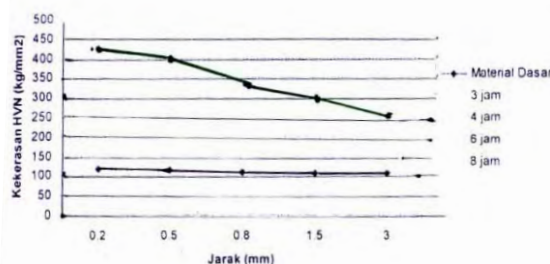
Dilakukan menggunakan alat mikroskop optik, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Metalografi mikroskop optik

PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan yang telah dilakukan pada material yang dikarburasi menghasilkan distribusi kekerasan yang berbeda mulai dari bagian permukaan ke bagian inti. Dari variasi waktu penahanan, 3, 4, 6, dan 8 jam lihat tabel 2! dan grafik yang terbentuk seperti gambar 5.



Gambar 5. Distribusi Kekerasan

Kekerasan cenderung semakin turun menuju inti, yang diakibatkan oleh kadar karbon semakin ke inti unsur C terdifusi semakin sedikit. Dan nilai kekerasan semakin naik hal ini seiring dengan naiknya waktu tahanan.

Pengujian Komposisi kimia

Hasil pengujian komposisi kimia variasi waktu tahanan 3, 4, 6, dan 8 jam menunjukkan kandungan unsur karbonnya semakin meningkat. Pada temperatur terurainya CO menjadi carbon aktif yang dapat berdifusi masuk kedalam material specimen atau menaikkan kadar carbon kedalam specimen.

V. KESIMPULAN DAN SARAN**5.1. Kesimpulan**

1. Hasil pengamatan foto struktur pada bagian permukaan menunjukan fasa martensite, semakin banyak fasa martensit yang terbentuk menyebabkan tingkat kekerasan semakin tinggi yang searah dengan meningkatnya waktu tahan.
2. Hasil pengujian kedalaman difusi dan komposisi kimia menunjukan semakin dalam difusi karbon dan meningkatnya kadar karbon dipengaruhi oleh variasi waktu tahan, semakin besar waktu tahan semakin besar difusi karbon dan semakin meningkatnya komposisi unsur kimia.

5.2. Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang proses karburasi padat ini berdasar parameter – parameter yang terlihat.
2. Perlu adanya penelitian lanjut tentang penggunaan sumber karbon yang lain sebagai misal batu bara, arang kayu atau sekam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM A 536, Anual Book of ASTM Standart, Vol.1.02, ASTM, West Conshohocken, 1999
- [2] ASTM A 897, Anual Book of ASTM Standart, Vol.1.02, ASTM, West Conshohocken, 1999
- [3] Bhadesia HKHD, Bainite in Steels, The Institute of Materials, 1992
- [4] B.H.Amstead, Sriati Djaprie, Teknologi Mekanik, Edisi ketujuh jilid 1, Erlangga 1995
- [5] Carburising, <http://www.matter.urg.uk> steel matter manufacturing surface hardness, 2000
- [6] DA Porter And Easterling, Phase Transformation In Metal and Alloys, Chapman and Hall, 1993
- [7] Pack Carburising, <http://www.staff.net.ac.uk>
- [8] Steel Hardening Process, <http://roymech.co.uk> usefull tabel matter ron steel, 2006.

Uji Coba *Surface Hardening* Pada Bahan *Stainless Steel 304* Dengan Alat *RF-Plasma Nitrocarburizing* Buatan *Research Group* Sendiri

Usman Sudjadi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650

Abstrak -- *Surface hardening* pada bahan *Stainless Steel 304* dengan alat *RF-plasma nitrocarburizing* buatan *research group* sendiri telah dikerjakan. Beberapa samples telah di *nitrocarburizing* pada suhu 400°C selama (0,5-6) jam. Hasilnya menunjukkan bahwa, pada sample awal kekerasan bahan SUS 304 adalah $260,58 \text{ Kgf/mm}^2$, setelah di *nitrocarburizing* pada suhu 400°C selama 6 jam, kekerasannya menjadi $347,62 \text{ Kgf/mm}^2$, sedangkan kedalaman maximum atom-atom nitrogen dan carbon yang terdifusi kedalam bahan SUS 304 ialah $109,1 \text{ micrometer}$. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa pada sample yang telah di *nitrocarburizing* pada temperatur 400°C selama 6 jam terlihat jelas adanya lapisan atom-atom N dan C di dalam bahan SUS 304. Samples awal dan yang *dinitrocarburizing* 400°C ($t = 6 \text{ jam}$) terdapat matrix yang sama yaitu γ -phase, δ -ferrite, dan *twinning transformation*.

Kata kunci : *Nitrocarburizing*, *RF-plasma*, SUS 304, kekerasan, struktur mikro

1. PENDAHULUAN

Telah dibuat alat yang baru pertama kali di Indonesia yaitu alat *Radio Frequency (RF) Plasma Nitrocarburizing*. Kegunaan alat ini adalah untuk mengeraskan permukaan material pada seluruh komponen elemen mesin yang memerlukan ketahanan aus karena permukaannya selalu bergesekan dengan komponen elemen mesin yang lain seperti misalnya *bearing*, poros, *gear*, piston, rel kereta api dan roda kereta api dan lain-lain. Alat ini dapat juga digunakan untuk mengeraskan permukaan komponen-komponen fasilitas nuklir maupun fasilitas *nuclear reactor for research* serta fasilitas PLTN. Komponen-komponen pada fasilitas nuklir dan PLTN yang harus di *surface hardening* yaitu bahan *conveyor di hot cell* pada fasilitas uji pasca iradiasi (*PIE-facility*), bahan *bearing* pada *turbine – generator*, bahan komponen pada pompa air pendingin pada *nuclear reactor*, bahan poros *blower exhaust*, bahan poros motor listrik, *system* hidrolik (mekanisme gerak *lifting device* limbah dari *hotcell* 101 ke 102, *plunger* pada *pneumatic/hydraulic system*, material dari

hydraulic system, manipulator di *hotcell* dan lain sebagainya. Selain itu dapat juga untuk mengeraskan seluruh permukaan komponen di industri penerbangan dan perkapalan. Teknologi pengerasan permukaan (*surface hardening*) pada bahan telah dilakukan beberapa peneliti dengan mempergunakan beberapa *technologies* [1-7]. *Technologies* tersebut meliputi *plasma nitriding* dan *nitrocarburizing*, *plasma immersion implantation*, *ECR ion nitriding*, *rf plasma nitriding* dan *nitrocarburizing*, *low pressure plasma assisted nitriding* dan *high current density ion beam nitriding* [8]. Di Indonesia telah dibuat beberapa alat *plasma nitriding* seperti *DC plasma nitriding* (maximum temperature hanya 500°C) di PTAPB Yogyakarta dan alat *nitrocarburizing* temperatur tinggi di Fakultas Teknik metalurgi Universitas Indonesia. *RF-plasma nitrocarburizing* saat ini telah dikembangkan oleh *research group* kami, hasil penelitiannya kami laporkan dalam paper ini. Seperti diketahui bahwa baja SUS 304 adalah baja yang banyak dipakai di instalasi fasilitas nuklir, instalasi pengeboran minyak, pemipaan, *bearing*, piston, rel kereta api, beberapa komponen elemen mesin, pada alat transportasi dan lain-lain [9, 10]. Pada studi ini akan dilaporkan hasil penelitian *surface hardening* pada bahan SUS304 pada temperatur 400°C selama (0,5-6) jam dengan alat *RF-plasma nitrocarburizing* buatan *research group* sendiri.

II. METODE PENELITIAN

Material SUS 304 yang akan diteliti dipotong menjadi 7 *sample* dengan menggunakan mesin potong. Penandaan diberikan pada setiap *sample* sesuai dengan waktu proses *nitrocarburizing*. Penandaan terdiri dari: awal, A, B, C, D, E dan F, yang menyatakan waktu pada proses *nitrocarburizing* yaitu: 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam. Temperatur proses *nitrocarburizing* pada samples A sampai F adalah 400°C . Proses *nitrocarburizing* dilakukan dengan mengalirkan gas Nitrogen (N_2) dan C_6H_6 . *Sample* diletakkan pada *chamber* tungku *RF-Plasma Nitrocarburizing* pada temperatur 400°C dengan waktu yang berbeda pada masing-masing *sample*, yaitu: 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam. Gas nitrogen dan gas C_6H_6 dari tabung

dialirkan menuju tabung *nitrocarburizing* yang telah divakumkan dan dipanaskan sehingga membentuk *plasma*. Bahan yang dikeraskan ditempatkan pada pemegang *sample* sebagai katoda kemudian *plasma* ditarik dan dipercepat menuju *sample* oleh pengaruh medan listrik menggunakan tegangan tinggi sehingga ion-ion positif nitrogen dan ion-ion positif carbon yang terbentuk terdepositasi pada permukaan *sample*. Ion-ion yang terdepositasi pada permukaan *sample* selanjutnya akan terdifusi dan membentuk lapisan maka terjadilah proses pengerasan permukaan. Setelah proses *nitrocarburizing* selesai maka tahapan berikutnya yaitu pemberian tanda (kode) pada *samples*, *mounting*, *grinding*, *cleaning*, *polishing*, dan *etching*. Pengamatan mikro struktur dan kedalaman *nitrocarburizing* menggunakan alat *optical microscope* dan SEM (Scanning Electron Microscope). Pengujian komposisi kimia di *matrix* menggunakan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy). Pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji kekerasan Vicker's.

