



ISSN 2088-060X

Jurnal Sains & Teknologi
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARMA PERSADA

Volume III. No 1. Maret 2013

ANALISA STUDI UNJUK KERJA MESIN DIESEL
DENGAN MENGGUNAKAN BIODIESEL
Tri Erina

PENENTUAN TINGKAT KEGAGALAN MESIN OVER HEAD CRANE
Ade Supriatna

ANALISA PANEL SURYA SATELIT LAPAN-TUBSAT
'Panel Sisi +X Bulan Oktober 2010'
Agus Herawan, Ahmad Fauzi

ANALISIS PENINGKATAN MUTU SIKAT JENIS 0716 DENGAN
MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DI PT. COMMOTRADE
Atik Kurnianto

ANALISIS PERBAIKAN SISTEM PENGADAAN SUKU CADANG
MENGGUNAKAN METODE *VALUE STREAM MAPPING* (VSM) PADA
PERUSAHAAN PENERBANGAN DI JAKARTA
Budi Sumartono

PERANCANGAN JARINGAN LOKAL
Eko Budi Wahyono

SOLUSI SISTEM INFORMASI PRESENSI DAN PENGGAJIAN PEGAWAI
PADA PT XYZ
Endang Ayu S, Abdullah Hamim, Nursyamsiyah, Eka Yuni Astuty

SIMULASI PROSES PABRIKASI BURRIED CHARGE COUPLE DEVICE
Nani Suryani

DESAIN DAN IMPLEMENTASI NEURO-FUZZY EXPERT SYSTEM UNTUK
KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN
Safaruddin A. Prasad

PENGERASAN PRESIPITASI PADA LOGAM NIKEL
PADUAN INCONEL 617 EX SUDU TURBIN GAS
Asyari

ISSN 2088-060X



Diterbitkan Oleh :
Fakultas Teknik Universitas Darma Persada
© 2013

1

**REDAKSI JURNAL SAINS & TEKNOLOGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Penasehat : Dr. Ir. Oloan P. Siahaan, M.Eng, MA

Penanggung Jawab : Ir. Agus Sun Sugiharto, MT

Pimpinan Redaksi : Yefri Chan, ST, MT

Redaksi Pelaksana : Drs. Eko Budi Wahyono, MT

Ir. Darsono, MT

Dimas Satria, M.Eng

Linda N. A, MSi

Adam, MSi

Mitra Bestari : Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU

Prof. Dr. Ir. Raihan

Dr. Ir. Lily Satari, MSc

Dr. Aep Saepul Uyun

Dr. Liska Waluyan

Dr. Hoga Saragih

Dr. Iskandar Fitri

Alamat Redaksi : **Fakultas Teknik**

Universitas Darma Persada

Jl. Radin Inten II, Pondok Kelapa, Jakarta Timur

Telp (021) 8649051, 8649053, 8649057

Fax (021) 8649052/8649055

E-mail : jurnalteknikunsada@yahoo.co.id

Pengantar Redaksi

Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada pada edisi Volume III. No 1. September 2013 hadir dengan menyuguhkan sepuluh tulisan bidang teknologi. Tulisan tersebut ditulis oleh dosen – dosen Fakultas Teknik Universitas Darma Persada, Dosen Teknik Mesin Universitas Bung Karno, Peneliti dari LAPAN dan Dosen FMIPA Universitas Hasanuddin Makasar yang tentu saja kami harap dapat menambah wawasan pembaca.

Edisi pertama kedua diawali dengan Tulisan Analisa Studi Unjuk Kerja mMesin Diesel dengan Menggunakan Biodiesel. Penelitian dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja mesin diesel dengan cara mencampurkan biodiesel dengan bahan bakar solar. Penambahan biodiesel ternyata dapat menghemat konsumsi bahan bakar (BFC).

Jurnal kali ini juga menyuguhkan beberapa tulisan tentang : PenentuanTingkat Kegagalan Mesin Over Head Crane yang membahas tentang bagaimana menggunakan pendekatan uji hipotesis distribusi frekuensi untuk menentukan tingkat kegagalan suatu mesin. Tulisan berikutnya berturut-turut adalah Analisa panel surya satelit LAPAN-TUBSTAT, Analisis peningkatan mutu sikat jenis 07156 dengan menggunakan metode six sigma di PT. commotrade, Analisis perbaikan system pengadaan suku cadang menggunakan metode value stream mapping (VSM) pada perusahaan Penerbangan di Jakarta, Perancangan jaringan local, Solusi system informasi presensi dan penggajian pegawai pada PT. XYZ, Simulasi proses pabrikasi buried charge couple device, Desain dan implementasi neuro-Fuzzy Expert system untuk klasifikasi tutupan lahan.

Jurnal kali ini ditutup oleh tulisan Presipitasi pada logam Nikel Paduan Inconel 617 Ex Sudu Turbin gas. Tulisan ini membahas tentang bagaimana meningkatkan kekuatan material sudu turbin dengan cara pengerasan presipitasi atau ageing sehingga dapat beroperasi lebih lama.

Akhirnya, selamat membaca dan kami berharap tulisan-tulisan ini dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan minat pembaca.

Redaksi Jurnal

DAFTAR ISI

	Halaman
1. ANALISA STUDI UNJUK KERJA MESIN DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BIODIESEL Tri Erina	1 - 7
2. PENENTUAN TINGKAT KEGAGALAN MESIN OVER HEAD CRANE Ade Supriatna	9 - 14
3. ANALISA PANEL SURYA SATELIT LAPAN-TUBSAT 'Panel Sisi +X Bulan Oktober 2010' Agus Herawan, Ahmad Fauzi	15 - 22
4. ANALISIS PENINGKATAN MUTU SIKAT JENIS 0716 DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DI PT. COMMOTRADE Atik Kurnianto	23 - 32
5. ANALISIS PERBAIKAN SISTEM PENGADAAN SUKU CADANG MENGGUNAKAN METODE <i>VALUE STREAM MAPPING</i> (VSM) PADA PERUSAHAAN PENERBANGAN DI JAKARTA Budi Sumartono	33 - 42
6. PERANCANGAN JARINGAN LOKAL Eko Budi Wahyono	43 - 49
7. SOLUSI SISTEM INFORMASI PRESENSI DAN PENGGAJIAN PEGAWAI PADA PT XYZ Endang Ayu S, Abdullah Hamim, Nursyamsiyah, Eka Yuni Astuty	51 - 60
8. SIMULASI PROSES PABRIKASI BURRIED CHARGE COUPLE DEVICE Nani Suryani	61 - 68
9. DESAIN DAN IMPLEMENTASI NEURO-FUZZY EXPERT SYSTEM UNTUK KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN Safaruddin A. Prasad	69 - 80
10. Pengerasan Presipitasi pada Logam Nikel Paduan Inconel 617 EX Sudu Turbin Gas Asyari	81 - 87

ANALISA STUDI UNJUK KERJA MESIN DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BIODIESEL

Tri Erina¹

¹ Dosen Teknik Mesin Universitas Bung Karno

Abstrak

Seiring dengan kemajuan teknologi terutama dalam bidang otomotif dimana perkembangan kendaraan otomotif dituntut agar dapat memiliki teknologi yang hemat dalam memakai bahan bakar. Selain mengurangi biaya yang kita keluarkan untuk membeli bahan bakar kita juga dapat mengurangi jumlah polusi yang ditimbulkan akibat adanya proses pembakaran yang tidak sempurna dalam motor bakar. Dan tidak kalah pentingnya adalah kita dapat mengurangi konsumsi bahan bakar minyak. Melihat banyaknya kendaraan yang digunakan sebagai sarana transportasi terutama di Indonesia yang menggunakan mesin diesel maka penulis melakukan penelitian agar kita dapat mengefisienkan pemakaian bahan bakar. Penambahan bio diesel rata-rata dapat menghemat konsumsi bahan bakar (BFC). Terutama untuk campuran 20% bio diesel, terbukti pada rpm 1200-1800 saat mesin tanpa beban yaitu berkisar 0,03-0,28% l/h, saat beban 1/4 pada rpm 1200-2700 hemat hingga 0,37% l/h, sedangkan saat beban 3/4 pada rpm 1200-2700 semakin hemat hingga 0,50% l/h. Sedangkan B30 hanya dapat menghemat konsumsi bahan bakar hingga 0,43% l/h.

Kata kunci: Mesin Diesel, Unjuk Kerja, Bio diesel, Hemat BBM

I. PENDAHULUAN

Apabila kita perhatikan kebiasaan para pengemudi angkutan umum dimana mereka sering melakukan akselerasi secara tiba-tiba dan kemudian berhenti secara mendadak. Selain umur suku cadang yang semakin cepat rusak terutama semakin cepat habisnya kanvas rem, kendaraan tersebut juga membutuhkan bahan bakar yang cukup banyak. Pada saat kendaraan melakukan akselerasi dimana suplai bahan bakar yang masuk ke dalam silinder akan disesuaikan dengan beban mesin sehingga suplai bahan bakar akan besar, sebaliknya pada saat perlambatan atau disakselerasi maka kebutuhan bahan bakar akan lebih kecil dikarenakan pada saat disakselerasi tidak membutuhkan tenaga yang besar untuk menggerakkan kendaraan cukup mengandalkan efek berat dan kendaraan itu sendiri. Dapat dibayangkan apabila kita perhatikan perilaku para pengendara angkutan umum, berapa banyak bahan bakar yang terbuang percuma akibat perilaku tersebut.

Sumber energi utama yang digunakan di berbagai negara saat ini adalah minyak bumi, dimana karena semakin banyak eksploitasi yang dilakukan maka keberadaannya semakin terancam dan harganya menjadi meningkat secara tajam. Hal ini dikarenakan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Dari berbagai macam produk olahan minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar maka yang paling banyak pemakaiannya adalah minyak solar. Kebutuhan solar dari tahun ke tahun semakin meningkat, karena solar banyak digunakan sebagai bahan

bakar berbagai jenis alat transportasi yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak seperti mobil, motor, alat transportasi laut (kapal laut dan perahu), bahan bakar berbagai jenis peralatan pertanian (traktor dan alat pembajak sawah), bahan bakar berbagai jenis peralatan berat dan pesawat pengangkat (excavator, crane dan lain-lain), bahan bakar berbagai jenis peralatan bengkel, bahan bakar penggerak generator pembangkit tenaga listrik, dan masih banyak lagi yang lainnya.

Telah banyak upaya yang dilakukan untuk mensukseskan program pemerintah dalam mengatasi pencemaran udara kendaraan bermotor, baik secara hukum, peningkatan kemampuan sumber daya manusia, maupun merubah atau memodifikasi variabel operasi mesin yang menghasilkan polusi. Salah satu upaya yang bisa dilakukan dalam merubah variabel operasi mesin adalah memberikan perlakuan pada bahan bakar, dalam hal ini mengurangi kandungan penyebab polusi pada bahan bakar premium. sehingga kadar polutan dari proses pembakarannya dapat diminimalkan.

Berdasarkan kajian tersebut maka pembuatan biodiesel kini diarahkan untuk menghasilkan emisi gas buang CO , CO_2 dan HC sampai batas yang dapat diterima (*acceptable level*). Berikut ini akan dijelaskan hasil penelitian mengenai pengaruh proses pembakaran pada mesin diesel baik yang menggunakan atau tanpa bio diesel. Dan untuk keperluan ini dilakukan pengujian daya kerja mesin, dan laju konsumsi bahan bakar.

II. TEORI

Bahan bakar motor diesel berkualitas lebih rendah dari bahan bakar motor bensin. Yang terpenting dalam golongan bahan bakar motor diesel yaitu minyak gas (gas Oil), minyak diesel, dan minyak bakar.

Minyak gas (gas oil) dinamakan solar, digunakan pada motor diesel putaran tinggi misalnya pada kendaraan bermotor. Minyak itu diperoleh dengan cara mendistilasi minyak mentah, tepat sesudah penguapan fraksi bensin dan kerosin. Minyak diesel lebih berat dari minyak gas dan dipakai pada motor diesel putaran rendah. Minyak bakar lebih berat dari minyak diesel digunakan pada motor diesel putaran rendah.

Bahan bakar mesin diesel yang berupa ester metil / etil asam-asam lemak bebas, dibuat dari minyak-lemak nabati dengan proses methanolisis/ethanolisis minyak/lemak, menggunakan reaksi trans-esterifikasi ataupun esterifikasi dengan katalis basa atau asam dan methanol. Sehingga memiliki sifat menyerupai minyak diesel/solar.

Bio diesel terdiri atas rantai panjang fatty acid yang merupakan turunan dari vegetable oil. Biodiesel diproduksi dari reaksi antara minyak tumbuhan dengan methanol atau ethanol dengan bantuan katalis. Katalis yang dapat digunakan dalam reaksi ini adalah katalis asam (H_2SO_4) dan katalis basa seperti potassium hidroksida (KOH) atau sodium hidroksida (NaOH). Proses kimia ini disebut esterifikasi dan transesterifikasi. Secara kimia biodiesel disebut methyl ester jika alkohol yang digunakan adalah methanol, jika alkohol yang digunakan adalah ethanol maka biodiesel disebut ethyl ester. Pada pra rancangan ini digunakan ethanol karena penggunaan methanol harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena sifatnya yang sangat beracun. Ethanol teroksidasi secara cepat di dalam tubuh menjadi CO_2 dan air, sedangkan methanol

teroksidasi secara lambat di dalam tubuh menghasilkan formaldehid dan asam format, dimana keduanya bersifat racun.

Secara umum ada 3 cara untuk membuat biodiesel, yaitu :

- Esterifikasi asam lemak dengan alkohol dengan menggunakan katalis asam.
- Transesterifikasi minyak atau lemak dengan alkohol dengan menggunakan katalis basa.
- Konversi minyak menjadi asam lemak dan kemudian menjadi biodiesel dengan menggunakan katalis asam.

III. BAHAN DAN METODOLOGI

Penelitian eksperimental ini dilakukan dengan cara mengadakan simulasi kondisi-kondisi terkendali, baik pada keadaan bahan bakar solar maupun bahan bakar solar dicampur 20% minyak sawit (B20), serta solar dicampur 30% minyak sawit (B30). Kondisi-kondisi yang terkendali ini meliputi:

- Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa beban, 1/4 beban maksimum dan 3/4 beban maksimum dengan putaran yang sudah ditentukan. Dalam pengujian ini beberapa batasan yang membatasi kebenaran data pengujian antara lain
- Jumlah data yang diuji dan kesalahan dalam pembacaan data.
- Tingkat ketelitian alat-alat pengujian yang digunakan.
- Metode analisa yang dipergunakan, dengan berbagai asumsi untuk memudahkan perhitungan.
- Dianggap bahan bakar solar yang dipergunakan adalah sama.
- Dianggap Biodiesel 20% (B20) yang dipergunakan sangat homogen dengan kualitas yang tetap.
- Dianggap Biodiesel 30% (B30) yang dipergunakan sangat homogen dengan kualitas yang tetap.