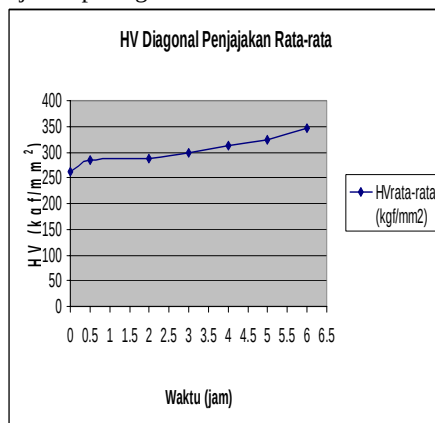
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Kekerasan Vickers

3.1.1. Hasil pengujian kekerasan Vickers

Hasil dari pengujian kekerasan dibawah ini adalah hasil pengujian dari *sample* awal dan *sample* setelah mengalami proses *nitrocarburizing* pada temperatur 400°C dengan waktu yang berbeda yaitu: 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam. Pengujian kekerasan yang digunakan adalah pengujian kekerasan Vickers dengan beban penjejakan 300 grf dan waktu penjejakan 15 detik.

Hasil perhitungan kekerasan Vickers dari penjejakan rata-rata masing-masing *sample* ditunjukkan pada grafik dibawah ini:



Gambar 1. Grafik kekerasan Vickers diagonal penjejakan rata-rata

3.1.2. Pembahasan hasil pengujian kekerasan Vickers

Dari hasil pengujian kekerasan yang telah ditunjukkan pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa hasil pengujian material *Stainless Steel 304*

memiliki nilai kekerasan Vickers yang berbeda pada masing-masing *sample* dengan waktu yang berbeda. Penjejakan pertama sampai kelima dirata-rata sehingga dapat dilihat bahwa hasil kekerasan pada masing-masing *sample* yaitu sebagai berikut:

- 1) *Sample* awal adalah sebesar 260,58 kgf /mm².
- 2) *Sample* A dengan waktu 0,5 jam adalah sebesar 283,41 kgf /mm².
- 3) *Sample* B dengan waktu 2 jam adalah sebesar 287,29 kgf /mm².
- 4) *Sample* C dengan waktu 3 jam adalah sebesar 298,03 kgf /mm².
- 5) *Sample* D dengan waktu 4 jam adalah sebesar 313,81 kgf /mm².
- 6) *Sample* E dengan waktu 5 jam adalah sebesar 324,51 kgf /mm².
- 7) *Sample* F dengan waktu 6 jam adalah sebesar 347,62 kgf /mm².

Sehingga menghasilkan grafik dengan kekerasan naik, perlakuan *nitrocarburizing* dengan variasi waktu yang berbeda menyebabkan material tersebut menjadi semakin keras, semakin lama waktunya semakin tinggi kekerasan yang diperoleh. Kenaikan tersebut disebabkan karena waktu yang lama mengakibatkan banyak unsur yang terdifusi kedalam *sample*, semakin lama waktu yang digunakan maka semakin banyak unsur nitrogen dan karbon yang terdifusi. Dari pembahasan diatas dapat diketahui bahwa kekerasan terendah terdapat pada *sample* awal yang belum mengalami proses *nitrocarburizing*, sedangkan kekerasan tertinggi terdapat pada *sample* F yang telah mengalami proses *nitrocarburizing* selama 6 jam.

3.2. Pengujian Stuktur Mikro

3.2.1. Hasil pengujian struktur mikro

Hasil pengujian struktur mikro sebelum dan setelah mengalami proses *nitrocarburizing* dengan waktu 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam pada temperatur masing-masing 400°C dengan pembesaran 200 kali dapat dilihat pada Gambar 2.

3.2.2. Pembahasan hasil pengujian struktur mikro

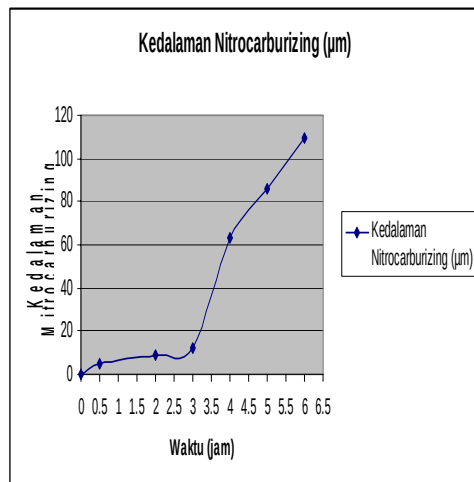
Dari hasil pegujian struktur mikro dengan perbesaran 200 kali, dan menurut penelitian yang saya lakukan dengan Kazumi Aoto dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*) pada *sample* awal tanpa mengalami proses *nitrocarburizing* dan *sample* yang telah mengalami proses *nitrocarburizing* pada temperatur 400°C dengan variasi waktu 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 6 jam sama-sama memiliki tiga *matrks* yaitu: *twinning transformation*, γ -*phase* yang memiliki struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*) dan δ -*ferrite* yang memiliki struktur kristal BCC (*Body Centered Cubic*).

3.3. Pengujian Kedalaman Nitrocarburizing pada Sample Stainless Steel 304

3.3.1. Hasil pengujian kedalaman nitrocarburizing pada sample Stainless Steel 304

Pada pengujian ini hanya difokuskan pada pengukuran kedalaman nitrocarburizing (kedalaman nitrogen dan karbon) pada permukaan sample yang telah mengalami proses nitrocarburizing. Hasil dari pengukuran kedalaman nitrocarburizing pada permukaan sample dapat dilihat dibawah ini:

Berikut ini adalah grafik dari kedalaman nitrocarburizing:



Gambar 9. Grafik kedalaman nitrocarburizing (kedalaman nitrogen dan karbon)

3.3.2. Pembahasan hasil pengujian kedalaman nitrocarburizing pada sample Stainless Steel 304

Dari hasil pengukuran kedalaman nitrocarburizing (kedalaman nitrogen dan karbon) pada sample Stainless Steel 304 dapat diketahui sebagai berikut:

- 1) Pada sample awal tidak terjadi perubahan kedalaman nitrocarburizing, karena pada sample awal belum mengalami proses nitrocarburizing.
- 2) Pada sample A dengan waktu 0,5 jam mempunyai kedalaman sebesar 4,5 μm atau 0,045 mm.
- 3) Pada sample B dengan waktu 2 jam mempunyai kedalaman sebesar 9,0 μm atau 0,09 mm.
- 4) Pada sample C dengan waktu 3 jam mempunyai kedalaman sebesar 11,8 μm atau 0,0118 mm.
- 5) Pada sample D dengan waktu 4 jam mempunyai kedalaman sebesar 63,6 μm atau 0,0636 mm.
- 6) Pada sample E dengan waktu 5 jam mempunyai kedalaman sebesar 86,3 μm atau 0,0863 mm.

- 7) Pada sample F dengan waktu 6 jam mempunyai kedalaman sebesar 109,1 μm atau 0,01091 mm.

Dari data diatas dapat diketahui bahwa semakin lama waktu pada proses nitrokarburizing maka akan menghasilkan kedalaman yang semakin dalam.

3.4. Pengujian Struktur Mikro dengan Menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) dan Pengujian Komposisi Kimia dengan Menggunakan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)

3.4.1. Hasil pengujian struktur mikro dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy)

Hasil pengujian struktur mikro dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) pada sample sebelum dan setelah mengalami proses nitrocarburizing dengan waktu 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam pada temperatur masing-masing 400°C dengan pembesaran 1000 kali dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

3.4.2. Pembahasan hasil pengujian struktur mikro dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy)

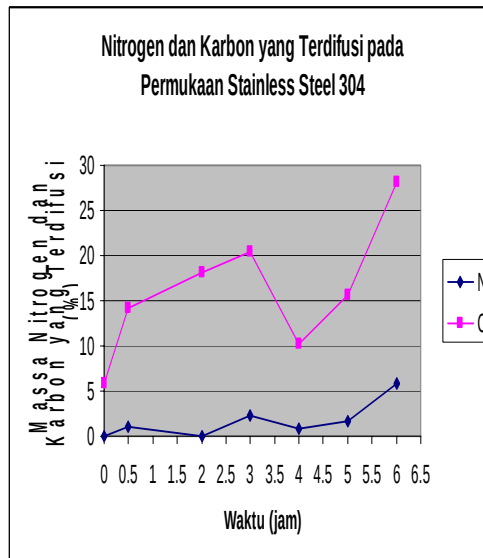
Dari hasil pengujian mikrostruktur menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) diatas dengan perbesaran 1000 kali dan menurut penelitian yang saya lakukan dengan Kazumi Aoto dengan SEM (Scanning Electron Microscopy) dan EDAX (Energy Dispersive Analysis X-Ray) pada sample awal tanpa mengalami proses nitrocarburizing dan sample yang telah mengalami proses nitrocarburizing pada temperatur 400°C dengan variasi waktu 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 6 jam sama-sama memiliki tiga matriks yaitu: *twinning transformation*, γ -phase yang memiliki struktur kristal FCC (Face Centered Cubic) dan δ -ferrite yang memiliki struktur kristal BCC (Body Centered Cubic)^[11-14], lihat Gambar 10 dan 11.

3.4.3. Hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)

Hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) pada sample sebelum dan setelah mengalami proses nitrocarburizing dengan waktu 0,5 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam pada temperatur masing-masing 400°C dapat dilihat pada hasil penembakan EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) dan grafik dibawah ini:

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia *Stainless Steel 304* dengan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*)

Unsur (%)	Sample dengan waktu						
	Awal	A 0,5 jam	B 2 jam	C 3 jam	D 4 jam	E 5 jam	F 6 jam
C	5,79	14,07	18,15	20,35	10,20	15,37	28,03
N	-	0,99	-	2,36	0,88	1,69	5,76
O	-	-	-	1,94	-	-	-
Al	-	0,55	18,12	-	-	-	-
Si	0,55	0,43	-	0,34	0,4	0,1	0,39
Cr	15,79	16,07	-	12,82	14,84	13,55	11,19
Mn	7,34	1,02	1,26	5,63	0,72	0,14	5,16
Fe	66,02	59,79	63,18	53,87	63,08	60	48,69
M	1,62	7,26	7,29	1,17	1,71	1,55	1,09
Cu	2,29	-	-	1,52	2,18	1,59	1,46



Gambar 14. Grafik massa nitrogen dan karbon yang terdifusi pada permukaan *Stainless Steel 304*

3.4.4. Pembahasan hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*)

Dari hasil pengujian komposisi kimia menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) pada masing-masing sample dapat diketahui persentase karbon (C) dan nitrogen (N) yang terdifusi yaitu pada sample awal terdapat adanya unsur karbon (C) sebesar 5,79 %, sample A dengan waktu 0,5 jam sebesar 14,07 %, sample B dengan waktu 2 jam sebesar 18,15 %, dan sample C dengan waktu 3 jam sebesar 20,35 %, karbon (C) yang terdifusi mengalami kenaikan. Tetapi pada sample D dengan waktu 4 jam karbon (C) yang terdifusi mengalami penurunan sebesar 10,15 % dari 20,35 % menjadi 10,20 %, kemudian pada sample E dengan waktu 5 jam karbon (C) yang terdifusi naik kembali sebesar 5,37 % dari 10,20 % menjadi 15,57 %, selanjutnya pada sample F dengan waktu 6 jam karbon (C) yang terdifusi semakin naik menjadi 28,03 % dari 15,57 %, kenaikannya sebesar 12,46 %.

Sedangkan unsur nitrogen (N) yang terdifusi yaitu: pada sample awal unsur nitrogen (N) tidak terdeteksi, sample A dengan waktu 0,5 jam sebesar 0,99 %, sample B dengan waktu 2 jam unsur nitrogen (N) tidak terdeteksi, dan sample C dengan waktu 3 jam sebesar 2,36 %, Tetapi pada sample D dengan waktu 4 jam nitrogen (N) yang terdifusi mengalami penurunan sebesar 1,48 % dari 2,36 % menjadi 0,88 %, kemudian pada sample E dengan waktu 5 jam nitrogen (N) yang terdifusi naik kembali sebesar 0,81 % dari 0,88 % menjadi 1,69 %, selanjutnya pada sample F dengan waktu 6 jam karbon yang terdifusi semakin naik menjadi 5,76 % dari 1,69 %, kenaikannya sebesar 4,07 %.

Dari data diatas terdapat beberapa penurunan karbon (C) dan nitrogen (N), bahkan pada sample awal dan pada sample B dengan waktu 2 jam unsur nitrogen tidak terdeteksi. Dengan adanya penurunan karbon (C) dan nitrogen (N) serta tidak terdeteksinya nitrogen ini pada proses nitrocarburizing 4 jam dan 5 jam grafik menjadi turun, seharusnya grafik selalu naik. Hal ini disebabkan kemungkinan besar pada waktu melakukan pengujian EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) titik tembaknya tidak pas pada layer (lapisan permukaan) dan bentuk tembakan EDS-nya bukan berbentuk *spot* melainkan berbentuk *square* (lihat table 1 dan Gambar 12-24).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya yaitu:

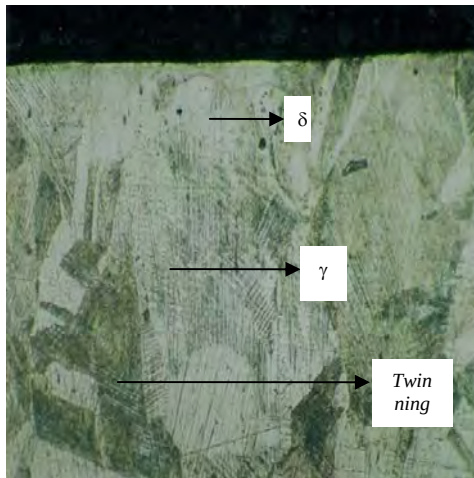
- Hasil pengujian kekerasan menggunakan metode *Vickers* dengan sample sebelum dan sesudah mengalami proses *nitrocarburizing* dengan variasi waktu yang berbeda menunjukkan peningkatan sesuai dengan lamanya waktu proses. Semakin lama waktu maka kekerasannya semakin meningkat.
- Hasil pengujian struktur mikro dapat disimpulkan bahwa pada sample awal tanpa mengalami proses *nitrocarburizing* dan sample yang telah mengalami proses *nitrocarburizing* pada temperatur 400°C sama-sama memiliki tiga matriks, yaitu: *twinning transformation*, γ -phase dan δ -ferrite.
- Hasil pengukuran kedalaman *nitrocarburizing* (kedalaman nitrogen dan karbon) dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu sample mengalami proses *nitrocarburizing* maka semakin dalam nitrogen dan karbon yang terdifusi pada permukaan sample.
- Hasil pengujian struktur mikro dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian mikrostruktur menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan perbesaran 1000 kali pada sample awal tanpa mengalami proses *nitrocarburizing* dan sample

yang mengalami proses *nitrocarburizing* pada temperatur 400°C dengan variasi waktu ½ jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 6 jam sama-sama memiliki tiga matriks yaitu: *twinning transformation*, γ -phase dan δ -ferrite.

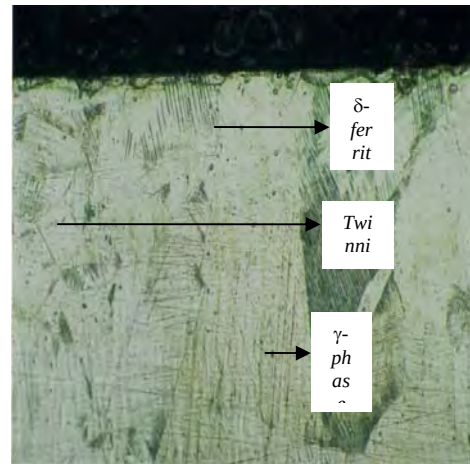
5. Hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) dapat disimpulkan bahwa dari data diatas terdapat beberapa penurunan karbon (C) dan nitrogen (N), bahkan pada *sample* awal dan pada *sample* B dengan waktu 2 jam unsur nitrogen tidak terdeteksi. Dengan adanya penurunan karbon (C) dan nitrogen (N) serta tidak terdeteksinya nitrogen ini pada proses *nitrocarburizing* 4 jam dan 5 jam grafik menjadi turun, seharusnya grafik selalu naik. Hal ini disebabkan kemungkinan besar pada waktu melakukan pengujian EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) titik tembaknya tidak pas pada *layer* (lapisan permukaan) dan bentuk tembakkan EDS-nya bukan berbentuk *spot* melainkan berbentuk *square*.

DAFTAR PUSTAKAN

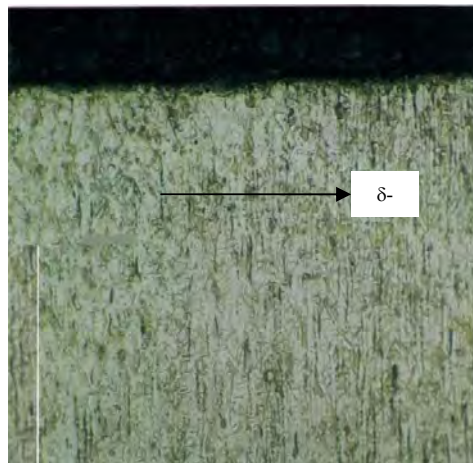
- [1] Ramchandani, A.; Dennis, JK.; Heat Treat. Met.2,34, 1988.
- [2] Kliauge, A.M.; Pohl, M.; Coat Technol. 98, 1205, 1998.
- [3] Collins, G.A.; Hutchinga, R.; Surf. Coat. Technol, 74-75, 417, 1995
- [4] Ensinger, W.; Surf. Coat. Technol, 100-101, 341, 1998
- [5] Spalvins, T and Kovacs, W, *Ion Nitriding And Ion Carburizing*, ASM International, Oihio, 1990.
- [6] Anonim, *The Metallographic Laboratory Its Purpose, Fungtion And Design* Buehler, AB Apparatus For Microstructural Analysis Waukegan Road – Lake Bluff, Illindis USA 60044, 1991.
- [7] Kamenichny, I.; *Heat Treatment*, Moscow, 1990.
- [8] Wang Liang, Applied Surface Science, 211, 308-314, 2003.
- [9] Sudjadi, U.; et al., *research report*, Bidang Material, DIKTI-RISTEK, No; 06545/KS 00 01/2009.
- [10] Pat L. M.; “ The Principles of Material Selection for Engineering Design “, Prentice Hall,1994
- [11] Sudjadi,U.; Kazumi Aoto, Yuji Nagae, Yoshihiko Sakamoto “*Observation of Microstructures of Ages SUS 304 By Using SEM and EDAX*”, research report, Advanced Material Department, **Japan Nuclear Cycle Development Institute**, 2002.
- [12] Sudjadi, U.; Kazumi Aoto, Yuji Nagae, Yoshihiko Sakamoto “*Measurement of Leakage Magnetic Flux Density on Aged SUS 304 (NON-ETCHED) with a FG-Sensor*”, research report, Advanced material Department, **Japan Nuclear Cycle Development Institute**, 2002.
- [13] Sudjadi, U.; Yuji Nagae, Yoshihiko Sakamoto, Kazumi Aoto, “*The Relationship Between The Magnetic Properties And The Microstructures of Aged SUS 304*”, research report, Advanced Material Department, **Japan Nuclear Cycle Development Institute**, 2002.
- [14] Kazumi Aoto, Sudjadi, U.; Yuji Nagae,Yoshihiko Sakamoto. “*A Study on Magnetization and Microstructure in Aged Stainless Steel With/Whithout Stress*” **Forum Maintenology** Vol 1 No 1 (2002) : 37-43. 2002



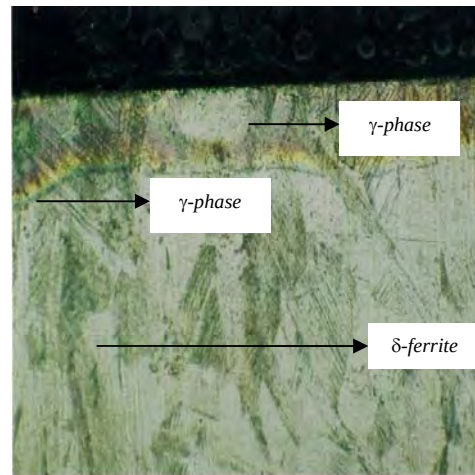
Gambar 2. Struktur mikro *Stainless Steel* 304 awal dengan pembesaran 200 kali.