IV. PEMBAHASAN

Pada tabel di bawah ini terlihat perbedaan daya solar murni dan solar campuran 20% bio diesel.

Tabel 4-1 Hasil Uji Coba Daya Solar Murni Dan Solar Campuran Bio Diesel 20% (B20)

Putaran (rpm)	Daya Pada Injeksi Tanpa Beban			Daya Pada Injeksi 1/4 maks			Daya Pada Injeksi 3/4 maks			Perbedaan Rata-Rata
	SM (kW)	B20 (kW)	Beda %	SM (kW)	B20 (kW)	Beda %	SM (kW)	B20 (kW)	Beda %	
1200	0,188	0,251	0,063	3,770	3,770	0,000	7,540	7,540	0,000	0,063
1500	0,236	0,341	0,105	4,712	4,712	0,000	9,425	9,425	0,000	0,105
1800	0,283	0,377	0,094	5,655	5,655	0,000	11,310	11,310	0,000	0,094
2100	0,44	0,55	0,110	6,597	6,597	0,000	13,195	13,195	0,000	0,110
2400	0,754	0,628	-0,126	7,540	7,540	0,000	15,080	15,080	0,000	-0,126
2700	0,848	0,848	0,000	8,482	8,482	0,000	16,965	16,965	0,000	0,000

Keterangan :
 (-) : Daya Solar Murni Lebih Rendah Daripada Bio Diesel 20%
 SM : Solar Murni
 B20 : Bio Diesel 20%

Daya tanpa beban ternyata sama antara solar murni dan solar campuran 20% bio diesel pada putaran 2700 rpm. Hal ini terjadi karena torsi yang dihasilkan antara solar murni dan solar campuran 20% bio diesel sama. Hasil data daya solar murni dan solar campuran 20% bio diesel pada beban 1/4 maksimum dan beban 3/4 maksimum pada setiap putaran tidak terjadi peningkatan daya pada solar campuran 20% bio diesel.

Pada tabel 4-2 di bawah ini terlihat perbedaan daya solar murni dan solar campuran 30% bio diesel.

Tabel 4-2 Hasil Uji Coba Daya Solar Murni Dan Solar Campuran Bio Diesel 30% (B30)

Putaran (rpm)	Daya Pada Injeksi Tanpa Beban			Daya Pada Injeksi 1/4 maks			Daya Pada Injeksi 3/4 maks			Perbedaan Rata-Rata
	SM (kW)	B30 (kW)	Beda %	SM (kW)	B30 (kW)	Beda %	SM (kW)	B30 (kW)	Beda %	
1200	0,188	0,126	-0,062	3,770	3,770	0,000	7,540	7,540	0,000	-0,062
1500	0,236	0,236	0,000	4,712	4,712	0,000	9,425	9,425	0,000	0,000
1800	0,283	0,377	0,094	5,655	5,655	0,000	11,310	11,310	0,000	0,094
2100	0,44	0,55	0,110	6,597	6,597	0,000	13,195	13,195	0,000	0,110
2400	0,754	0,628	-0,126	7,540	7,540	0,000	15,080	15,080	0,000	-0,126
2700	0,848	0,848	0,000	8,482	8,482	0,000	16,965	16,965	0,000	0,000

Keterangan :
 (-) : Daya Solar Murni Lebih Tinggi Daripada Bio Diesel 30%
 SM : Solar Murni
 B30 : Bio Diesel 30%

Pada tabel 4-2 tanda positif pada putaran 1200 rpm menunjukkan bahwa daya solar campuran 30% bio diesel lebih kecil dari solar murni. Hal ini terjadi karena torsi yang dihasilkan solar murni lebih besar dari solar campuran 30% bio diesel. Pada putaran 2100 rpm terjadi titik klimaks daya solar campuran 30% bio diesel dimana terjadi perbedaan yang maksimum antara daya solar murni dan solar campuran 30% bio diesel. Pada putaran 2400 rpm terjadi sama halnya pada saat putaran 1200 rpm. Hasil data daya pada beban 1/4 maksimum dan pada beban 3/4 maksimum pada setiap putaran tidak terjadi peningkatan daya pada solar campuran 30% bio diesel.

Data konsumsi bahan bakar solar murni dan solar B20 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4-3 Hasil Uji Coba Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Solar Murni Dan Solar Campuran Bio Diesel 20% (B20)

Putaran (rpm)	Daya Pada Injeksi Tanpa Beban			Daya Pada Injeksi 1/4 maks			Daya Pada Injeksi 3/4 maks			Perbedaan Rata-Rata
	SM (L/kWh)	B20 (L/kWh)	Beda %	SM (L/kWh)	B20 (L/kWh)	Beda %	SM (L/kWh)	B20 (L/kWh)	Beda %	
1200	5,310	3,850	-1,460	0,560	0,520	-0,040	0,390	0,380	-0,010	-1,510
1500	5,030	3,610	-1,420	0,530	0,450	-0,080	0,370	0,350	-0,020	-1,520
1800	5,470	3,360	-2,110	0,460	0,440	-0,020	0,350	0,330	-0,020	-2,150
2100	2,970	2,840	-0,130	0,450	0,430	-0,020	0,330	0,320	-0,010	-0,160
2400	2,110	2,940	0,830	0,430	0,420	-0,010	0,330	0,300	-0,030	0,790
2700	2,590	2,540	-0,050	0,440	0,430	-0,010	0,330	0,310	-0,020	-0,080

Keterangan :

- (-) : Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Solar Murni Lebih Rendah Daripada Bio Diesel 20%
 SM : Solar Murni
 B20 : Bio Diesel 20%

Dari tabel 4-3 terlihat perbedaan konsumsi bahan bakar antara solar murni dan solar campuran 20% bio diesel. Tanda negatif pada data tersebut menunjukkan perbedaan konsumsi bahan bakar dimana konsumsi solar B20 lebih rendah dari solar murni.

Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar solar murni dan solar campuran 30% bio diesel ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4-4 Hasil Uji Coba Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Solar Murni Dan Solar Campuran Bio Diesel 30% (B30)

Putaran (rpm)	Daya Pada Injeksi Tanpa Beban			Daya Pada Injeksi 1/4 maks			Daya Pada Injeksi 3/4 maks			Perbedaan Rata-Rata
	SM (L/kWh)	B30 (L/kWh)	Beda %	SM (L/kWh)	B30 (L/kWh)	Beda %	SM (L/kWh)	B30 (L/kWh)	Beda %	
1200	5,310	7,540	2,230	0,560	0,510	-0,050	0,390	0,400	0,010	2,190
1500	5,030	5,030	0,000	0,530	0,450	-0,080	0,370	0,370	0,000	-0,080
1800	5,470	3,670	-1,800	0,460	0,440	-0,020	0,350	0,340	-0,010	-1,830
2100	2,970	3,030	0,060	0,450	0,440	-0,010	0,330	0,320	-0,010	0,040
2400	2,110	3,000	0,890	0,430	0,410	-0,020	0,330	0,320	-0,010	0,860
2700	2,590	2,580	-0,010	0,440	0,420	-0,020	0,330	0,330	0,000	-0,030

Keterangan :

- (-) : Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Solar Murni Lebih Rendah Daripada Bio Diesel 30%
 SM : Solar Murni
 B30 : Bio Diesel 30%

Dari tabel 4.4 data awal menunjukkan konsumsi bahan bakar solar murni lebih rendah dibandingkan solar campuran 30% bio diesel. Konsumsi bahan bakar solar murni dan solar campuran 30% bio diesel pada beban 1/4 maksimum mengalami perbedaan. Data awal beban 3/4 maksimum pada putaran 1200 rpm menunjukkan konsumsi solar campuran 30% bio diesel lebih tinggi daripada solar murni. Hal ini terjadi karena waktu yang dibutuhkan solar murni lebih besar dari solar campuran 30% bio diesel. Pada tabel juga terlihat titik klimaks penurunan konsumsi terjadi pada putaran 1500 rpm.

V. KESIMPULAN

Dari hasil uji coba dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan bio diesel secara umum dapat meningkatkan unjuk kerja mesin diesel.
2. Penambahan 20% bio diesel (B20) lebih berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin diesel. Terbukti dengan perbedaan dari hasil daya unjuk kerja solar lebih kecil pada rpm 1200-2100 berkisar 0,188-0,440kW sedangkan B20 pada rpm 1200-2100 menghasilkan daya 0,251-0,55kW. Dan perbedaan spesifik konsumsi bahan bakar (BSFC) sekitar 2% dimana B20 lebih hemat. Hal ini menunjukkan bahwa campuran 20% bio diesel sebagai penghemat bahan bakar, mempercepat daya mesin, membersihkan injektor serta memperlancar pendistribusian bahan bakar sesuai dengan keunggulan yang dimiliki dari bio diesel tersebut.
3. Penambahan 30% bio diesel kurang berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin diesel. Terbukti pada kecepatan putaran mesin (rpm) 1800 dan 2100 dengan menghasilkan daya sebesar 0,377kW dan 0,55kW. Hal ini menunjukkan bahwa campuran 30% bio diesel sebagai bahan bakar pembersih dan sebagai pelapis pelindung, agak tidak sesuai dengan yang diharapkan. Tetapi pemakaian spesifik konsumsi bahan bakar (BSFC) masih lebih hemat B30 bila dibandingkan dengan solar, dimana perbedaannya hingga 1% saja.
4. Daya (BHP) yang dihasilkan pada penambahan bio diesel tidak sesuai dengan yang diharapkan. Ini terjadi karena daya berbanding lurus dengan torsi dan putaran.
5. Penambahan bio diesel rata-rata dapat menghemat konsumsi bahan bakar (BFC). Terutama untuk campuran 20% bio diesel, terbukti pada rpm 1200-1800 saat mesin tanpa beban yaitu berkisar 0,03-0,28% l/h, saat beban 1/4 pada rpm 1200-2700 lebih hemat hingga 0,37% l/h, sedangkan saat beban 3/4 pada rpm 1200-2700 semakin hemat hingga 0,50% l/h. Sedangkan B30 hanya dapat menghemat konsumsi bahan bakar hingga 0,43% l/h.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Drs. Bagyo Suchyo, Drs. Darmanto, Sumarsono BSc. Prinsip Kerja dan Daya Motor (Otomotif Mesin Tenaga). 4 Januari 1999, Surakarta 194.
2. Drs. B.M Subhakty, Koesnadi BSc. Motor Bakar I. Depdikbud, Jakarta, Oktober 1977.
3. Drs. B. M Subhakty, R Suhardjo. Motor Bakar 2. Depdikbud, Jakarta, Juni 1978.
4. Drs. Robinyu Usman, Drs. Sardjijo. Motor Bakar 3. Depdikbud, Jakarta, 1 Mei 1979.
5. Drs. Hari Amanto, Drs. Daryanto. Ilmu Bahan Bumi. Aksara, Jakarta 2003.
6. Modul Test Performa Mesin Diesel Nissan.
7. PM Heldt. High Speed Combustion Engines. edisi 16, Oxford dan IBH Publishing CO.
8. Soehardi Reksowardojo. Penelitian Dan Pengembangan Untuk Mendukung Daya Saing Dan Kemandirian Industri Kimia. Seminar Teknik Kimia Dep. Teknik Kimia, FTI ITB, 2002.
9. Tatang H. Soerawidjaja. Membangun Biodiesel Di Indonesia Bandung. (http://km.itb.ac.id/sim_posium/THS-aula%20timur-0512205.ppt).
10. Training Manual NEW STEPI PT. TAM 1995.
11. Wiranto Arismunandar. Motor Diesel Putaran Tinggi. cetakan 8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
12. Wiranto Arismunandar. Penggerak Mula Motor Bakar Torak. ITB, 1983.

PENENTUAN TINGKAT KEGAGALAN MESIN OVER HEAD CRANE

Ade Supriatna¹

¹Dosen Teknik Industri, Universitas Darma Persada

ABSTRAK

Kompetensi perusahaan salah satunya adalah ditentukan dengan seberapa jauh sebuah perusahaan dapat menekan laju atau tingkat kerusakan mesin atau fasilitas produksinya. Dengan pendekatan uji hipotesis distribusi frekuensi ditentukan tingkat kegagalan tersebut. Melalui identifikasi Jenis kerusakan didapat yang sering terjadi terdapat 5 jenis kerusakan komponen, yang diperoleh berdasarkan 5 prosentase terbesar dari 18 jenis kerusakan yang terjadi, Crane mati total 25.6 %, Crane tidak bisa turun 19.47 %, Sling tidak bisa nai-turun 9.24%, kabel contractor lepas 8.23 %, Kabel power kendur 6.23 %. Sedangkan rata-rata interval waktu kerusakan mesin Over Head Crane adalah mesin Over Head Crane I adalah 21 hari, mesin Over Head Crane II adalah 39 hari dan mesin Over Head Crane III adalah 48 hari. Dan dengan metode distribusi eksponensial, tingkat kegagalan mesin Over Head Crane I, II dan III setelah 12 minggu adalah, untuk mesin Over Head Crane I tingkat kegagalannya sebesar 98,07 %, mesin Over Head Crane II sebesar 90,92 % dan sebesar 85,92 % tingkat kegagalan pada mesin Over Head Crane III. Besarnya tingkat kegagalan pada mesin Over Head Crane tersebut dikarenakan usia mesin yang sudah cukup tua.

Keyword : Tingkat kegagalan, Mesin, Over Head Crane

I. PENDAHULUAN

Perawatan yang baik dan teratur terhadap mesin-mesin tersebut diperlukan untuk mendukung jalannya mesin agar tetap efektif dan efisien, program perawatan terhadap mesin-mesin tersebut harus direncanakan secara optimal sehingga dapat meminimalkan kerugian yang diakibatkan baik dari segi berhentinya waktu produksi akibat mesin rusak (down time) atau lainnya. Berdasarkan pemikiran hal tersebut, diperlukan penelitian mengenai berapa besar tingkat kegagalan pada mesin Over Head Crane

II. METODOLOGI

Perawatan dapat diartikan sebagai suatu kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, atau penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi atau produksi yang sesuai. Dengan kata lain sampai sejauh mana tingkat kegagalan dapat ditekan.