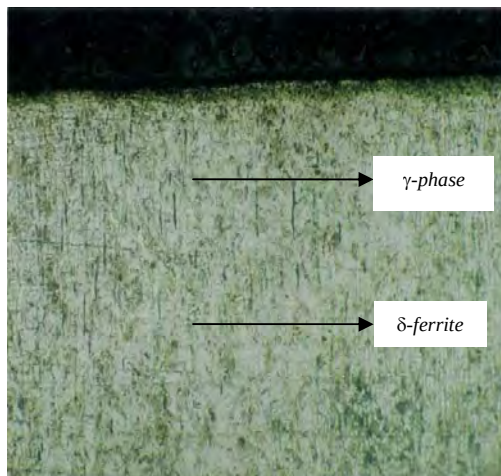
Gambar 5. Struktur mikro *Stainless Steel* 304 pada temperatur 400°C dan waktu 3 jam dengan pembesaran 200 kali



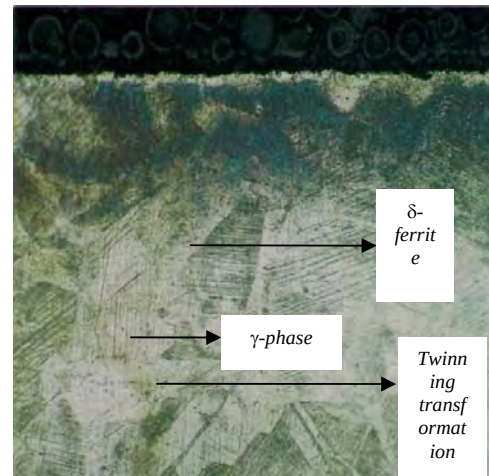
Gambar 3. Struktur mikro *Stainless Steel* 304 pada temperatur 400°C dan waktu 0,5 jam dengan pembesaran 200 kali.



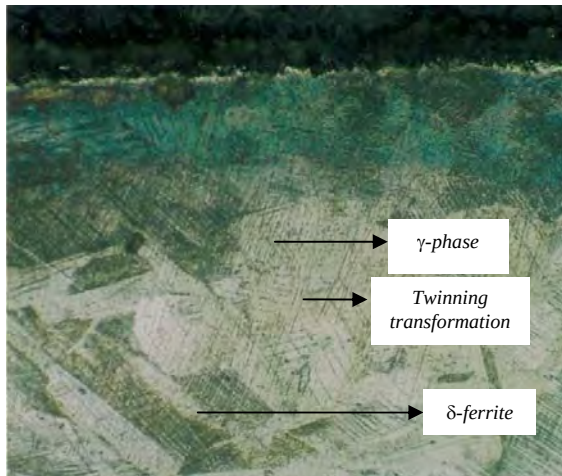
Gambar 6. Struktur mikro *Stainless Steel* 304 pada temperatur 400°C dan waktu 4 jam dengan pembesaran 200 kali.



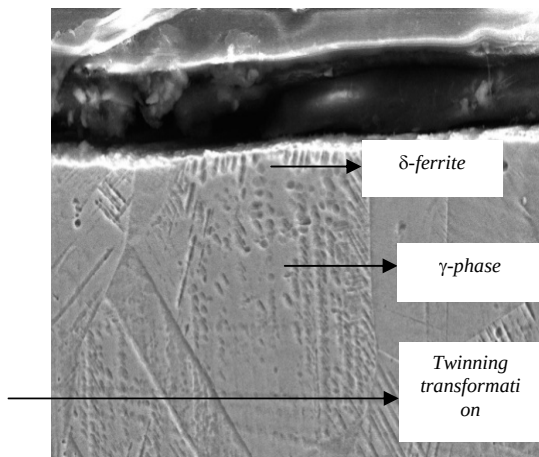
Gambar 4. Struktur mikro *Stainless Steel* 304 pada temperatur 400°C dan waktu 2 jam dengan pembesaran 200 kali.



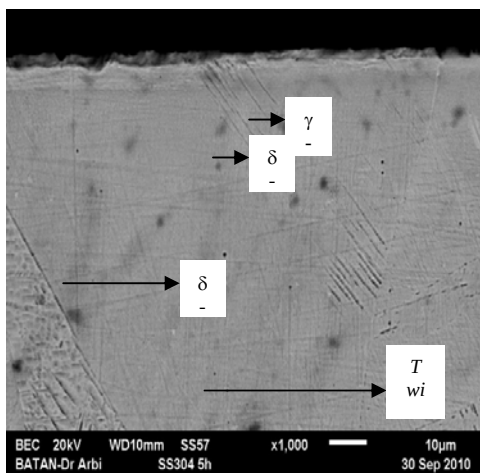
Gambar 7. Struktur mikro *Stainless Steel* 304 pada temperatur 400°C dan waktu 5 jam dengan pembesaran 200 kali.



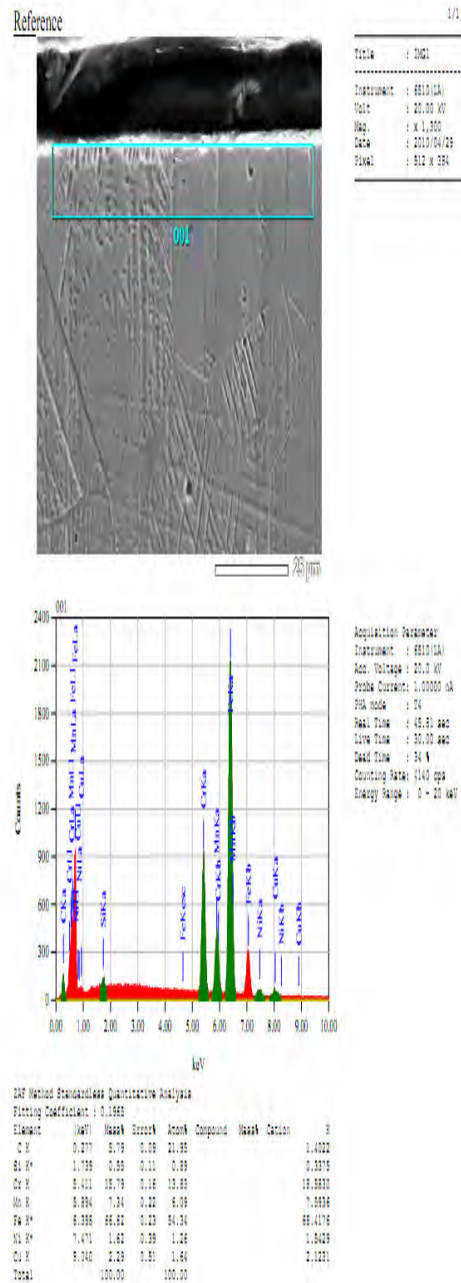
Gambar 8. Struktur mikro *Stainless Steel 304* pada temperatur 400°C dan waktu 6 jam dengan pembesaran 200 kali.



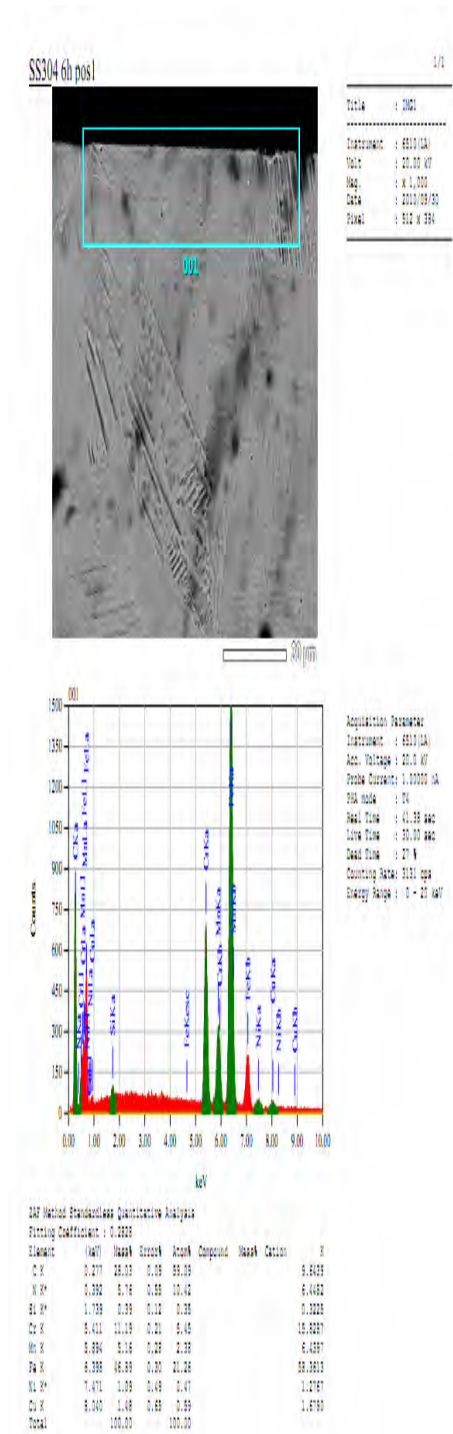
Gambar 10. Struktur mikro *Stainless Steel 304* awal dengan pembesaran 1000 kali



Gambar 11. Struktur mikro *Stainless Steel 304* pada temperatur 400°C dan waktu 5 jam dengan pembesaran 1000 kali



Gambar 12. Lokasi penembakan dan grafik hasil pengujian EDS sample awal *Stainless Steel 304*



Gambar 13. Lokasi penembakan dan grafik hasil pengujian EDS *sample* dengan waktu 6 jam pada temperatur 400°C

Peningkatan Nilai Reliabiliti, Availability dan Kapasitas Produksi dengan Metode Re-Staging dan Striping Down (Studi Kasus di Pertamina Hulu Energi ONWJ (PHE ONWJ) Bravo Station)

Herry Agung Prabowo, Muh. Arif Triyanto
Teknik Industri, Fakultas Tekni, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta, 11650

Abstract -- Pertamina Upstream Energy, Offshore West Java, Ltd. (LEUONWJ Ltd) is a company engaged in exploration and production of crude oil and gas. Facing competition, customer needs and demands to increase production targets, the necessary strategies applied to achieve them. Therefore needs to be special treatment for gas turbine compressor units in order to remain a reliable and continuous production. Application of good maintenance management is expected to ensure the optimum reliability and availability. Implementation of corrective maintenance using the method of re-staging performed by replacing as many as 36 critical components and implementation of corrective management using the method of re-stripping down performed by replacing as many as 26 critical component. The application of the re-staging method has succeeded in raising the value of 18.84% reliability and availability by 20%. While the application of striping method succeeded in raising the reliability of 7.5% and there is no increase in availability due to the action of gas turbine compressor unit is used as a standby unit. While the application of striping method succeeded in raising the reliability of 7.5%. an increase in production capacity of 800 bpd of oil and 6-9 million cubic meters of gas per day in PHE ONWJ, Bravostat ion.

Keywords : Corrective Maintenance, maintenance management, Re-staging, Striping down, Reliability, Availability, gas turbine compressor.

Perlunya Gas Turbine Compressor (Boost Compressor) Beroperasi Terus Menerus

Pertamina Hulu Energi, Offshore North West Java, Ltd (PHE ONWJ Ltd.) adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi dan eksplorasi minyak mentah (*crude oil*) dan gas, yang stabilitas produksinya mempunyai dampak

langsung terhadap perekonomian Negara. Hal ini dikarenakan hingga saat ini minyak dan gas bumi masih memegang peranan yang sangat penting dalam membiayai pembangunan di Indonesia. Perusahaan yang bergerak di bidang perminyakan tidak memiliki jadwal pemutusan produksi yang tetap seperti dilakukan oleh perusahaan atau pabrik lain untuk kepentingan pemeliharaan alat-alat produksi. Oleh karena itu perlu dirancang suatu sistem ganda atau *redundancy* sehingga bilamana terdapat unit yang sedang beroperasi mengalami kerusakan atau dalam proses maintenance, maka secara otomatis akan digantikan oleh unit cadangan sehingga tidak terjadi pemutusan produksi.

Karena menyangkut aktifitas industri yang secara terus menerus harus beroperasi, maka diperlukan unit *Gas Turbine Compressor (Boost Compressor)* yang selalu siap beroperasi dalam keadaan handal dan kontinyu. Hal ini dikarenakan unit *Gas Turbine Compressor* selain menghasilkan gas untuk keperluan *Gas Sales* juga digunakan sebagai *Gas Lift*, yaitu gas yang tekanannya dimanfaatkan untuk membantu mengangkat minyak dari sumur. Oleh karena itu gas bumi sebagai sumber bahan utamanya akan sangat menentukan kinerjanya. Sehingga perlu diketahui bagaimana mempertahankan *performance* unit *Gas Turbine Compressor (Boost Compressor)* agar tetap *running* dengan handal dan kontinyu di Bravo station PHE ONWJ. Hal ini dapat dilakukan dengan cara :

1. Menghitung nilai *Reliability, Availability* unit *Gas Turbine Compressor* (03-C-1A) & (03-C-2A) setelah dilakukan tindakan *Corrective Maintenance* dengan menggunakan metode *Re-staging* terhadap peningkatan kapasitas produksi.
2. Menghitung nilai *Reliability, Availability* unit *Gas Turbine Compressor* (B2C-C-37B) setelah dilakukan

- tindakan *Corrective Maintenance* dengan menggunakan metode *Stripping down*
3. Menghitung tingkat kenaikan produksi setelah dilakukan tindakan *Corrective Maintenance* tersebut.

Apabila penyebab temuan pada unit *Gas Turbine Compressor* adalah karena adanya perubahan nilai dari *SG (Specify Gravity) gas*, maka tindak lanjutnya adalah melakukan perbaikan unit dengan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging*. Sedangkan apabila penyebab temuan pada unit *Gas Turbine Compressor* adalah karena adanya *fouling* atau deposit sehingga menimbulkan *excessive* atau *high vibration* maka tindak lanjutnya adalah melakukan perbaikan unit dengan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Stripping down*. (Pertamina Hulu Energi ONWJ. 2009)

ONWJ (PHE ONWJ) Bravo Station

Wilayah konsesi lapangan minyak PHE ONWJ (*Offshore North West Java*) Ltd. terletak di lepas pantai laut Jawa, terbentang dari Kepulauan Seribu sampai utara Indramayu seluas 17.895 km², berjarak sekitar 20 - 75 mil dari garis pantai utara. Di wilayah tersebut terdapat fasilitas produksi yang terbagi menjadi 2 (dua) aset yaitu wilayah West dan wilayah East. Fasilitas produksi sekarang meliputi 468 (empat ratus enam puluh delapan) *producing strings*, 171 (seratus tujuh puluh satu) platform, dan 40 (empat puluh) fasilitas servis dan proses. Lebih dari ribuan mil jalur pipa terkoneksi ke fasilitas produksi. Juga terdapat fasilitas *crude oil storage barge*.

Tempat pelaksanaan aktifitas *Corrective Maintenance* unit *Gas Turbine Compressor* berada di lapangan minyak wilayah kerja East Area tepatnya di Bravo station, terletak pada koordinat 106 30'BT – 109 BT dan 5 30'LS – 6 30' LS. Bravo station mempunyai 8 (delapan) unit *Gas*

Turbine Compressor yang dibagi menjadi 4 (empat) paket yang ditempatkan diatas 2 (dua) area platform, yaitu area B-1C(Bravo 1 *Compressor*) dan B-2C (Bravo 2 *Compressor*).

Lapangan minyak sumur minyak dari Bravo station memiliki 6 (enam) Platform yang saling terhubung oleh jembatan dan 18 (delapan belas) platform remote. Ke enam platform pada kompleks ini adalah B2C *Compressor*, B1C *Compressor*, B-Service, B-Process, BB Well dan BCS Living Quarter. Bravo station adalah merupakan salah satu anjungan minyak lepas pantai (*offshore*) pertama di Indonesia dan di Asia Tenggara yang telah berhasil memperoleh sertifikat EMS (*Environmental Management System*) ISO-14001 yang dilakukan oleh badan sertifikasi *Principal Consultant*, DNV-Det Norske Veritas Energi Jakarta (Denvegraha) sejak tahun 2002 hingga sekarang. Terdapat 8 (delapan) unit *Gas Turbine Compressor* di Bravo station, yang ditempatkan di 2 (dua) area platform yaitu 4 (empat) unit di B-1C *Compressor* (no.1 s/d 4) dan 4 (empat) unit di B-2C *Compressor* (no.5 s/d 8).

Timeframe Aktifitas Re-Staging (C-1A dan C-2A)

Total waktu kegiatan selama aktifitas *Re-staging* adalah 102 hari, meliputi seluruh kegiatan *support* maupun kegiatan inti yang dilakukan. Sedangkan total waktu *downtime* dari unit *Gas Turbine Compressor* untuk C-1A adalah 59 hari, dan C-2A adalah 65 hari, sehingga total waktu *downtime* C-1A dan C-2A adalah 124 (seratus dua puluh empat) hari. Hal ini berarti unit telah di *shut-down* kan sebelum semua aktifitas pendukung maupun inti kegiatan *re-staging* dimulai. Rincian kegiatan *re-staging* selama 102 hari bisa dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rincian Kegiatan Pelaksanaan Metode Re-staging unit Gas Turbine Compressor C-1A dan C-2A Lokasi B1 Compressor, Bravo station, PHE ONWJ

No	Description Re-staging activity	Time (day)
1	Mobilisasi Crew dan persiapan izin kerja Persiapan peralatan dan identifikasi area kerja	5
2	Pembongkaran Compressor (unit 03-C-1A)	6
3	Energy Isolation, pengamanan terhadap arus listrik, pneumatic dan energy mekanis oleh group support	2
4	Pembongkaran Coupling dan Electrical Controls, Hoses, Pemasangan alat angkat ; Pembongkaran Suction and Discharge bearing capsules ; Pembongkaran Rotor / Stator Bundle dari Compressor Casing	1.5
5	Pembongkaran Compressor Assy dari dudukan	1.5
6	Pembersihan Compressor casing	1
7	Pemasangan Compressor (unit 03-C-1A)	6
8	Pemasangan Rotor / Stator Bundle kedalam Compressor Casing Pemasangan Compressor End Cap. Discharge Bearing Housing Pemasangan Suction and Discharge Bearings	1.5
9	Melakukan Re-align engine to compressor	1.5