Untuk mengetahui hal tersebut diperlukan data MTBF yang akan di uji hipotesa dengan taraf signifikan 5% dan pendekatan pada distribusi frekuensi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa jenis kerusakan mesin yang sering terjadi adalah Crane mati total dengan frekuensi kerusakan 25 kali diikuti dengan Crane tidak bisa turun dengan jumlah kerusakan 19 kali.

Tabel 1 Prosentase Jenis Kerusakan Mesin Over Head Crane (2004-2006)

No	Jenis kerusakan	Frekuensi	Peluang	Peluang Kumulatif
1	Crane mati total	25	0.255102	0.255102
2	Crane tidak bisa turun	19	0.1938776	0.4489796
3	Sling tidak bisa naik-turun	9	0.0918367	0.5408163
4	Kabel contractor lepas	8	0.0816327	0.622449
5	Kabel power kendor	6	0.0612245	0.6836735
6	Carbon brush habis	5	0.0510204	0.7346939
7	Crane tidak bisa diarahkan	5	0.0510204	0.7857143
8	Sling kusut	4	0.0408163	0.8265306
9	Roda crane tidak bisa jalan	4	0.0408163	0.8673469
10	As roda keluar	3	0.0306122	0.8979591
11	Push button tidak berfungsi	2	0.0204082	0.9183673
12	Kampas rem terbuka	2	0.0204082	0.9387755
13	Power rail hilang 1 phase	1	0.0102041	0.9489796
14	Guide lepas	1	0.0102041	0.9591837
15	Fuse lepas	1	0.0102041	0.9693873
16	Sling keluar dari full	1	0.0102041	0.9795919
17	Vahle lepas	1	0.0102041	0.989796
18	Panel meledak	1	0.0102041	1

Pengujian Keseragaman Data

Uji kebaikan Suai Distribusi Kerusakan Mesin Over Head Crane

1. Menentukan hipotesa awal.

H_0 = Distribusi waktu kerusakan mesin Over Head Crane mengikuti distribusi eksponensial.

H_1 = Rata-rata waktu antara kerusakan mesin mempunyai pola kerusakan yang berbeda dan berasal dari populasi yang berbeda.

2. Tentukan besar kemungkinan (P_i) bahwa pada interval waktu (misalkan $38 \leq x \leq 74$ hari) terjadi beberapa kerusakan mesin dengan persamaan distribusi eksponensial. Contoh perhitungan terjadinya kerusakan X pada mesin Over Head Crane:

Diketahui:

- Terjadinya pelayanan pada interval $38 \leq x \leq 74$
- Rata-rata waktu kerusakan $\lambda = 1/48.16$ hari

Maka, peluang waktu kerusakan jatuh pada interval 34 dan 48 hari adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(38 \leq x \leq 74) &= F(74) - F(38) \\ &= (1 - e^{-74/48.16}) - (1 - e^{-38/48.16}) \\ &= 0.2391 \end{aligned}$$

Kemudian hitung frekuensi teoritis yang diharapkan (F_e), yaitu:

$$n \times P_i = \sum F_o \times P_i = 25 \times 0.2391 = 5.977$$

3. Menentukan nilai statistik uji kebaikan suai (X^2) dengan menggunakan rumus:

$$X^2 = \sum \frac{(F_e - F_o)^2}{F_o}$$

4. Menentukan nilai selang kepercayaan $\alpha = 0,05$ dan sederajat bebas ($v=10$)
5. Menentukan nilai $X^2(\alpha, v)$ dari tabel distribusi statistik Chi Square. Dari tabel statistik Chi Square didapat nilai $X^2(0.05; 10) = 18.307$
6. Uji hipotesa

Jika nilai $X^2 \leq X^2(\alpha, v)$ maka H_0 diterima

Jika nilai $X^2 \geq X^2(\alpha, v)$ maka H_0 ditolak

Dari tabel statistik Chi-square diperoleh nilai $X^2(0.05; 10) = X$ sedangkan hasil dari perhitungan diperoleh nilai $X^2 = 18.307$.

Karena nilai X^2 hitung $< X^2$ tabel, atau $8.6435 < 18.307$ maka berarti H_0 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi waktu kerusakan mesin Over Head Crane mengikuti distribusi eksponensial.

Tingkat Kegagalan mesin

Mesin Over Head Crane I

Perhitungan tingkat kegagalan mesin Over Head Crane I dalam hitungan Minggu berdasarkan data interval kerusakan adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{1044}{55} = 18.98 \approx 19 \text{hari}$$

$$\lambda = \frac{1}{18.98} = 0.053$$

Rata-rata antar kerusakan mesin adalah 19 hari, dengan kata lain mesin akan rusak 19 hari sekali.

Jika dilakukan uji sensitivitas dengan masa pakai mesin selama 12 minggu, kemungkinan terjadinya kerusakan adalah:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$F(12) = 1 - e^{-0.053 \times 12} = 1 - e^{-0.636} = 0.479$$

Dengan menggunakan tabel Values of e-x

$$e^{-0.636} = 0.529$$

maka:

$$F(12) = 1 - 0.529 = 0.471$$

Jadi kemungkinan kegagalan setelah 12 minggu pada mesin Over Head Crane I adalah 47,1%,

Mesin Over Head Crane II

Perhitungan tingkat kegagalan mesin Over Head Crane II dalam hitungan Minggu berdasarkan data interval kerusakan adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{1058}{3} = 352.67 \approx 353 \text{hari}$$

$$\lambda = \frac{1}{352.67} = 0.0028$$

Setelah dipakai selama 12 minggu, kemungkinan terjadinya kegagalan adalah:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$F(R) = 1 - e^{-(-0,2 \times 12)} = 1 - e^{-2,4}$$

Dengan menggunakan tabel Values of e-x

$$e^{-2,4} = 0,09072$$

$$\text{maka: } F(12) = 1 - 0,09072 = 0,90928$$

Jadi kemungkinan kegagalan pada mesin Over Head Crane II setelah 12 minggu adalah 90,92%,

Mesin Over Head Crane III

Perhitungan tingkat kegagalan mesin Over Head Crane III dalam hitungan Minggu berdasarkan data interval kerusakan mesin adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{1062}{25} = 42.48 \approx 43\text{hari}$$

$$\lambda = \frac{1}{6} = 0.16$$

Setelah dipakai selama 12 minggu, kemungkinan terjadinya kerusakan adalah:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$F(R) = 1 - e^{-(-0,16 \times 12)} = 1 - e^{-1,92}$$

Dengan menggunakan tabel Values of e-x

$$e^{-1,92} = 0,14080$$

maka:

$$F(12) = 1 - 0,14080 = 0,8592$$

Jadi kemungkinan kegagalan pada mesin Over Head Crane III setelah 12 minggu adalah 85,92%.

Ketiga mesin crane mempunyai tingkat kegagalan yang sangat tinggi yaitu diatas 85%, untuk meningkatkan ketersediaan mesin dalam proses produksi maka sebaiknya perawatan mesin tersebut sebelum 12 hari pemakaian atau 2 minggu sekali. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan setelah pemakaian mesin dengan lama periode tersebut. Tingginya tingkat kerusakan mesin Crane merupakan faktor usia, dimana mesin tersebut berusia lebih dari 20 tahun, sudah masuk dalam kategori tahap 3 dimana.

Peningkatan frekuensi perawatan mesin tentu berdampak pada tingginya biaya perawatan mesin tersebut.

IV. KESIMPULAN

1. Rata-rata interval waktu kerusakan mesin Over Head Crane adalah:
 - Mesin Over Head Crane I adalah 19 hari
 - Mesin Over Head Crane II adalah 34 hari
 - Mesin Over Head Crane III adalah 43 hari
2. Dengan metode distribusi eksponensial, tingkat kegagalan mesin Over Head Crane I, II dan III setelah 12 minggu adalah, untuk mesin Over Head Crane I tingkat kegagalannya sebesar 98,07 %, mesin Over Head Crane II sebesar 90,92 % dan sebesar 85,92 % tingkat kegagalan pada mesin Over Head Crane III. Besarnya tingkat kegagalan pada mesin Over Head Crane tersebut dikarenakan usia mesin yang sudah cukup tua.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Corder, Antony, Teknik Manajemen Pemeliharaan, Erlangga, 1996
2. Eric, Teicholz, Facility Design and Management Handbook, McGraw Hill, 2001
3. Higgins, Lindley R., Maintenance Engineering Handbook, McGraw Hill, 2002
4. Nababan, Charles, Analisis Keandalan dan Penentuan Persediaan Optimal Componen Sludge Sparator di PT. Perkebunan Nusantara IV unit Pabatu, UNSU 2009.
5. Nony, Penerapan Total Productive Miantenance, IPB, 2003

ANALISA PANEL SURYA SATELIT LAPAN-TUBSAT 'Panel Sisi +X Bulan Oktober 2010'

Agus Herawan¹, Ahmad Fauzi²

¹ Peneliti Bidang Ruas Bumi, LAPAN

² Peneliti Bidang Bus Satelit, LAPAN

Abstrak

Telah dilakukan analisa panel surya sisi +X satelit Lapan-Tubsat pada Oktober 2010. Data analisa memperlihatkan grafik yang membentuk satu siklus gelombang sinyal yang terjadi ketika proses power down ke sesaat keadaan normal pada satelit. Kegiatan tracking satelit dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SatPC32 dan perangkat peralatan pendukung lainnya. Dengan menggunakan peralatan tracking ini dapat menghasilkan data tracking berupa data image video dan data telemetri, yang digunakan sebagai analisa kesehatan satelit.

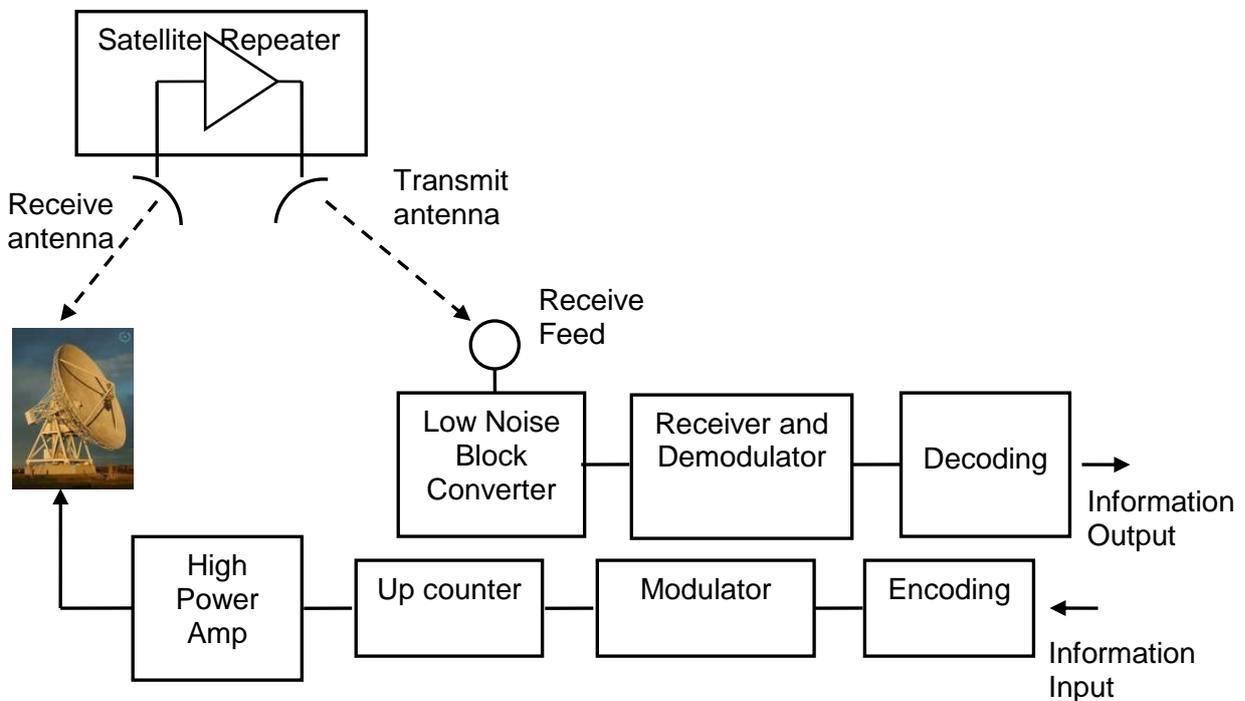
Kata kunci : satelit, tracking, telemetri, panel surya, power down

I. PENDAHULUAN

Lapan-Tubsat adalah sebuah satelit mikro yang dikembangkan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) bekerja sama dengan Universitas Teknik Berlin (*Technische Universität Berlin*; TU Berlin). Manuver attitude satelit ini dilakukan dengan menggunakan attitude control system yang terdiri atas 3 reaction wheel, 3 gyro, 2 sun sensor (sensor matahari), 3 magnetic coil (koil magnet) dan sebuah star sensor (sensor bintang) untuk navigasi satelit. Komponen-komponen inilah yang membedakannya dengan satelit mikro lain yang hanya mengandalkan sistem stabilisasi semi pasif gradien gravitasi dan magneto torquer, sehingga sensornya hanya mengarah vertikal ke bawah. Sebagai satelit pengamatan, satelit ini dapat digunakan untuk melakukan pemantauan langsung kebakaran hutan, gunung meletus, tanah longsor dan kecelakaan kapal maupun pesawat. Fasilitas store and forward-nya dapat digunakan untuk misi komunikasi dari daerah rural yang cukup banyak di Indonesia, selain untuk misi komunikasi data bergerak. Karena catu dayanya terbatas pada 5 buah baterai NiH2 berkapasitas 12 Ah, satelit dilengkapi mode operasi hibernasi. Saat mode itu diaktifkan, hanya komponen data handling, unit telecommand dan telemetri yang tetap beroperasi untuk memastikan perintah tetap dapat diterima dari stasiun bumi⁴. Selain sebagai satelit penginderaan jauh, satelit ini juga berfungsi sebagai sarana uji coba teknologi antariksa, seperti sistem komunikasi data, sistem penginderaan jauh dan sistem pengatur sikap satelit. Untuk mengontrol sikap satelit di orbit digunakan sistem kontrol tiga sumbu yaitu sebuah star sensor dan tiga sensor matahari. Satelit ini dirancang selain untuk mengambil data telemetri, juga digunakan untuk mengambil citra video pada suatu wilayah di permukaan bumi pada arah titik nadir maupun memantau satu tempat secara terus menerus dalam selang waktu tertentu. Data telemetri yang dihasilkan satelit berupa data telemetri power control unit yang terdiri dari sekitar 19 parameter diantaranya data panel surya yang akan dianalisa. Keempat sisi panel surya ini adalah sisi +X, -X, -Y dan -Z yang terdiri dari 34 cell.