Instalasi Electrical Controls dan Hoses	
10 De-isolation Energy, pengaktifan energy listrik, pneumatic dan mekanik Re-check align Figure / Final Alignment	1
11 Pemasangan kembali Coupling dan Electrical controls	1.5
12 Melakukan PM 8000 jam, boroscope and engine wash unit B1C-03-C-1A	3
13 Pembongkaran Compressor (unit 03-C-2A)	6
14 Pemasangan Skilet, pembongkarang Suction dan Discharge Elbow	2
15 Pembongkaran Coupling and Electrical Controls , Hoses, Pemasangan alat angkat	1.5
16 Pembongkaran Compressor Assy dari dudukan	1.5
<u>Sent Comp C-306 compressor assy to Marunda for rebiuld in Workshop (Narogong)</u>	
17 Pemasangan Compressor (unit 03-C-2A)	6
18 Pemasangan Compressor Assy pada dudukan	1.5
19 Re-align engine to compressor	1.5
20 Re-install Hoses ; Re-install Coupling and Electrical controls and instrumentation	1
21 Re-check align Figure / Final Alignment	1
22 Re-install Coupling and Electrical controls	1
23 Melakukan PM 8000 jam, boroscope dan engine wash B1C-03-C-2A unit	3
MECHANICAL - PIPING WORK	
24 Resizing 4" to 6" recycle line scrubber of compressor 03-C-2A/2B before FV-102	6
25 PSV line of 8" discharge compressor 03-C-2A/2B	6
MECHANICAL - PIPING WORK	
26 Resizing 4" to 6" Control valve o Recycle line of 03-C-1B (iso 2)	6
27 Modify PSV-006 line (4"-600#x6"-150) of 01-V-2B	6
MECHANICAL - PIPING WORK	
28 Replacement 12" Discharge Compressor 01-C-1A	7
29 Replacement 8" Discharge Compressor 01-C-2A	5
30 Modify suction compressor 01-C-2A for install spectacle blind	2
VALVES REPLACEMENT	
SLUG CATCHER (PSV-B1C-BV-300)	
RESIDUE GAS SEPARATOR OUTLET (PSV-B1C-114)	
DUMPING GAS LIFT LINE (PSV-B1C-L-002)	
03-C-2A Discharge (PSV-B1C-005)	
03-C-2B Discharge (PSV-B1C-111)	
03-C-1A Discharge (PSV-B1C-006)	
03-C1B Discharge (PSV-B1C-112)	
Replaced 3"x600# Surge Valve 2nd Stg 2A	
Replaced 6"x900# Anti Surge Valve 1st stg 1A	
Replaced 6"x900# Anti Surge Valve 1st stg 1B	
Replaced 6"x600# PCV 2nd Stage	
Replace 12"x 300# SDV Suction C-2A	
Replace 12"x 300# Check Valve Suction C-1A	
Replace 12"x 300# Check Valve Suction C-1B	
Replace Actuator SDV 12"x 600# Gas line B2C to NGL	
Replace/repair actuator of SDV-BV-400 Liquid Out due to leak (B1C-SDV-BV-400)	
31 Replace 2"-150# BV B1C-V-400 Sprinkler Line	3
Replace 8"-600# Wafer Check Valve Discharge C-2A	
Replace 8"-600# Wafer Check Valve Discharge C-2B	
Performed support PM 8000H on B1C-03-C-1Band2B	
Fire & Gas ; Battery Charger	
32 Install F&G EQP Turbine Enclosure B1C (2 enclosure)	3
Process Start up	

33 Proceed LOTO/energy deisolation/pressurization	2
Leak test/process gas introduced	
Proceed pre-start up inspection, prelube cycle and instruments leak test	
Engine start up	
34 Engine running, observation and production rumping up	1
35 Housekeeping	1
36 Secure and clean working area	1
37 Mobilisasi crew	1

Pada aktifitas Penerapan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging* Terdapat 36 komponen kritis (*critical parts*) yang diganti , terdiri empat (4) sistem yaitu: *Compressor Explode, Discharge Bearing and Seal, Suction Bearing and Seal*, dan *Rotor Assembly*. lihat Tabel 3 Penggantian Part *Striping down* (No.1-26), *Re-Staging* (No.1-36)

Timeframe Aktifitas *Striping down* (B2C-C-37B)

Total waktu pelaksanaan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Striping down* hanya pada kegiatan inti saja, karena

kegiatan pendukung lainnya secara umum adalah sama dengan pada metode *Re-staging*, yaitu total waktu 13 hari. Secara umum pada penerapan metode *Re-staging* di dalamnya ada metode *Striping down*, tetapi pada penerapan metode *Striping down* hanya kegiatan *Striping down* saja. Total waktu *downtime* pada penerapan metode *Striping down* unit Gas Turbine Compressor C-37B adalah hari. Deskripsi kegiatan inti dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rincian Kegiatan Inti Pelaksanaan Metode *Striping down* Unit Gas Turbine Compressor C-37B Lokasi B2 Compressor, Bravo station, PHE ONWJ.

No	Description Re-staging activity	Time
1	Mobilisasi crew dan persiapan izin kerja	12 H
2	Energy Isolation dilakukan oleh / Skilleting by CAT	3 D
3	Remove Coupling	6 H
4	MPU	3 H
5	Vibration Pick Up etc.	3 H
6	install Lifting gears (3 ea-Overhead Trolley)	12 H
7	Removed Enclosure ducting and fan motor	12 H
8	Remove Discharge bearing and end cap	6 H
9	Remove Rotor Stator Bundle.	3 H
10	Install Stator / rotor bundle into the compressor housing (LIFTING activity)	6 H
11	Install End Cap, Bearing Housing Assy and Discharge Bearing Capsule	1 D
12	Replace suction bearing capsule and Adapter Gear	1 D
13	Re-align engine to compressor	1 D
14	Install enclosure ducting and fan motor	1 D
15	De-isolation energy conducted by OPS / CAT	2 D
17	Check Alignment Figure, Install Coupling and all accessories including plumbing.	12 H
18	Start-up preparation conducted by team (OPS and turbine group)	6 H
19	Monitoring Parameter Data and Install Enclosure Doors	6 H
20	Mobilize personnel and tools to JKT via Marunda base	8 H

Pada aktifitas Penerapan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Striping down* tersebut terdapat 26 komponen kritis (*critical parts*) yang diganti yang terdiri dari tiga

(3) sistem, yaitu: *Compressor Explode, Discharge Bearing and Seal* dan *Suction Bearing and Seal* lihat Tabel 3 Penggantian Part *Striping down* (No.1-26), *Re-Staging* (No.1-36).

Tabel 3. Penggantian Part *Striping down* (No.1-26), *Re-Staging* (No.1-36)

No	Nama Part	Parts Number	Jml Harga (USD)	Sistem
1	O-Ring (SAE-392)	912083C1	2 257.49	Compressor Explode
2	O-Ring (SAE-262)	908261C1	6 30.42	Compressor Explode
3	O-Ring (SAE-265)	903261C1	2 30.42	Compressor Explode

4	O-Ring (SAE-240)	908231C1	2	942.39	Compressor Explode
5	Housing, Catridge Seal	945593C1	1	21832.7	Compressor Explode
6	O-Ring (SAE-263)	908058C1	3	107.61	Compressor Explode
7	Collar, stator centering	909777C1	6	2915.73	Compressor Explode
8	Seal, Hub	902737C1	6	3000.76	Compressor Explode
9	Seal, Shroud (C Stage)	902778C1	2	2403.99	Compressor Explode
10	Seal, Shroud (B Stage)	902779C1	3	3459.75	Compressor Explode
11	Seal, Balance Piston	902233C1	1	3077.8	Compressor Explode
12	Case, Cartridge, Bearing	946068C1	1	1784.04	Discharge Bearing and Seal Assembly
13	Seal, Oil Controlled-gap (0.5 wide)	902215C1	1	3314.33	Discharge Bearing and Seal Assembly
14	Ring, Retaining, Internal	606495C1	1	31.12	Discharge Bearing and Seal Assembly
15	Seal, Oil, Controlled gap (0.75 wide)	949519C1	2	5616.72	Discharge Bearing and Seal Assembly
16	Bearing Assembly, Discharge Tilt Pad	946105C93	1	9020.98	Discharge Bearing and Seal Assembly
17	Seal, O-ring	918375C1	1	161.04	Discharge Bearing and Seal Assembly
18	Seal, Oil, Controlled gap (0.50 wide)	902215C1	1	3314.33	Suction Bearing and Seal Assembly
19	Ring, Retaining, Internal	606495C1	1	31.2	Suction Bearing and Seal Assembly
20	Seal, Oil, Controlled gap (0.75 wide)	949519C1	1	5616.72	Suction Bearing and Seal Assembly
21	Bearing Assembly, Tilt Pad	946104C94	1	16130.52	Suction Bearing and Seal Assembly
22	Bearing, Thrust Output	902222C1	1	2261.92	Suction Bearing and Seal Assembly
23	Collar, Thrust	902224C2	1	2492.19	Suction Bearing and Seal Assembly
24	Bearing, Thrust Input	919530C1	1	933.9	Suction Bearing and Seal Assembly
25	Housing, Seal - Labyrinth	919531C1	1	5066.18	Suction Bearing and Seal Assembly
26	Seal, O-ring	918375C1	1	161.04	Suction Bearing and Seal Assembly
27	Shaft Central (Stud)	951335C1	1	19066.69	Rotor Assembly
28	Shaft Assembly, Discharge	945601C2	1	16973.74	Rotor Assembly
29	Locknut, stud	919836C1	1	6420.47	Rotor Assembly
30	Seal, O-ring (SAE-133)	912053C1	1	57.5	Rotor Assembly
31	Seal, O-ring (SAE-129)	903567C1	1	62.41	Rotor Assembly
32	Shaft, Assembly input	113623-102	1	75760.27	Rotor Assembly
33	Key, Shaft - Input	909765C3	1	287.22	Rotor Assembly
34	Collar, Thrust	902224C1	1	2492.19	Rotor Assembly
35	Adapter, Input drive	902238C6	1	28724.67	Rotor Assembly
36	Locknut, stud	902236C1	1	374.52	Rotor Assembly