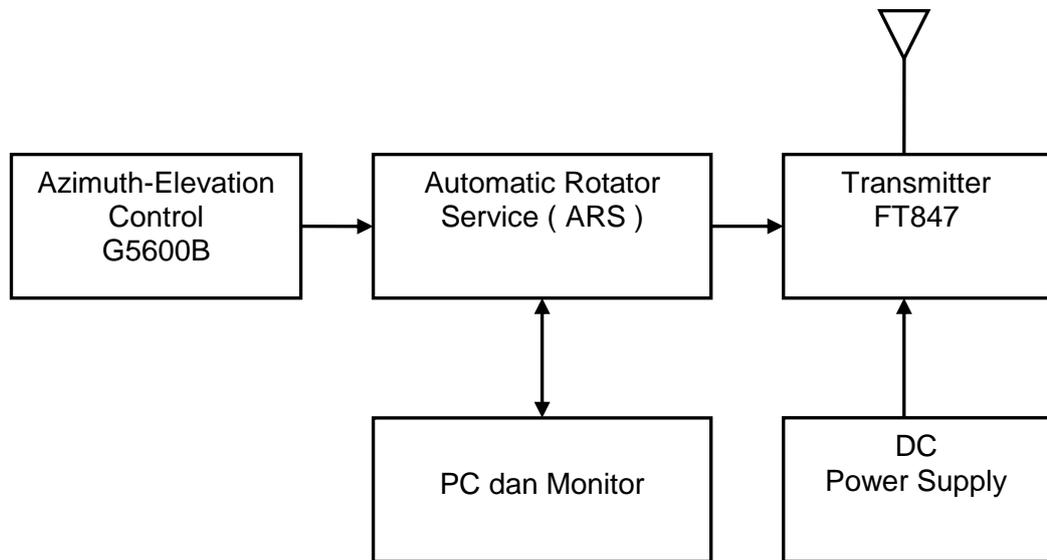
II. DASAR TEORI

Tracking atau penjejakan merupakan sub sistem komunikasi sebagai komunikasi antar muka antara satelit dan stasiun bumi, dengan misi muatan data³. Data yang diperoleh satelit berupa data citra video maupun data telemetri selanjutnya diterima dan diolah oleh operator satelit di stasiun bumi. Untuk melakukan *tracking* dibutuhkan stasiun bumi yang berfungsi menerima dan merekam data telemetri. Data telemetri merupakan data satelit yang memuat ribuan parameter kondisi kesehatan satelit berupa temperatur, tegangan baterai, posisi dan kecepatan, kondisi kamera, arah solar sel, dan sebagainya². Penjejakan dilakukan dengan menggunakan data orbit satelit yang diprogram yaitu berupa data keplerian orbit (*two line element*) yang dapat di unduh di website www.celestrack.com, dan selalu diperbaharui sehingga antena dapat tepat mengarah ke posisi satelit. Setelah sinyal dari satelit diterima cukup kuat, stasiun bumi akan menjalankan fungsi *autotrack*-nya sehingga *pointing* antena akan bergerak mengikuti gerak satelit dengan lebih akurat seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar. 1 Arsitektur Umum Stasiun Bumi

Sistem *autotrack* maupun manual harus dilakukan untuk keakuratan pangarahan antena. Dengan aktivitas penjejakan satelit dapat diketahui jarak dan kecepatan satelit relatif terhadap stasiun bumi yang sangat berguna untuk menentukan data orbit satelit selanjutnya. Sistem penjejakan satelit oleh stasiun bumi secara sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SatPC32 dan sejumlah perangkat keras lainnya berupa antena cross yagi, *azimuth-elevation control*, ARS (*Automatic Rotator System*), Radio transmitter, catu daya, dan seperangkat komputer seperti yang diperlihatkan pada Gambar. 2.



Gambar. 2 Bagan Penjejukan Satelit

Proses penjejukan satelit dalam menerima data telemetri harus memperhatikan kendali sikap satelit tersebut. Untuk satelit lahan tubsat dapat menggunakan kendali sikap aktif yang mempunyai kemampuan untuk mengubah orientasi sudut dengan menggunakan aktuator seperti *reaction wheel*. Pengaturan besarnya derajat sudut yang harus diarahkan ke wilayah yang akan di-*capture* dan dikendalikan dari stasiun bumi setelah diberi *command*. Hasil dari penjejukan satelit, salah satunya berupa data telemetri yang terdiri dari ribuan parameter kondisi satelit antara lain data telemetri PCU (temperatur PCDH, temperatur sisi -X dan sisi +X, temperatur sisi -Y, temperatur sisi -Z dan sisi +Z serta temperatur S-band), temperatur OBDH, dan sistem arus, tegangan baterai, posisi dan kecepatan, dan data lainnya. Data telemetri tersebut seperti pada Gambar. 3.

```

##LAPAN SERVER #####
2010/10/25 02:25:53 PCDH high level command
[0xB5 0xAB 0xEE 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0x00 0xEE 0xEE 0xEE 0xEE]

PCU Telemetry

Switch Register      : 00000000 00000000 00000000 00010000
Status Fuse/TTC     : 00010000 00000011
System Time         : 36676s = 0d 10h 11min 16sec

Solar Panel +X      : 14.8V      86mA
Solar Panel -X      : 14.8V      22mA
Solar Panel -Y      : 14.7V      36mA
Solar Panel -Z      : 14.8V      72mA
Sun Sensor +Y       :             248mA
Sun Sensor +Z       :             186mA

Rotations -Z to Sun: Ang.X= 127deg
                   Ang.Y=-171deg

Main Power Bus      : 14.47V      180mA

Voltage 29V/12V/-5V : 27.01V      14.41V      -4.95V
Current TTC1/TTC2   : 62mA        60mA
Current Gyros/Wheels : 14mA         55mA
Current Coils/STS   : 5mA          12mA
Current Stepper+Cam/S-Band: 20mA      22mA

Temp PCDH CPU/Housing/DCDC: 4deg      4deg      8deg
Temp Battery/Middle Plate : 2.1deg    1.1deg
Temp +X/-X           : 2.1deg    1.1deg
Temp +Y/-Y           : 4.5deg    0.6deg
Temp +Z/-Z           : 2.1deg    2.6deg
Temp S-Band          : 1.6deg

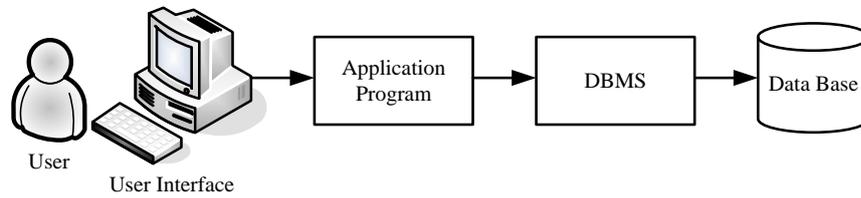
Target Current Coil X/Y/Z : -0mA      -0mA      -0mA
    
```

Data panel surya yang dianalisis

Gambar. 3 Data Telemetri Satelit

Dari data telemetri tersebut, data PCU telemetri dapat dianalisa karena data tersebut merupakan salah satu data kondisi kesehatan satelit lapan-tubsat. Dari ribuan parameter yang dihasilkan dapat dianalisa tegangan panel surya. Data yang dihasilkan oleh satelit dikirim ke stasiun bumi setelah diberi *command*, dan dimasukkan ke database berupa *log file* yang dikelola menggunakan *database engine* MySQL yang mempunyai kemudahan dalam mengolah database aplikasi dengan bahasa pemrograman PHP yang dapat menampilkan informasi tentang data telemetri satelit¹. Salah satu alasan dipilihnya database engine MySQL karena kemudahan berikut dalam mengolah data antara lain: skabilitas, portabilitas, konektivitas, keamanan, kecepatan, *open source*, mudah dimiliki dan penggunaannya mudah. Adapun bagan

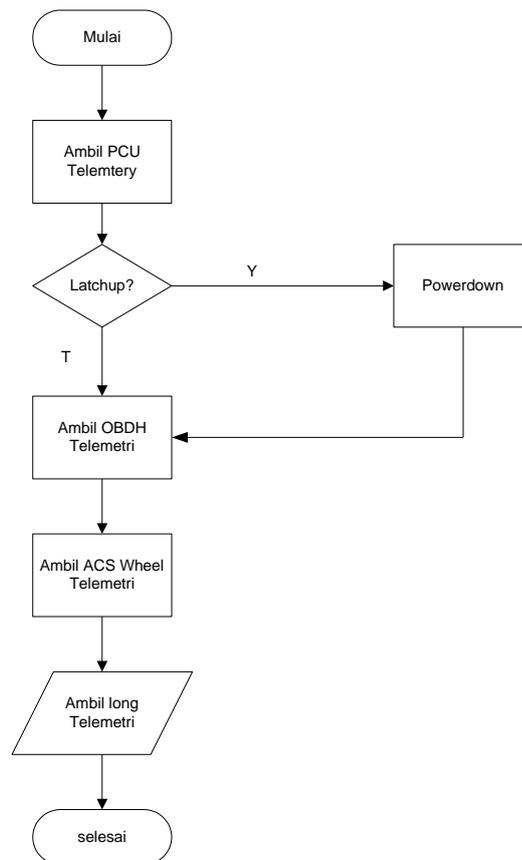
DBMS (*Data Base Management System*) yang akan digunakan seperti yang diperlihatkan pada Gambar. 4.



Gambar. 4 Bagan DBMS

III. METODOLOGI

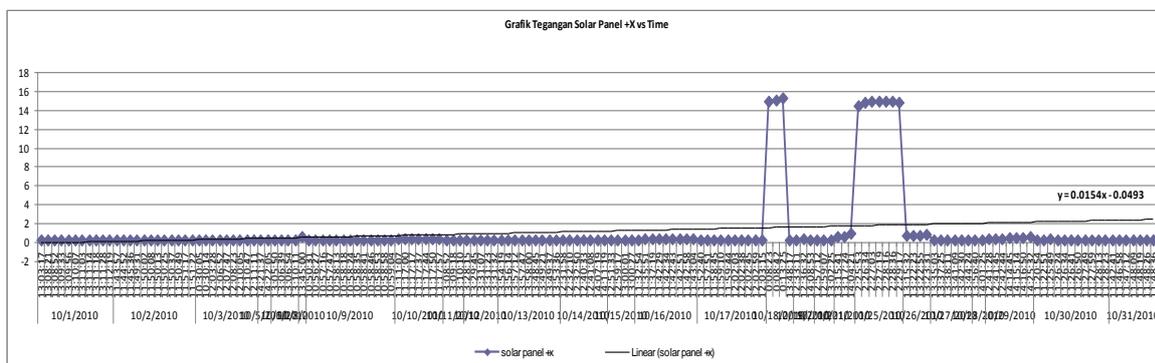
Adapun cara yang digunakan untuk memperoleh data telemetri panel surya satelit lapan-tubsat adalah dengan mengarahkan panel surya menghadap matahari untuk mengetahui panel surya menghadap matahari *nadir pointing* sisi +Z menghadap kearah permukaan bumi dengan *star tracker* pada sisi +Y menghadap matahari, sehingga permukaan panel surya sisi Y- dan sisi -Z terkena sinar matahari langsung. Untuk mendapatkan data telemetri, diperlukan langkah oleh operator satelit di stasiun bumi dengan metodologi seperti yang diperlihatkan pada Gambar. 5



Gambar 5. Alur Tracking Satelit

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses untuk mendapatkan data telemetri satelit kita lakukan dengan mengetahui sudut elevasi satelit mulai dari 10 degree. Selanjutnya kita klik tombol PCU telemetri pada kontrol panel tracking sampai data telemetri diterima dan dapat kita lihat pada monitor. Adapun analisa panel surya satelit lapan tubsat yang kita lakukan yaitu pada tanggal 01 sampai dengan 31 Oktober 2010, untuk mengetahui bentuk gambaran grafik dari panel surya pada bulan tersebut terkait dengan kesehatan satelit, dengan hasil berupa data telemetri PCU dalam hal ini data panel surya pada sisi +X. Data panel surya dan grafik hasil analisa seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1 (Lampiran 1) dan Gambar 6.



Gambar. 6 Grafik telemetri PCU panel surya satelit lapan-tubsat

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada kondisi normal (tidak terjadi *latch up* atau anomali) besarnya tegangan panel surya normal dibawah 1 Volt, tapi ketika sesaat dilakukan tindakan *power down* setelah terjadinya *latch up* (anomali) pada satelit, besaran tegangan panel surya terjadi lonjakan sekitar lebih dari 1 Volt dari keadaan normal. Kondisi seperti ini dapat membentuk satu perioda siklus gelombang sinyal seperti pada Gambar. 6. Keadaan akan normal kembali setelah proses *power down* dilakukan.

V. KESIMPULAN

Pengontrolan *tracking* satelit untuk mendapatkan data citra video dapat dilakukan pada saat melakukan penjejakan satelit, dengan menggunakan perangkat lunak satpc32 dan seperangkat peralatan pendukung lainnya. Dari data telemetri yang didapat, maka kondisi kesehatan satelit dapat dianalisa, seperti salah satunya data tegangan panel surya sisi +X. Karena dari analisa data tegangan panel surya dapat ditampilkan berupa grafik dan dapat diketahui siklus gelombang sinyal yang memberikan gambaran kesehatan satelit dari gangguan *latch up* (anomali) pada satelit.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Ikhsan, M.Y., 2007, Interface Input Data Telemetry Satelit Lapan-Tubsat, Publikasi Ilmiah LAPAN
2. Ikhsan, M.Y., Herawan, A., 2011, Rancang Bangun Basis Data Telemetry untuk Kemudahan Analisa Kesehatan Satelit, *Satelit untuk Mitigasi Bencana, Pemanfaatan Maritim dan Ketahanan Pangan*, Adriati P. S dan Sanusi T editors, IPB Press Publisher, 61-68
3. Larson, W.J. and Wertz, J.R., 1999, Space Mission Analysis and Design, Third Edition, Microcosm Press and Kluwer Academic Publishers, Space Library Technology.
4. LAPAN-TUBSAT satelit pertama buatan Indonesia, <http://kotakpengetahuan.blogspot.com/2012/02/lapan-tubsat-satelit-pertama-buatan.html>, diakses tanggal 12 September 2012.

ANALISIS PENINGKATAN MUTU SIKAT JENIS 0716 DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DI PT. COMMOTRADE

Atik Kurnianto¹

¹Dosen Teknik Industri, Universitas Darma Persada

Abstrak

PT. COMMOTRADE, Tbk. merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur yang memproduksi perlengkapan rumah tangga, dimana untuk tetap bertahan pada persaingan yang sangat ketat diantara industri sejenis, perusahaan harus melakukan pengendalian kualitas, meningkatkan efektifitas dan meningkatkan efisiensi. Permasalahan perusahaan adalah di bidang kualitas dan efektifitas proses pengisian filament dimana terjadi variasi waktu proses pengisian yang mempunyai rentang waktu yang sangat tinggi yang menyebabkan bulu sikat mudah rontok.

Untuk mengatasi permasalahan diatas, dalam penelitian ini dilakukan pemetaan proses operasi, peta control UCL, diagram fishbone, penerapan metode Six Sigma untuk menentukan tingkat sigma dan tingkat kapabilitas waktu proses, serta Design of Eksperiment guna menentukan faktor-faktor dan tingkat perlakuan faktor yang signifikan berpengaruh terhadap variasi waktu proses.

Langkah awal dalam pemecahan masalah diatas dimulai dengan menentukan prioritas masalah yang akan diperbaiki dan dilakukan pengukuran sigma. Waktu proses berada pada level sigma 2,25, menunjukkan proses pengisian berada pada rata-rata industri Indonesia. Nilai batas penerimaan atas waktu pengisian (UCL) sebesar 55,33 detik, dengan nilai kapabilitas proses pengisian (C_{pm}) 0,38, yang menunjukkan proses pengisian tidak mampu untuk memenuhi spesifikasi target yang ingin dicapai dengan banyaknya cacat produk sebesar 53 produk/hari.

Kata Kunci : Six Sigma, DMAIC

I. PENDAHULUAN

Pada era pasar global industri manufaktur dihadapkan pada persaingan yang sangat ketat dengan semakin dinamisnya perubahan lingkungan. Adanya keterbatasan dari berbagai sumber daya yang ada pada perusahaan diantaranya keterbatasan ketelitian mesin sebagai alat untuk melakukan proses dan manusia sebagai operatornya akan menyebabkan variasi waktu proses dalam menyelesaikan proses pembuatan produk, artinya waktu proses pembuatan produk tidak sama persis dengan target ukuran waktu yang sesungguhnya, sehingga diberlakukan adanya toleransi waktu proses sebagai batas spesifikasi ukuran waktu.

II. PERUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana cara menentukan tingkat kapabilitas proses pengisian filament.
2. Bagaimana melakukan *design of eksperimen* pada proses pengisian filament.
3. Bagaimana cara menentukan nilai sigma pada proses pengisian filament.

III. METOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang diambil dalam penyusunan penelitian ini ada 5 tahap yaitu : **Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC)**.

1. *Define* (Definisi), Membuat peta proses oprasi dan menentukan definisi masalah (CTQ).
2. *Measure* (Pengukuran), Menghitung nilai *Range Bergerak* (MR) Perhitungan nilai MR ini dapat dilakukan dengan cara $(X_2 - X_1)$, dimana nilai MR selalu positif dan Menghitung nilai *standard deviasi* (S), Nilai *standard deviasi* ini didapat dari $S = R/d_2$ serta Menghitung nilai *Defect Per Million Oppourtunities* (DPMO). Adapun Nilai DPMO didapat dari $P[z \geq Absolut(USL - Xbar) / S] \times 1.000.000$
3. *Analyze* (Analisis), yaitu dengan Menentukan nilai dari *Upper Control Limit* (UCL), Pengujian variasi proses dengan menggunakan hipotesis penerimaan dan penolakan berdasarkan nilai S_{maks} dan *Upper Control Limit* (UCL), Menentukan kapabilitas proses, serta membuat diagram *Fish Bon*, diagram ini dibuat untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah dan diharapkan dapat ditemukan solusi didalam memperbaiki mutu produk.
4. *Improvement* (Perbaikan), yaitu dengan membuat *Design of Eksperimen* (DoE)
5. *Control* (Kontrol) dilakukan dengan pengukuran X dan MR hasil penerapan *Design of Eksperimen*, Pengukuran Standar Deviasi (S), Pengukuran *Defect Per Million Opportunities* (DPMO), dan Pengukuran Kapabilitas Proses

IV. PENERAPAN METODE SIX SIGMA

Penelitian ini menerapkan tahapan – tahapan *Six Sigma* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) yang didalamnya terkandung beberapa teknik – teknik untuk proses perbaikan kualitas, seperti penentuan kalibrasi dimensi tubuh manusia (*Anthropometri*) dan *Design of Eksperimen* (DoE).

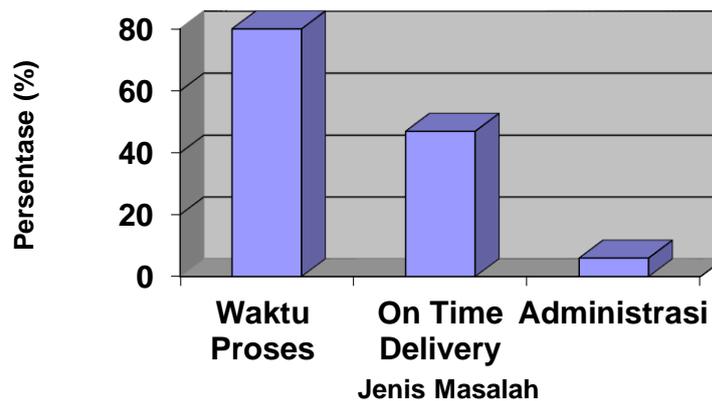
4.1. Definie (Definisi)

Mendefinisikan jenis kesalahan yang ditemukan berdasarkan data dari perusahaan yaitu waktu pengisian *Filament* tidak Efektif, keterlambatan dalam pengiriman produk dan kesalahan administrasi sebelum Pengiriman Produk. Jenis masalah berdasarkan data perusahaan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Persentase Masalah Produksi

Jenis Kesalahan	Keterangan	Persentase
Waktu Proses (Pengisian Filament)	27000 detik	80%
<i>On Time Delivery</i>	150 produk	47%
Administrasi (Barcode)	250 bundle	6%

Berdasarkan data pada tabel 1 diketahui terdapat tiga jenis masalah yang potensial yang sering terjadi berulang – ulang. Gambar 1 merupakan diagram pareto jenis masalah produksi.



Gambar 1 Diagram Pareto Persentase Kesalahan

4.2. Measure (Pengukuran)

b. Peta X dan MR

Dari hasil pengukuran dan pengolahan data sebelum dilakukan perbaikan maka didapatkan nilai rata – rata dari waktu proses = 55,12 detik dan nilai rata – rata *range* (*R*) = 1,32 detik .

c. Pengukuran *Standard Deviasi*

Nilai d_2 yang dipergunakan untuk sampel $n = 2$, adalah 1,128 (lampiran 9 pendugaan *standar deviasi*). Pada pengukuran waktu proses pengisian, maka didapatkan nilai *standar deviasi* (*S*) = 0,170202.

d. Pengukuran DPMO

DPMO adalah ukuran kegagalan dalam peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang menunjukkan kegagalan persejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas *Six Sigma* sebesar 3,4 DPMO. Pengukuran waktu proses pengisian filament mempunyai nilai DPMO = 226.627 dengan nilai *sigma* = 2,25.

4.3. Analyze (Analisa)

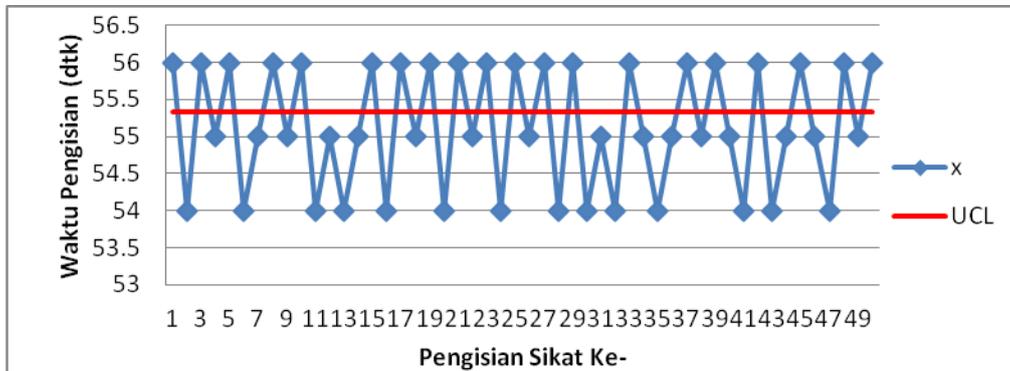
a. Penentuan UCL

Peta kontrol *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* LCL adalah alat yang digunakan sebagai pendefinisian batas penerimaan atas (UCL) dan batas penerimaan bawah (LCL) dari suatu pengukuran. Waktu proses pengisian dengan menggunakan *standard deviasi maksimum* (S_{maks}) = 0,8889, maka didapatkan nilai *Upper Control Limit* (UCL) = 55,33 detik.

b. Pengujian Variasi Proses

Pengujian variasi proses dilakukan untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi *standard deviasi* maksimum, S_{maks} , pada tingkat kapabilitas 2,25 *sigma*.

Untuk n = ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung nilai S^2 , yaitu 1 unit per pengamatan di kali 50 kali pengamatan = 50 produk, didapatkan hasil pengujian hipotesis Nilai $[(n-1) S^2 / (S_{maks})^2] = 84,93 >$ dari $\chi^2 (\alpha; n - 1) = 67,50$, maka H_0 ditolak, dengan menggunakan tingkat signifikan $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan $1 - 0,05\% = 95\%$, variasi waktu proses pengisian filament sikat jenis 0716 pada tingkat 2,25 *sigma*, lebih besar dari pada batas toleransi maksimum *standard deviasi* yang diharuskan pada tingkat kapabilitas 2,25 *sigma*.



Gambar 2. Grafik UCL Untuk Waktu Proses Pengisian

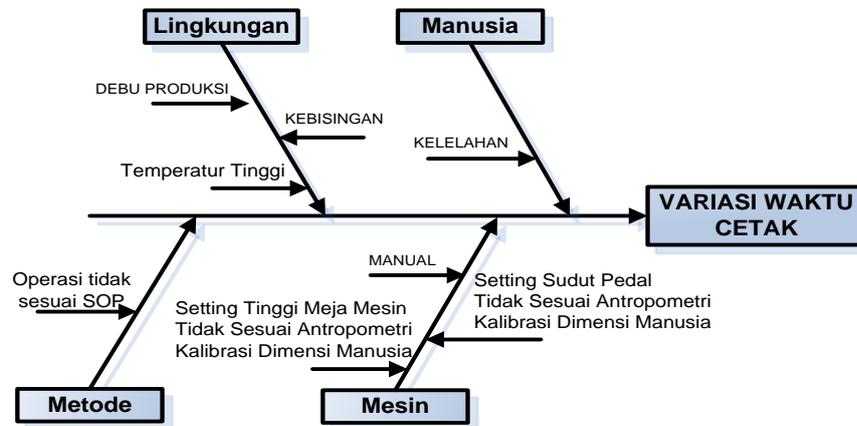
c. Proses Kapabilitas

Pada pengukuran proses kapabilitas didapat nilai kapabilitas (C_{pm}) = 0,38. Hasil pengujian hipotesis, ($C_{pm} = 0,38$) < 1,00 berarti kapabilitas proses sangat rendah dan tidak mampu untuk memenuhi spesifikasi target waktu pengisian filament sikat jenis 0716 yang mempunyai batas maksimum USL = 56. Hal ini tampak dari nilai DPMO = 226.627 dan kapabilitas *sigma* = 2,25.

d. Diagram Fish Bone (Tulang Ikan)

Diagram *fishbone* digunakan untuk mengetahui penyebab dari masalah untuk diambil tindakan perbaikan. Penyebab masalah dapat dari berbagai sumber utama, yaitu

manusia, mesin, matrial, metode kerja dan lingkungan. Diagram *fishbone* variasi waktu pengisian dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Fishbone Variasi Waktu Pengisian.

4.4. Improvement (Perbaikan)

a. Design of Eksperiment

Design of Eksperiment adalah perancangan percobaan dengan tiap langkah yang teridentifikasi sedemikian rupa, sehingga informasi yang diperlukan dapat dianalisis secara objektif dan dapat ditarik kesimpulan.

1. Identifikasi faktor – faktor yang akan dievaluasi (Variabel Bebas)

Dari analisa diagram *fishbone*, faktor waktu proses yang akan dilakukan pengendalian adalah mesin, yang merupakan suatu fase dalam *design of eksperiment*, dengan melakukan parameter disain menentukan *setting* parameter faktor – faktor.

2. Menentukan level faktor yang akan di uji.

Pemberian jumlah level dan nilai level hanya diberikan pada faktor yang dapat dikontrol, yaitu:

Tabel 2. Penentuan Level dari Faktor *Design of Eksperiment*

Faktor	Level		Satuan
	1	2	
Tinggi Meja	711	766	Milimeter (mm)
Sudut Pedal	20	45	Derajat (°)

Berikut ini adalah penguraian jenis faktor beserta level penentuan dalam melakukan *design of eksperiment* waktu proses pengisian.

Faktor Tinggi Meja, pada kondisi awal, tinggi meja berada pada jarak = 766 mm dan usulan sebesar = 711 mm.

Faktor Sudut Pedal, Pada kondisi awal, besar sudut posisi kaki saat menginjak pedal sebesar 45°. Tinggi tersebut sering mengakibatkan sakit pada pergelangan kaki pekerja. Maka akan dilakukan perbaikan sudut posisi kaki saat menginjak pedal menjadi sebesar 20°. Maka didapatkan : Level 1 (usulan) = Sudut 20° dan Level 2 (awal) = Sudut 45°.

Tabel 3. Hasil Pengacakan *Design of Eksperiment*

Tinggi Meja (mm)	Sudut Pedal (°)
766	45
711	20
711	45
766	20
766	45
711	20
711	45
766	20
766	20
711	20

4.5. Control

a. Analisis Hasil *Design of Eksperiment*

Design of Eksperiment menggunakan 2 faktorial dan 2 level dengan menggunakan 4 perlakuan menghasilkan kombinasi yang terdapat pada tabel 4. sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil *Design of Eksperiment*

Tinggi Meja (mm)	Sudut Pedal (°)	Hasil (detik)
766	45	56
711	20	54
711	45	54
766	20	55
766	45	56
711	20	54
711	45	55
766	20	55
766	20	55
711	20	54

Dengan adanya perbaikan tersebut variasi waktu proses pengisian filament dapat berkurang, sehingga jumlah cacat produk sikat juga berkurang.

b. Peta X dan MR

Dari hasil pengukuran dan pengolahan data setelah dilakukan perbaikan maka didapatkan nilai rata – rata dari waktu proses = 54,81 detik dan nilai rata – rata *range* (MR) = 0,93 detik .

c. *Standard Deviasi*

Standard deviasi adalah rata – rata perbedaan antara setiap nilai dalam serangkaian nilai dan *mean* (rata – rata) semua nilai dalam seri – seri pengukuran. Nilai d_2 yang dipergunakan untuk sampel $n = 2$, adalah 1,128

Pada pengukuran waktu proses pengisian setelah perbaikan, maka didapatkan nilai *standard deviasi* (S) = 0,831117.

d. *Defects Per Million Oppurtunities (DPMO)*

DPMO adalah ukuran kegagalan dalam peningkatan kualitas *Six Sigma*, yang menunjukkan kegagalan persejuta kesempatan. Target dari pengendalian kualitas *Six Sigma* sebesar 3,4 DPMO. Pengukuran waktu proses pengisian filament setelah dilakukan perbaikan mempunyai nilai DPMO = 77.804 dengan nilai *sigma* = 2,92.