Sumber OA Departement PHE ONWJ Ltd
Komponen kritis yang diganti dalam tindakan *Corrective Maintenance* unit *Gas Turbine Compressor* terdapat empat (4) sistem, yaitu: *Compressor Explode*, *Discharge Bearing and Seal*, *Suction Bearing and Seal*, dan *Rotor Assembly*. Jumlah komponen yang dilakukan

penggantian berdasarkan pada metode yang digunakan. Pada metode *Restaging* terdapat penggantian komponen sejumlah 36 *parts*, dan penggantian yang dilakukan pada metode *striping down* sejumlah 26 *parts*. Untuk perbandingan data dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4, Perbandingan Data Unit Gas Turbine Compressor

Parameter gas compressor	Acceptable Deviation (%)	by Design	Allowable Opt		Actual	After Correct
			Min	Max		
P1 (psig)	± 1% Av. Value	186	184.14	195.3	240	220
P2 (psig)	± 1% Av. Value	760	752.4	820.8	670	680
T1 (° F)	±1%°C(±1.5% ° yF)	90	88.650	91.800	130	124
T2 (° F)	±1%°C(±1.5% ° F)	294.7	290.280	300.594	325	315
Specific Gravity	2	0.867	0.850	0.884	0.6 - 0.7	0.599
Speed (rpm)	2	14105	13822.9	14387.1	15345	15190
GP Speed	± 1% Av. Spd	90	88	93	91	94.8
PT Speed	± 10 rpm	85	88	83	95	90.9
Capacity (mmscfd)	4	33.76	30.05	32.75	28	34

Data – data tersebut dapat digunakan untuk mengetahui sejauh mana peningkatan *performance* dari unit Gas Turbine Compressor setelah dilakukan penerapan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging* dan *Striping down*. Data nominal berupa persentase peningkatan pada Parameter Gas Turbine Compressor sebelum dan unit C-1A dan C-2A.

sesudah dilakukan tindakan *Corrective Maintenance* dianalisis terhadap peningkatan kapasitas produksi minyak dan gas di Bravo station setelah didapatkan nilai *Reliability*, *Availability* dari unit Gas Turbine Compressor.

Reliability dan Availability Unit C-1A dan C-2A Menggunakan Metode *Re-staging*.

Berikut disajikan data *reliability* dan *availability*

Tabel 5. Data Reliability dan Availability unit C-1A dan C-2A

Reliability data per individu unit 03-C-1A						
C-1A	Jul-09	Aug-09	Sept - Oct	Nov-09	Dec-09	
	0.660	0.760	0	0.980	0.960	
Reliability data per individu unit 03-C-2A						
C-2A	Jul-09	Aug-09	Sept - Oct	Nov-09	Dec-09	
	0.660	0.730	0	0.680	0.730	
Reliability Data dua unit series 03-C-1A dan 03-C-2A						
	Jul-09	Aug-09	Sept - Oct	Nov-09	Dec-09	
R(t) 1A & 2 A	0.436	0.555	0	0.666	0.701	
Availability Data dua unit series 03-C-1A dan 03-C-2A						
	Jul-09	Aug-09	Sept - Oct	Nov-09	Dec-09	
A 1A & 2 A	0.43	0.55	0	0.67	0.71	

Tindakan *Corrective Maintenance* pada unit Gas Turbine Compressor C-1A dan C-2A dengan menggunakan metode *re-staging* dikarenakan telah terjadi perubahan nilai SG (*specific gravity*) dari gas bumi yang akan diolah, yaitu telah terjadi penurunan sebesar 0.3 poin dari standar awal disain instalasi (sebesar 0.867). Pada kenyataan di lapangan ternyata gas bumi yang akan di kompres mempunyai nilai SG pada kisaran

0.6 - 0.7, sedangkan toleransi standar deviasi dari nilai SG yang sebesar 2% hanya memberikan ruang optimasi nilai batas minimum sebesar 0.850 dan maksimum sebesar 0.884. Ternyata nilai tersebut tidak dapat dipenuhi. Karena nilai SG dari kandungan gas bumi yang akan di kompres berada dibawah standar batas optimasi deviasi minimum unit, maka akibatnya terjadi penurunan *performance* selama beroperasi sehingga tidak terpenuhinya nilai optimasi yaitu

berupa ketidak seimbangan antara input dan output yang dihasilkan. Adanya penambahan atau kenaikan tekanan sebagai input pada unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A seharusnya berbanding lurus dengan dengan kenaikan gas bumi yang di kompres sebagai outputnya. Tetapi ternyata yang terjadi adalah sebaliknya, tidak ada kenaikan gas bumi yang di kompres, hal inilah yang menyebabkan banyak daya yang terbuang selama unit C-1A dan C-2A beroperasi sehingga output yang dihasilkanpun tidak optimal.

Hasil perhitungan nilai *Reliability* per unit individu yang di dapatkan dari unit C-1A sebelum dilakukan tindakan *Re-staging* diperoleh sebesar 0.710 atau 71 %, dan setelah dilakukan tindakan meningkat menjadi 0.970 atau 97 %. Pada unit C-2A sebelum dilakukan tindakan *Re-staging* didapatkan nilai *Reliability* sebesar 0.695 atau 69.5%, setelah dilakukan tindakan meningkat menjadi 0.705 atau 70.5%.

Karena unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A terkoneksi secara seri maka nilai *Reliability* yang didapatkan adalah hasil perkalian antara individu dari masing-masing unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dengan C-2A, sehingga diperoleh nilai *Reliability* sebelum tindakan *re-staging* sebesar 0.495 atau 49.5%, kemudian setelah dilakukan tindakan *Corrective Maintenance* diperoleh nilai sebesar 0.684 atau 68.4%, terjadi peningkatan nilai *Reliability* pada unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-1B sebesar 18.84 % . Dari nilai *Reliability* unit sebesar tersebut adalah merupakan peluang unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A untuk dapat ‘melakukan fungsi dengan baik’. Karena mengandung komponen “melakukan fungsi dengan baik”, maka didalamnya secara inheren terdapat pula faktor kegagalan sistem. Peluang kegagalan dari unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A tersebut adalah kebalikan dari peluang *Reliability*-nya seperti digambarkan dalam ekspresi matematik (*cumulative damage / failure distribution function*) sbb :

$$P_f(t) = 1 - R(t) \text{ atau } R(t) = 1 - P_f(t) ; \text{ dimana } P_f(t) = F(t)$$

Jadi nilai *Reliability* atau kehandalan 2 (dua) buah unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A yang terhubung secara series, yang dinyatakan dalam satuan R sebesar R = 49.5%. Sehingga bisa dikatakan bahwa peluang kegagalan cumulativenya untuk unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A adalah sebesar $P_f = 50.5\%$. Besaran $P_f = 50.5\%$ adalah besaran yang diperoleh sebelum dilakukannya tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging* pada unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A. Kemudian setelah dilakukan penerapan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-*

staging pada unit C-1A dan C-2A didapatkan nilai $R = 68.4\%$, dari nilai *Reliability* sebesar 68.4% maka peluang kegagalan cumulativenya didapatkan nilainya $P_f = 31.6\%$, jadi nilai 31.6% adalah merupakan peluang kegagalan cumulative unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A setelah dilakukan tindakan. Terjadi penurunan terhadap peluang kegagalan unit yaitu peluang untuk terjadinya kerusakan pada unit *Gas Turbine Compressor* unit C-1A dan C-2A sebesar 8.9 % dan terjadi peningkatan nilai *Reliability* unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A yaitu peluang unit untuk dapat ‘melakukan fungsi dengan baik’ sebesar 18.84%, sehingga diharapkan dengan meningkatnya nilai *Reliability* sebesar 18.84% pada unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A, unit akan handal untuk tetap dapat mendukung produksi minyak dan gas di Bravo station PHE ONWJ. Angka *Reliability* yang didapatkan adalah berdasarkan dari perhitungan data murni berdasar pada *downtime* dan operasinya unit *Gas Turbine Compressor* C-1A dan C-2A.

Reliability dan Availability Unit C-37B Menggunakan Metode Stripping-down

Berikut disajikan data *reliability* dan *availability* untuk unit c-37B dengan tindakan *corrective maintenance* dengan menggunakan metode *stripping-down*

Tabel 6. Data Reliability dan Availability unit C-37B

Reliability data per individu unit B2C-C-37B					
	Jan-10	Feb-10	Mar - Apr	May-10	Jun-10
R(t) C-37B	0.680	0.460	0	0.630	0.660
Availability data per individu unit B2C-C-37B					
	Jan-10	Feb-10	Mar - Apr	May-10	Jun-10
A C-37B	0.890	0.940	0	0.900	0.890

Tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Stripping-down* dikarenakan adanya *Fouling* atau deposit sehingga berakibat timbulnya *excessive* yaitu vibrasi yang berlebihan sehingga menyebabkan adanya beberapa kendala seperti adanya temperatur yang sangat tinggi pada operasi normal, boros dalam pemakaian minyak pelumas (*high lube oil consumption*) dan adanya penurunan tekanan gas bumi yang di kompres. Sehingga secara umum perlu dilakukan pembersihan terhadap adanya deposit pada bagian Rotor dan penggantian beberapa *inner part* yang sudah aus sebagai penyebab utamanya,

akibat dari semuanya tersebut adalah terjadinya penurunan *performance* dari unit *Gas Turbine Compressor C-37B*.