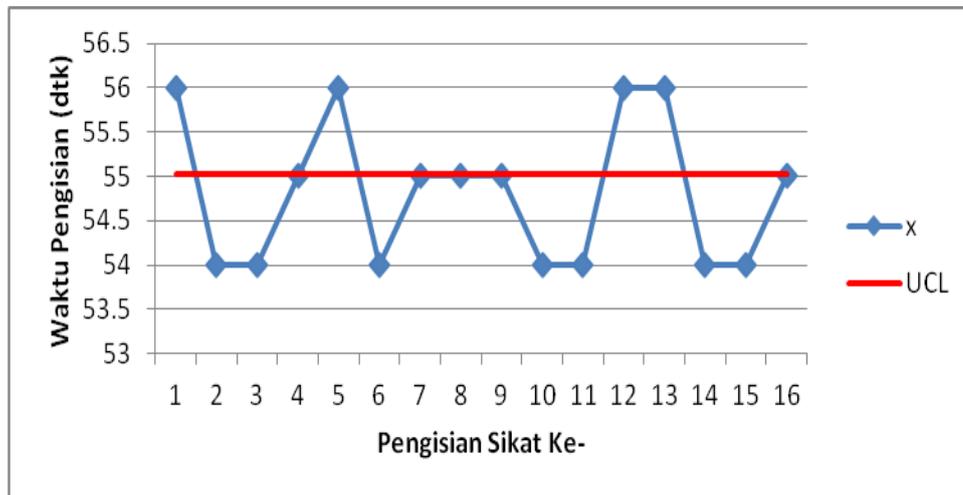
e. Penentuan UCL

Peta kontrol *Upper Control Limit* (UCL) adalah alat yang digunakan sebagai pendefinisian batas penerimaan atas (UCL) dari suatu pengukuran. Waktu proses pengisian dengan menggunakan *standard deviasi* maksimum (S_{maks}) = 0,6849 maka didapatkan nilai *Upper Control Limit* (UCL) = 55,03detik.

f. Pengujian Variasi Proses

Pengujian variasi proses dilakukan untuk mengetahui apakah variasi proses telah mampu memenuhi batas toleransi *standard deviasi* maksimum, S_{maks} , pada tingkat kapabilitas 2,92 *sigma*.

Untuk $n =$ ukuran contoh yang dipergunakan untuk menghitung nilai S^2 , yaitu 1 unit per pengamatan di kali 16 kali pengamatan = 16 produk, didapatkan hasil pengujian hipotesis, Nilai $[(n-1) S^2 / (S_{maks})^2] = 22,09 <$ dari $\chi^2 (\alpha; n-1) = 24,99$ maka H_0 diterima, dan disimpulkan bahwa dengan menggunakan tingkat *signifikan* $\alpha = 0,05$ atau tingkat kepercayaan $1 - 0,05\% = 95\%$, variasi waktu proses pengisian filament sikat jenis 0716 pada tingkat 2,92 *sigma*, lebih kecil dari pada batas toleransi maksimum *standard deviasi* yang diharuskan pada tingkat kapabilitas 2,92 *sigma*.



Gambar 4. Peta Control UCL

Terlihat bahwa waktu proses berada dalam batas kontrol yang ditetapkan pada tingkat 2,92 *sigma*. Nilai rata-rata dari proses = 54,81 detik. Nilai rata – rata proses dikatakan stabil berada di antara UCL = 55,03 detik.

g. Proses Kapabilitas

Pada pengukuran proses kapabilitas didapat nilai kapabilitas (C_{pm}) = 0,41. Karena nilai ($C_{pm} = 0,41$), maka proses masih dianggap tidak mampu mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol (*zero defects oriented*).

Dari nilai *% Off Target* diketahui bahwa interval toleransi spesifikasi bagi nilai rata – rata (*mean*) proses telah bergeser atau menyimpang dari target (T) sebesar 1,45 %, dimana semakin besar nilai *% Off Target* menunjukkan bahwa kemampuan proses semakin rendah untuk mencapai nilai target (T) yang ditetapkan sehingga peningkatan proses harus dilakukan.

Berdasarkan nilai indeks $C_{pmk} = 0,80$, menunjukkan bahwa proses waktu pengisian tidak mampu memenuhi batas spesifikasi yang di tetapkan ± 2 dari nitai target (T) = 56 detik.

V. PEMBAHASAN METODE SIX SIGMA

5.1. Define (Pendefinisian)

Jenis kesalahan yang ditemukan berdasarkan data dari perusahaan adalah waktu proses pengisian filament (80 %), keterlambatan dalam pengiriman produk (47%), dan administrasi (6%). Waktu proses mempunyai persentase yang tertinggi dan akan dilakukan perbaikan.

5.2. Measure (Pengukuran)

Setelah dilakukan pendefinisian masalah, karakteristik kualitas waktu proses pengisian berdasarkan kebijakan pihak manajemen perusahaan ditentukan target (T) = 54

detik dengan toleransi \pm detik (USL = 56 detik). Berdasarkan pengamatan waktu proses pengisian sebanyak 50 kali pengamatan dengan menggunakan 1 sampel, hasil pengolahan data didapat nilai rata – rata sub grup = 55,12 detik, *standard deviasi* = 1,170212766. Nilai rata – rata sub grup lebih tinggi 1,12 detik dari nilai target. Pada tahapan *measure* ini juga didapat nilai *Defect Per Million Oportunities* = 226.627 dengan pencapaian 2,25 *sigma*.

5.3. Analyze (Analisa)

Tahap analisis adalah tahap menentukan *standar deviasi* maksimum, batas penerimaan (UCL), pengujian variasi proses, dan menentukan tingkat kapabilitas proses yang dicapai. Dari hasil analisis didapat nilai *standard deviasi* maksimum (S_{maks}) = 0,8889, nilai batas penerimaan UCL = 55,33 detik. Hasil dari pengujian variasi proses didapat ($84,93 > 67,50$), dimana variasi proses melebihi *standard deviasi* maksimum yang diizinkan pada tingkat 2,25 *sigma*. Hasil hipotesis ini menunjukkan bahwa nilai individual waktu proses pengisian ada yang masih berada diluar batas penerimaan UCL, tetapi nilai rata – rata waktu pengisian berada dalam batas penerimaan UCL.

Nilai kapabilitas proses pada tahap analisis didapat $C_{pm} = 0,38$. Hasil hipotesis yang telah dilakukan adalah ($C_{pm} = 0,38 < 1,00$), berarti kapabilitas proses sangat rendah dan tidak mampu untuk memenuhi spesifikasi target waktu pengisian filament sikat jenis 0716. Nilai % *OffTarget* adalah 2 %, berarti rata – rata proses telah bergeser sebesar 2 %. Kemudian menentukan nilai C_{pmk} (pada tingkat mana waktu proses pengisian itu berada dalam batas – batas toleransi (USL) yang diinginkan oleh pihak manajemen). Nilai $C_{pmk} = 0,57$ (sangat rendah) hal ini terlihat dari nilai rata – rata waktu proses pengisian (rata – rata = 55,12 detik) tidak mendekati nilai target yang diinginkan ($T = 54$ detik). Nilai $L_{C_{pmk}} = 0,445$ menunjukkan waktu proses pengisian perlu dilakukan perbaikan ($L_{C_{pmk}} < 1,0$).

5.4. Improvement (Perbaikan)

a. Design of Eksperiment

Pada *Design of Eksperiment* dilakukan *desain* faktor. *Design* faktor menggunakan 2 faktor dengan dua level, dimana faktor pertama adalah tinggi meja mesin dari lantai produksi dengan level (level 1 = 711 mm ; level 2 = 766 mm), faktor kedua adalah sudut pedal dengan level (level 1 = 20° ; level 2 = 45°) dengan 4 perlakuan. Kemudian dilakukan analisis *design of eksperiment* yang menunjukkan bahwa faktor tinggi meja berpengaruh secara *signifikan* terhadap waktu proses. Hal ini terlihat bahwa *main effect* mempunyai nilai ($p\text{-value} = 0,000 < \text{dari } \alpha = 0,05$).

5.5. Control

Dari hasil *design of eksperiment* dengan menggunakan 4 perlakuan (16 kali pengamatan dan 1 sampel), didapat nilai rata - rata = 54,81 detik, *standard deviasi* = 0,83111702. Nilai rata – rata sub grup lebih tinggi 0,81 detik dari nilai target. Pada tahapan *measure* ini juga didapat nilai *Defect Per Million Oportunities* = 77804 dengan

pencapaian 2,92 sigma. Nilai *sigma* yang dicapai meningkat sebesar 0,67 dari *sigma* awal 2,25 *sigma*.

Nilai kapabilitas proses pada tahap analisis didapat $C_{pm} = 0,41$. Hasil hipotesis yang telah dilakukan adalah ($C_{pm} = 0,41 < 1,0$), berarti proses tidak mampu untuk memenuhi spesifikasi target waktu pengisian filament sikat jenis 0716. Nilai % *Off Target* adalah 1,45 %, berarti rata – rata proses telah bergeser sebesar 1,45 %. Kemudian menentukan nilai C_{pmk} pada tingkat mana waktu proses pengisian itu berada dalam batas – batas toleransi (*USL*) yang diinginkan oleh pihak manajemen.

VI. KESIMPULAN

1. Nilai variasi proses hasil pengujian hipotesis awal ($84,93 > 67,50$) menunjukkan ketidak stabilan proses, sedangkan nilai kapabilitas proses awal (0,38) menunjukkan kemampuan proses berada pada tingkat tidak mampu untuk memenuhi target spesifikasi waktu proses.
2. Berdasarkan hasil penelitian, *setting* terbaik untuk tinggi meja mesin adalah 711 mm. Hal ini ditunjukkan oleh *respons factor* pada diagram pareto hasil analisis faktor *design of eksperiment* bahwa nilai effect *p-value* (0,000) < koefisien signifikan (0,05) yang menunjukkan faktor *setting* tinggi meja mesin berpengaruh signifikan terhadap variasi waktu pengisian.
3. Hasil pengujian hipotesis variasi waktu pengisian setelah perbaikan (22,09 < 24,99) menunjukkan waktu proses pengisian cukup stabil, sedangkan hasil kapabilitas proses setelah perbaikan (0,41) yang menunjukkan kemampuan proses tidak mampu memenuhi spesifikasi target waktu proses pengisian.

VII. DAFTAR PUSTAKA

1. Gaspersz, Vincent; “ *Lean Six Sigma*”, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2006.
2. Gaspersz Vincent ; “*Pedoman Implementasi Program Six Sigma*”, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2002.
3. Hendradi, Andi; *Statistik Six Sigma Dengan MINITAB*, Edisi Pertama, CV. ANDI OFFSET, Yogyakarta, 2006.
4. Nurmianto, Eko; “*Ergonomi*”, Edisi Pertama, PT.Guna Widya, Surabaya, 2004.

ANALISIS PERBAIKAN SISTEM PENGADAAN SUKU CADANG MENGGUNAKAN METODE VALUE STREAM MAPPING (VSM) PADA PERUSAHAAN PENERBANGAN DI JAKARTA

Budi Sumartono¹

¹Dosen Teknik Industri, Univ. Darma Persada

ABSTRAK

Citra baik sebuah perusahaan penerbangan akan tercapai, apabila kondisi pesawat yang dimilikinya selalu dalam kondisi prima, sehingga siap melayani pelanggan tepat waktu, tingkat keselamatan dan kenyamanan yang tinggi. Salah satu faktor untuk menjaga kondisi pesawat yang prima adalah sistem pengadaan suku cadang yang efisien dan efektif.

Lean adalah sebuah filosofi yang dikembangkan oleh Toyota Motor Corporation untuk mempercepat lead time dalam mengurangi segala bentuk pemborosan pada setiap proses dan meningkatkan nilai tambah bagi pelanggan dengan proses mengalir ditarik oleh pelanggan. Value Stream Mapping digunakan untuk mendesain aliran material dan informasi yang diperlukan untuk menghasilkan barang atau jasa dalam lini produksi. VSM juga disebut peta aliran proses informasi yang menangkap semua informasi atau proses yang berlangsung, kemudian memetakannya kedalam model gambar realistik. Langkah-langkah dalam menerapkan VSM, yaitu : indentifikasi produk, pembuatan VSM saat ini, membuat VSM kondisi mendatang, dan mengembangkan perbaikan.

Aktivitas kegiatan-kegiatan pada sistem pengadaan suku cadang, yaitu : proses pembuatan Part Request (PR), proses peninjauan PR oleh Stock Controller, proses pembelian oleh Procurement, proses penerimaan oleh Receiving Staff, proses karantina oleh Store Inspector, proses distribusi oleh Store Keeper dan proses pengiriman oleh Cargo Staff. Kondisi VSM saat ini take time internal perusahaan (di luar faktor pengiriman dari vendor) sebesar 12 menit tiap satu siklus untuk setiap proses pengadaan suku cadang, dan rasio nilai tambah pada kondisi normal hanya mencapai 0,16 %. Kondisi VSM masa mendatang dalam kondisi normal rasio nilai tambah mencapai 0,21 %.

Kata kunci : Sistem Pengadaan Suku Cadang, Lean, Value Stream Mapping.

I. PENDAHULUAN

Sistem pengadaan suku cadang memiliki peranan yang sangat penting dalam industri penerbangan. Regulasi industri penerbangan di Indonesia mengacu pada Civil Aviation Safety Regulation (CASR) yang dipegang langsung oleh Direktorat Sertifikasi Kelayakan Udara (DSKU). Undang-Undang Penerbangan Indonesia nomor 1 Tahun 2009 pasal 41 dan 42 menyatakan bahwa setiap orang atau badan hukum yang mengoperasikan pesawat udara untuk kegiatan angkutan udara wajib memiliki sertifikat operator pesawat dan sertifikat pengoperasian pesawat. Untuk mendapatkan sertifikat tersebut, salah satu persyaratannya adalah operator harus memiliki dan/atau menguasai persediaan suku cadang yang memadai.

Sebagai perusahaan charter pesawat terbang di Indonesia, maka perusahaan harus memiliki sistem suku cadang yang memadai, hal ini tidak mudah karena harga suku cadang yang relatif mahal dan juga biaya transportasinya yang cukup tinggi. Selain itu, untuk memenuhi kebutuhan pelanggan perusahaan dituntut memiliki beberapa jenis pesawat yang ditempatkan di beberapa daerah untuk pelayanan lintas Nasional maupun internasional. Maka perusahaan harus memiliki varian suku cadang yang memadai, dan sistem pendistribusian suku cadang di daerah-daerah operasi, agar kondisi pesawat terbang tetap prima dan dapat melayani konsumen tepat waktu, tingkat keselamatan dan kenyamanan yang tinggi. Metode *Value Stream Mapping* diperlukan untuk menganalisis sistem pengadaan suku cadang yang efisien dan efektif, untuk menghindari pengeluaran tambahan yang sebenarnya tidak perlu dan pelayanan yang tepat waktu.

II. TEORI

Tujuan *lean* adalah meningkatkan terus-menerus *customer value* melalui peningkatan terus menerus rasio antara nilai tambah terhadap pemborosan. Rasio nilai tambah perusahaan Toyota Motor 57%, perusahaan-perusahaan terbaik di Amerika Utara (Amerika Serikat dan Kanada) sekitar 30%, dan perusahaan terbaik di Indonesia baru sekitar 10%. Suatu perusahaan dapat dianggap *lean* apabila rasio nilai tambahnya telah mencapai 30%.

Terdapat lima prinsip dasar *Lean*:

- a. Mengidentifikasi nilai produk (barang atau jasa) berdasarkan perspektif pelanggan, dimana pelanggan menginginkan produk berkualitas superior, dengan harga yang kompetitif dan penyerahan yang tepat waktu.
- b. Mengidentifikasi value stream process mapping (pemetaan proses pada *value stream*) untuk setiap produk.
- c. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah dari semua aktivitas sepanjang proses *value stream* itu.
- d. Mengorganisasikan agar material, informasi, dan produk itu mengalir secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik.
- e. Terus-menerus mencari berbagai teknik dan alat peningkatan untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus-menerus.

Jenis-jenis Pemborosan

Pada dasarnya dikenal dua kategori utama pemborosan, yaitu pemborosan *Non Value Added but Necessary* (NVAN) dan pemborosan *Non Value Added* (NVA). NVAN adalah aktivitas kerja yang tidak menciptakan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi output sepanjang *value stream*, namun aktivitas itu pada saat sekarang tidak dapat dihindarkan karena berbagai alasan. Sedangkan NVA merupakan aktivitas yang tidak menciptakan nilai tambah dan dapat dihilangkan dengan segera. Secara umum kita mengenal delapan macam pemborosan, yaitu:

- | | |
|------------------|-----------------------------|
| a. Transportasi | c. Pergerakan |
| b. Menunggu | d. Over inventori |
| c. Over Proses | e. Rework/Cacat |
| d. Over produksi | f. Orang tidak diberdayakan |

Value Stream Mapping

VSM merupakan suatu metode dalam melakukan mapping/pemetaan berkaitan dengan aliran produk dan aliran informasi mulai dari supplier, produsen dan konsumen dalam satu gambar utuh meliputi semua proses dalam suatu sistem. Tujuan dari

pemetaan ini adalah untuk mendapatkan suatu gambaran utuh berkaitan dengan waktu proses, sehingga dapat diketahui aktifitas bernilai tambah atau *value added* (VA) dan aktifitas tidak bernilai tambah atau *non value added* (NVA).

Value Stream Mapping (VSM) dibuat dalam bentuk grafik berupa flow chart dan digunakan untuk menganalisis dan merancang aliran material dan informasi yang dibutuhkan untuk memberikan produk dan jasa kepada pelanggan. Teknik ini pertama dikembangkan di Toyota dan sebelumnya bernama "*material and information tool mapping*".



Gambar 1. Proses Penerapan VSM

Dalam pemetaan value stream, ada 3 tahapan:

1. Persiapan

- Meliputi penyiapan data-data yang diperlukan.
- Melihat kembali urutan proses dan sistem informasi.
- Lean* metrik/ ukuran-ukuran dalam proses.
- Mengkomunikasikan tujuan dan sasaran keseluruhan unit area.

2. Pengumpulan data-data yang diperlukan

- Kumpulkan data secara langsung di lapangan (gemba)
- Gunakan data yang nyata sesuai fakta saat ini di lapangan. Jika tidak ada, gunakan data beberapa bulan ke belakang.
- Jangan lupa memperkenalkan diri dengan tim di lapangan.
- Ikuti jalur proses dimulai dari proses yang paling akhir.
- Lihat keterkaitan antara proses sebelum dan sesudahnya.

3. Menggambarkan peta value stream saat ini

- Catat data di papan tulis sebelum didituangkan kedalam kertas.
- Diskusikan peluang perbaikan dan buatlah rencana perbaikan.

c. Susun rencana value stream masa yang akan datang.

Terdapat 3 fokus dalam pembuatan VSM untuk masa yang akan datang yaitu:

a. Pemenuhan permintaan pelanggan

Pemenuhan permintaan pelanggan (*Take Time*) yaitu waktu yang tersedia untuk memenuhi permintaan pelanggan atau disebut juga dengan 'derap permintaan pelanggan'. *Take Time* merupakan waktu yang tersedia untuk menghasilkan satu produk agar bisa memenuhi permintaan pelanggan. *Cycle Time* yaitu waktu aktual yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaannya dalam satu produk.

b. Sistem aliran material dan informasi, dengan sistem tarik.

Menyatukan atau mensinkronkan antara aliran material dan informasi untuk memenuhi keinginan pelanggan dengan jumlah yang sesuai, waktu yang diinginkan dan kualitas yang diinginkan. Mensinkronkan aliran yang dimaksud adalah aliran proses suatu jasa melalui sistem pelayanan tanpa adanya interupsi/terhenti. Sistem tarik yaitu memberikan pelayanan/jasa hanya yang dibutuhkan oleh pelanggan.

c. Pemerataan produk atau campur merata.

Aliran proses memiliki perbedaan ritme dikarenakan perbedaan proses pengerjaan, perbedaan mesin, perbedaan operator, perbedaan *set-up* pengerjaan dll. Dalam pemerataan produk, masing-masing proses harus mengikuti ritme permintaan pelanggan yaitu *take time*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Perusahaan

Kegiatan perusahaan yang dimaksud adalah kegiatan perusahaan yang terkait langsung dalam pengadaan suku cadang yaitu; *stock control*, *procurement*, *receiving staff*, *store inspector*, *store keeper* dan *cargo staff*.

Stock Controller adalah orang yang bertanggung jawab untuk meninjau permintaan dan kebutuhan suku cadang di semua basis perusahaan.

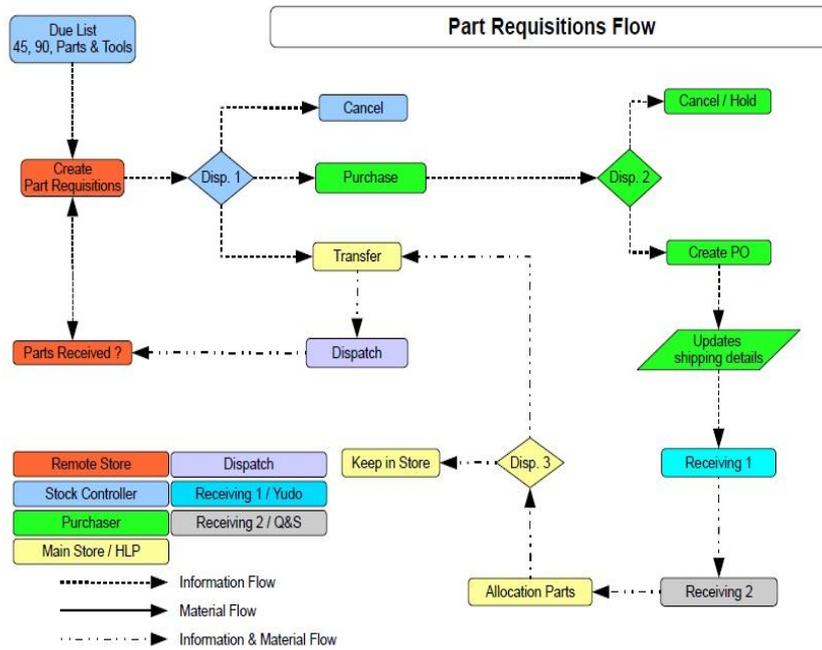
Procurement atau *purchasing staff* adalah orang yang bertanggung jawab meninjau permintaan harian yang sudah di setujui untuk dibeli atau di-*repair*.

Receiving Staff adalah orang yang bertanggung jawab untuk menerima, mengidentifikasi, dan mendata komponen yang dikirim dari vendor.

Store Inspector adalah orang yang memiliki latar belakang teknik yang bertanggung jawab untuk melakukan pengecekan setelah komponen diterima oleh *receiving staff*. Disposisi untuk status komponen yang dapat di terima atau bermasalah ditentukan oleh inspector

Store Keeper atau storeman adalah orang yang bertanggung jawab untuk melakukan identifikasi, penerimaan, penyimpanan, penjagaan, dan pengiriman atau pengeluaran spare part atau komponen lain dari gudang baik yang digunakan di pesawat secara langsung maupun tidak.

Cargo Staff adalah orang yang bertanggung jawab untuk melakukan pengiriman barang milik perusahaan dan pelanggan, melakukan fungsi administratif pengiriman, dan memastikan prosedur pengiriman sesuai tuntutan perusahaan.



Gambar 2. Part Requisition Flow

Pembuatan VSM Saat Ini

Pengadaan suku cadang berdasarkan prioritasnya terbagi menjadi 9 (sembilan) jenis, seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Data Permintaan Suku Cadang

Code	Prioritas	Jumlah	Persentase
1	AOG	24	0,26%
2	4 hari	257	2,73%
3	14 hari	648	6,89%
4	30 hari	3324	35,33%
5	45 hari	4265	45,33%
6	60 hari	709	7,54 %
7	90 hari	84	0,89%
8	120 hari	56	0,59%
9	180 hari	41	0,44%
Jumlah		9408	100%



Gambar 3. Standar Waktu Pengadaan Suku Cadang

Tabel 2. Jumlah Suku Cadang pada Beberapa Proses

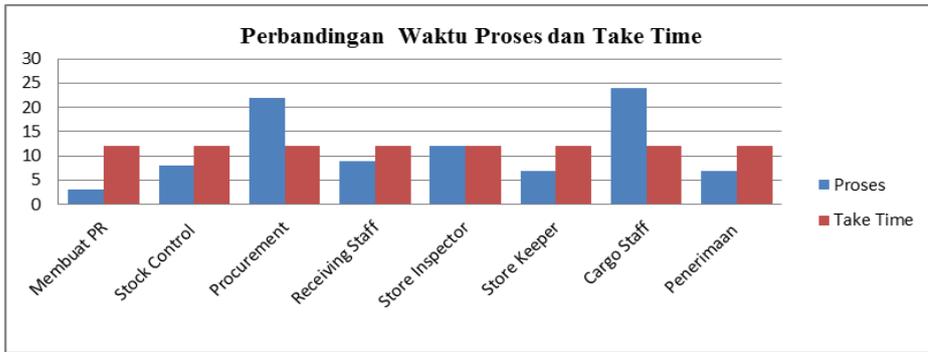
NO	Proses	Jumlah	Keterangan
1	Requisition	9408	Semua requisition yang input IAS
2	Purchase Order	7517	Suku cadang dan tool
3	Part Recevied	6374	Komponen baru da lokal workshop
4	Part Transfer	29466	Semua transaksi tranfer
5	Pengiriman ke Benete Base	157	Jakarta - Benete

Jumlah permintaan per tahun : 9408 item
 Jumlah hari kerja per tahun : 240 hari
 Jumlah shift : 1
 Jam kerja per hari : 9 jam
 Jam Istirahat per hari : 1 Jam
 Jam kerja bersih per hari : 8 Jam

$$\text{Take Time} = \frac{\text{Jumlah waktu jam kerja per hari}}{\text{Jumlah produk yang dibutuhkan per hari}}$$

$$\text{Take Time} = \frac{480 \text{ menit}}{40 \text{ item per hari}} = 12 \text{ menit}$$

Waktu *Take Time* adalah 12 menit, dengan demikian waktu proses yang ideal untuk mengerjakan satu siklus dalam setiap proses adalah tidak lebih dari 12 menit.

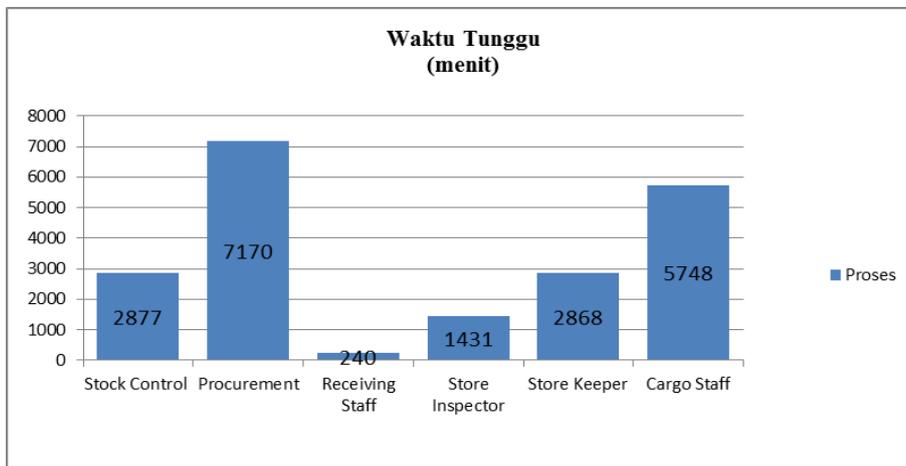


Gambar 4. Perbandingan Waktu Proses dan *Take Time*

Note: Waktu proses adalah waktu yang di hitung terlama dari setiap proses (kondisi normal) per komponen. Waktu tunggu adalah waktu standar perusahaan di kurangi waktu proses atau waktu perjalanan. Waktu perjalanan adalah waktu perpindahan komponen baik dari standar perusahaan ataupun yang dilakukan oleh karyawan.