Hasil perhitungan nilai *Reliability* unit *Gas Turbine Compressor C-37B* sebelum dilakukan tindakan *Striping-down* diperoleh sebesar 0.570 atau 57 %, dan setelah dilakukan tindakan *Striping-down* adalah sebesar 0.645 atau 64.5%, terjadi peningkatan nilai *Reliability* sebesar 7.5%. Dari nilai *Reliability* unit sebesar 0.570 atau 57% tersebut adalah merupakan peluang unit *Gas Turbine Compressor C-37B* untuk dapat 'melakukan fungsi dengan baik'. Karena mengandung komponen "melakukan fungsi dengan baik", maka didalamnya secara inheren terdapat pula faktor kegagalan sistem. Peluang kegagalan dari unit *Gas Turbine Compressor C-37B* tersebut adalah kebalikan dari peluang *Reliability*-nya seperti digambarkan dalam ekspresi matematik (*cumulative damage / failure distribution function*) sbb :

$$P_f(t) = 1 - R(t) \text{ atau } R(t) = 1 - P_f(t)$$

Bisa dikatakan bahwa peluang kegagalan cumulativenya untuk unit *Gas Turbine Compressor C-37B* adalah sebesar $P_f = 43\%$. Besaran $P_f = 43\%$ adalah merupakan besaran yang diperoleh sebelum dilakukannya tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Striping-down* pada unit *Gas Turbine Compressor C-37B*. Kemudian setelah dilakukan penerapan tindakan *Corrective Maintenance* peluang kegagalan cumulativenya sebesar $P_f = 35.5\%$. Nilai 35.5% adalah merupakan peluang kegagalan cumulative unit *Gas Turbine Compressor C-37B* setelah dilakukan tindakan. Terjadi penurunan peluang kegagalan sebesar 7.5 % dan terjadi peningkatan nilai *Reliability* sebesar 7.5%, sehingga diharapkan dengan meningkatnya nilai *Reliability* sebesar 7.5% pada unit *Gas Turbine Compressor C-37B*, unit akan tetap handal untuk dapat mendukung produksi minyak dan gas di Bravo flow station PHE ONWJ. Angka *reliability* yang didapatkan adalah berdasarkan dari perhitungan data murni berdasar pada *downtime* unit dan operasinya unit *Gas Turbine Compressor C-37B*.

Availabilty unit *Gas Turbine Compressor C-37B* sebelum dilakukan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Striping-down* adalah 0.91 (poin sembilan satu), dan setelah dilakukannya tindakan terdapat nilai *Availability* unit sebesar 0.90 (poin sembilan puluh), tidak terdapat kenaikan angka pada faktor ini karena unit C-37B setelah dilakukannya aktifitas *Restaging* difungsikan sebagai *standby* unit.

Tindakan *Corrective Maintenance* Terhadap Laju Produksi Gas di Bravo station

Karakteristik dasar dari industri pengolahan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, seperti pada perusahaan minyak dan gas adalah adanya kecenderungan terhadap penurunan produksi (*decline*) baik itu berupa minyak mentah maupun gas bumi yang dihasilkan, apabila perusahaan tidak melakukan tindakan *maintenance* terhadap peralatan yang digunakan.

Pengaruh tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging* pada unit *Gas Turbine Compressor C-1A* dan C-2A yang dilakukan pada bulan Agustus 2009 dan September 2009 terhadap produksi minyak dan gas di Bravo station PHE ONWJ adalah selain meningkatkan nilai *Reliability* dan *Availability* juga membuat adanya laju keteraturan dan kestabilan *Gas Lift* (GL) dan *Gas Sales*. Fluktuasi peningkatan yang tidak teratur bisa dilihat dengan adanya kecenderungan naik dan turunnya produksi *Gas Sales* yang drastis serta kecenderungan adanya penurunan *Gas Lift* yang dihasilkan dari unit *Gas Turbine Compressor Bravo* station sebelum dilakukan tindakan *Corrective Maintenance*. Laju produksi *Gas Lift* cenderung lebih teratur dan mengalami peningkatan, laju produksi *Gas Sales* juga lebih stabil terhadap fluktuasi naik turun sehingga menjadi lebih stabil, hal ini akan lebih memudahkan *customer* untuk menentukan target penerimaan *Gas Sales* yang dikirimkan dari ladang minyak lepas pantai PHE ONWJ.

Pengaruh tindakan *Corrective Maintenance* pada unit *Gas Turbine Compressor C-37B* yang dilakukan pada bulan Maret dan April 2010 terhadap laju produksi minyak dan gas di Bravo station PHE ONWJ adalah meningkatkan nilai *Reliability* juga meningkatkan laju produksi *Gas Lift* (GL) dan *Gas Sales*. Tidak terdapat peningkatan nilai *Availability* unit karena setelah dilakukan tindakan unit C-37B digunakan sebagai *standby* unit. Hasil yang didapatkan setelah penerapan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Striping-down* juga membuat kecenderungan produksi *Gas Lift* lebih teratur fluktuasinya bila dibandingkan dengan sebelum dilakukan tindakan *Corrective Maintenance*. Laju produksi *Gas Sales* juga lebih stabil dan mengalami peningkatan sehingga hal ini akan lebih memudahkan *customer* untuk menentukan target penerimaan *Gas Sales* yang dikirimkan dari ladang minyak lepas pantai PHE ONWJ.

Analisis Tindakan *Corrective Maintenance* Terhadap Peningkatan Kapasitas Produksi Minyak dan Gas di Bravo station

Pengaruh tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging* dan *Striping down* pada unit *Gas Turbine*

Compressor C-1A/C2A dan C-37B Compressor C-37B terhadap kapasitas produksi minyak dan gas dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Peningkatan Kapasitas Produksi Minyak dan Gas

Applied Restaging and Striping down method			
	Before	After	Gain
Oil (BOPD)	7500	8300	800
Gas (MSCFD)	53500	61500	6000 - 9000

Terdapat kenaikan produksi minyak sebesar 800 BOPD (*Barrel Oil Per Day*) dan laju kenaikan gas 6-9 MMSCFD (6000-9000 MSCFD). Laju kenaikan minyak mentah dan gas yang terjadi pada data diatas sebetulnya difokuskan pada penerapan metode *Re-staging*. Sedangkan pada kegiatan pada penerapan metode *Striping down* adalah, karena sebelum dilakukan tindakan telah terjadi penurunan *performance* kemudian di ikuti oleh penurunan produksi minyak dan gas, kemudian dilakukan kegiatan *Striping down* yang pada dasarnya adalah kegiatan *overhaul engine*, maka kenaikan angka yang dicapai adalah sama dengan angka yang didapatkan pada saat sebelum terjadi penurunan *performance* pada unit Gas Turbine Compressor C-37B.

Kesimpulan

1. Penerapan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging* dapat meningkatkan nilai *Reliability* pada unit Gas Turbine Compressor C-1A dan C-2A di Bravo station sebesar 18.84% dan menurunkan peluang terjadinya kerusakan sebesar 8.9%, untuk *Availability* unit terjadi peningkatan sebesar 20 %.
2. Penerapan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Striping-down* dapat meningkatkan nilai *Reliability* pada unit Gas Turbine Compressor C-37B di Bravo station sebesar 7.5% dan menurunkan peluang terjadinya kerusakan sebesar 7.5%, untuk *Availability* unit tidak terjadi peningkatan karena setelah tindakan, unit C-37B digunakan sebagaistandby unit.
3. Penerapan tindakan *Corrective Maintenance* menggunakan metode *Re-staging* pada unit Gas Turbine Compressor C-1A dan C-2A, dan metode *Striping-down* pada unit Gas Turbine Compressor C-37B di Bravo dapat meningkatkan produksi minyak mentah sebesar 800 Bbls / hari dan meningkatkan produksi gas sebesar 6000-9000 MSCFD.

Daftar Pustaka

- Dhilon BS and Reiche H. 1985. *Realibilty and Maintanability Management*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- Nagpal, G.R. 1994. *Power Plant Engineering*. Delhi: Khanna Publishers.
- Nasution, AH. 2005. *Manajemen Industri*. Yogyakarta: Andi offshet.
- Pertamina Hulu Energi ONWJ. 2009. *Standard Operating Procedure (SOP) Solar Compressor C505 Strip Down*. Jakarta.
- Purnomo H. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Reliability strategy for Gas Turbines*, diakses dari www.powergenworldwide.com pada tanggal 10 April 2010.
- Solar Turbines. *Gas Turbine Overview*, diakses dari <http://mysolar.cat.com> pada tanggal 2 April 2010
- Solar Turbines. *Gas Compressors*, diakses dari <http://mysolar.cat.com> pada tanggal 2 April 2010.
- Solar Turbines International. 1981. *Operation and Routine Maintenance, (Training and Technical Resourches Development)*. California.
- Solar turbines. 1994. *System Operators Guide Vol I, Centaur type H gas turbine driven compressor set CA 92186-5376 vol.1*. San Diego.
- Solar turbines. 1994. *Installation and Maintenance Instruction Vol II, Centaur type H Gas Turbine Driven Compressor Set*. San Diego.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Bisnis (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D)*. Bandung: Alfabeta.



SNPPTI 2011

TEKNIK ELEKTRO

TEKNIK INDUSTRI

TEKNIK MESIN

Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kebun Jeruk, Jakarta 11650
Telp. : (021) 584 0816, ext. 5200
Fax : (021) 587 1335
<http://www.mercubuana.ac.id>