Rasio nilai tambah untuk pengadaan suku cadang

$$VAR = \frac{VA}{NVA} \times 100\% = \frac{92}{575.08} \times 100\% = 0,16 \%$$



Gambar 5. Waktu menunggu pada Proses

Pemborosan-pemborosan yang Terjadi

Beberapa pemborosan yang terjadi diantaranya adalah:

- a. Part Requisition manual ditujukan dua arah, hal ini mengakibatkan pekerjaan ganda untuk melakukan peninjauan terhadap permintaan suku cadang.
- b. Stock controller membuat requisition. Stock kontrol melakukan peninjauan terhadap due list dan menerbitkan PR untuk ditinjau kembali oleh *stock control* yang lain, maka terjadi pekerjaan ganda terhadap peninjauan due list pesawat dan peninjauan PR itu sendiri.

- c. Procurement berdasarkan tipe pesawat, sehingga konsentrasi beban pembelian tidak akan merata.
- d. Perbedaan waktu Antara perusahaan dengan Vendor, mengakibatkan waktu menunggu dalam proses pembelian kian lama.
- e. Keterlambatan vendor, maka pengadaanyapun akan semakin molor.
- f. Store keeper melakukan penerimaan suku cadang dari semua Base, membuat beban tidak merata antara *receiving staff* dengan store keeper.



Gambar 6. Persentase Pembelian Suku Cadang

Merancang VSM Masa Mendatang

Dalam merencanakan pembuatan VSM masa mendatang, direncanakan 'satu hari pembelian dan satu hari transfer' artinya adalah proses pembelian suku cadang dilakukan dalam satu hari dan proses penerimaan sampai transfer suku cadang dilakukan dalam satu hari juga. Maka rancang suatu sistem, sebagai berikut:

a. Satu pintu

Satu pintu adalah setiap aliran informasi dan aliran barang melalui satu pintu. Hal ini untuk meminimalisasi pekerjaan ganda.

b. Stock controller fokus pada peninjauan PR

Stock control tidak lagi melakukan peninjauan pada *due list*, tetapi hanya melakukan pemeriksaan terhadap PR, minimum *stock level* (MSL) dari masing-item yang diminta.

c. Pembelian berdasarkan komponen

Setiap ada permintaan yang sudah ditinjau oleh Stock controller, Procurement dapat menerbitkan PO dan memonitornya.

d. Procurement dua shift

Procurement dua shift untuk mensiasati lamanya proses pembelian suku cadang karena perbedaan waktu, sehingga untuk menerbitkan PO bisa dilakukan dalam satu hari atau dalam waktu 24 jam.

e. Store Keeper & Receiving Staff

Fungsi penerimaan barang dari vendor maupun dari semua basis dikembalikan kepada *receiving staff*. Untuk memperlancar pendistribusian suku cadang, ditugaskan personal *store keeper* yang khususkan untuk melayani permintaan transfer suku cadang.

f. Penambahan jadwal pengiriman

Pengiriman suku cadang untuk basis Benete sebanyak 157 pengiriman dengan jadwal pengiriman hanya 2 kali menjadi 3 kali dalam seminggu, untuk mengurangi waktu tunggu dalam pengiriman barang kepada Basis.

g. Memaksimalkan sistem IAS

IAS merupakan software untuk mendukung kegiatan pengadaan suku cadang, sehingga mengurangi kegiatan operasional secara manual.

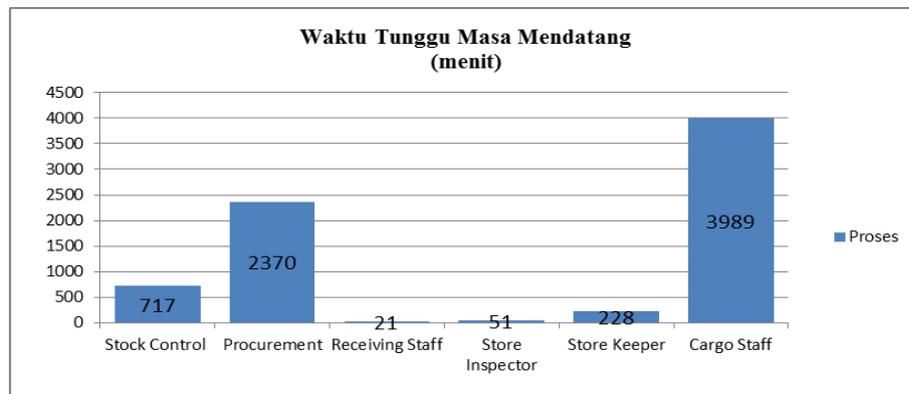
h. FIFO

Semua jalur informasi dan jalur disposisi suku cadang menggunakan metode FIFO, untuk menghindari keterlambatan item tertentu karena tertinggal.

i. Dilakukan sistem tarik.

Sistem ini untuk menghindari penumpukan pada salah satu stasiun kerja, karena barang/jasa belum diproses pada stasiun kerja berikutnya.

Hasil penerapan gagasan satu hari pembelian dan satu hari transfer suku cadang, maka dapat mengurangi waktu tunggu.



Gambar 7. Waktu Tunggu pada VSM Masa Mendatang

Rasio nilai tambah untuk pengadaan suku cadang

$$VAR = \frac{VA}{NVA} \times 100\% = \frac{92}{43108} \times 100\% = 0,21\%$$

$$\text{Total Waktu} = \frac{92 \text{ menit} + 43108 \text{ menit}}{24 \text{ jam}}$$

$$\text{Total Waktu} = 30 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan VSM masa mendatang, rasio nilai tambah dari proses pengadaan suku cadang untuk kondisi normal mencapai 0.21% dan *lead time* total 30 hari.

IV. KESIMPULAN

1. Sistem pengadaan suku cadang perusahaan penerbangan tersebut, terdiri dari (tujuh) proses, yaitu: proses store basis menerbitkan *part request* (PR) dan penerimaan suku cadang akhir, proses peninjauan PR oleh *stock controller*; proses pembelian oleh *procurement*; proses penerimaan suku cadang oleh *receiving sta*; proses karantina oleh *store inspector*; proses distribusi oleh *store keeper*; dan proses pengiriman oleh *cargo staff*.
2. Dalam pembuatan VSM saat ini, kemampuan perusahaan melakukan pengadaan suku cadang dan pengiriman kargo biasa adalah selama 45 hari. *Take Time* permintaan suku cadang adalah 12 menit, Rasio nilai tambah dalam pengadaan suku cadang mencapai VAR 0.16%. Kondisi saat ini masih terdapat prosedur operasi standar yang tidak sesuai dengan fungsi dari proses terkait sehingga terjadi duplikasi dan berdampak pada waktu tunggu yang lama.
3. Dalam merancang VSM masa mendatang, untuk mempercepat *lead time* diperlukan proses satu hari pembelian dan satu hari transfer suku cadang sehingga rasio nilai tambah dapat di tingkatkan menjadi 0.21 % dengan *lead time* mencapai 30 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gaspersz, Vincent and Fontana, Avanti., **Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries**, Vinchristo Publication, Bogor, 2011.
2. Gaspersz, Vincent., **Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2007.
3. Gaspersz, Vincent., **Continuous Cost Reduction Throught Lean-Sigma Approach-Strategi Dramatik Reduksi Biaya dan Pemborosan Menggunakan Pendekatan Lean-Sigma**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2006.
4. George, Michael L., **Lean Six Sigma for Service-How to Use Lean Speed & Six Xugma Quality to Imptove Service and Transaction**, McGraw-Hill, New York, 2004
5. Monden, Y., **Toyota Production System**, Edisi kedua, Industrial Engineering and Management Press, 1993.
6. Risyadi, Kiki., **Lean Service**, IPOM Study Group-Handout, Bogor, 2012
7. Risyadi, Kiki., **Lean Manufacturing – VSM (Value Stream Mapping)**, IPOM Study Group-Handout, Bogor, 2012

PERANCANGAN JARINGAN LOKAL

Eko Budi Wahyono¹

¹Dosen Teknik Elektro Universitas Darma Persada

Abstrak

Akan dilakukan perancangan jaringan untuk pengguna fix-acces dan mobile-acces pada suatu organisasi kerja institusi pendidikan, sehubungan jaringan sebelumnya sudah ada maka untuk penerapannya perlu langkah-langkah penyesuaian secara bertahap. Hasil rancangan ini dapat dipergunakan sebagai benkmarking dari sisi rancangan terhadap jaringan-jaringan yang sudah bekerja namun terdapat kekurangan dalam hal kinerja jaringan. Hasil yang diperoleh adalah sebuah rancangan jaringan yang memiliki kemampuan untuk melayani 2165 pengguna secara bergantian dengan perbandingan 1:3 artinya 33% dari keseluruhan pengguna mempergunakan jaringan secara bersamaan. Cara perancangan jaringan 1:3 ini cocok untuk institusi pendidikan, yang mana memiliki pengguna yang memiliki sifat unik yakni pada suatu saat yang sama pengguna hanya 33% dikarenakan 66% lainnya melakukan aktifitas lain.

Key word : Jaringan, host, server, pengguna, address.

I. PENDAHULUAN

Fasilitas akses internet banyak disediakan untuk berbagai institusi seperti perkantoran, universitas, dan restoran. Fasilitas ini dimaksudkan untuk memberikan layanan lebih kepada karyawan, mahasiswa, dan pengunjung atau konsumen. Hal tersebut dimaksudkan agar memberikan kemudahan kepada karyawan dalam bekerja, mahasiswa dalam belajar, dan konsumen dalam memanfaatkan waktu menunggu hidangan atau menunda waktu pulang sampai jam-jam kemacetan lewat. Ada hal-hal yang perlu diperhatikan didalam merancang jaringan terkait dengan prediksi pengguna misalkan sebuah restoran dengan kapasitas 50 pengunjung karena merupakan layanan lebih atau memang ditujukan untuk menarik pengunjung maka harus dirancang dengan perbandingan 1:1, hal tersebut dimaksudkan agar pengunjung tidak kecewa. Dalam perkantoran karena penggunanya tetap maka dirancang dengan perbandingan yang sama. Akan tetapi untuk perancangan jaringan di kampus berbeda dengan perancangan pada perkantoran dan restoran, hal demikian pertama karena jumlah pengguna yang banyak akan tetapi tidak semua pengguna memanfaatkannya. Karena lingkungan kampus kegiatannya juga banyak seperti, kuliah, olah raga, belajar di perpustakaan, belajar di perpustakaan online, dan menghadiri seminar. Untuk itu perancangan pada jaringan universitas dapat ditetapkan dengan prediksi 1:3 (satu dibanding tiga) yakni dari tiga orang satu menggunakan jaringan. Kedua karena pengguna banyak maka perlu dikelompokkan dalam jaringan kecil-kecil, hal demikian

memungkinkan bandwidth terdistribusi merata karena prinsip bandwidth ini seperti kran air apabila kran yang dibuka banyak maka aliran air mengecil dan sebaliknya apabila kran yang dibuka sedikit maka aliran air membesar sehingga apabila dirancang dalam kelompok-kelompok kran maka distribusi akan merata.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan mempelajari teori-teori tentang jaringan seperti klasnet, subnet, IP Address, perangkat keras jaringan seperti (NIC, Switch, Host, Server, Router, Gateway, Acces-point), dan pengumpulan data yang diperlukan antara lain data tentang kelompok pengguna jaringan dan bandwidth yang dibutuhkan. Langkah kedua membuat tabel perancangan menurut Nomor, Subnet, ketersediaan jaringan 1:3, Rentang IP Address. Penelitian dilanjutkan dengan membuat gambar rancangan jaringan serta jumlah kebutuhan perangkat keras yang diperlukan. Akhirnya dilanjutkan dengan implementasi, dalam implementasi ini mengingat pada umumnya institusi-institusi sudah memiliki jaringan maka implementasi berupa benchmarking serta saran perbaikan apabila diperlukan.

III. TEORI

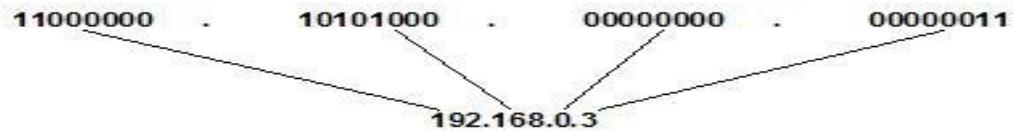
IP Address dalam jaringan dapat dikelompokkan dalam dua jenis IP, pertama IP Private dan yang kedua IP Publik. IP Privat merupakan IP yang dipergunakan dalam jaringan LAN, sedangkan IP Publik adalah IP yang mempunyai DNS tertentu yang dipublikasikan keseluruh dunia melalui jaringan internet. IP versi 4 adalah IP yang dipergunakan saat ini baik untuk IP Publik maupun IP Privat

Protokol IP versi 4

Panjang totalnya adalah 32-bit (dapat mengalami hingga 4 miliar host komputer atau lebih tepatnya 4.294.967.296 host) jumlah host tersebut didapatkan dari 256 (didapatkan dari 8 bit) dipangkat 4(karena terdapat 4 oktet) sehingga nilai maksimal dari alamat IP versi 4 tersebut adalah 255.255.255.255 dimana nilai dihitung dari nol sehingga nilai nilai host yang dapat ditampung adalah $256 \times 256 \times 256 \times 256 = 4.294.967.296$ host, bila host yang ada di seluruh dunia melebihi kuota tersebut maka dibuatlah Protokol IP versi 6. IP versi 6 ini nantinya jumlahnya lebih dari 4 oktet bisa 6, atau 8 oktet.

Contoh alamat IP versi 4 adalah **192.168.0.3**.

Alamat IP versi 4 umumnya diekspresikan dalam notasi desimal bertitik (*dotted-decimal notation*), yang dibagi ke dalam **empat buah oktet** berukuran **8-bit**. Dalam beberapa buku referensi, format bentuknya adalah **w.x.y.z**. Karena setiap oktet berukuran 8-bit, maka nilainya berkisar antara **0** hingga **255** (meskipun begitu, terdapat beberapa pengecualian nilai).



Gambar 1. Contoh IP Address

Keterangan :

192 = dikatakan sebagai oktet **pertama**, disimbolkan dengan (**w**)

168 = dikatakan sebagai oktet **kedua**, disimbolkan dengan (**x**)

0 = dikatakan sebagai oktet **ketiga**, disimbolkan dengan (**y**)

1 = dikatakan sebagai oktet **keempat**, disimbolkan dengan (**z**)

IPv4 terdiri dari 5 class, yaitu A, B, C, D dan E. Kelas D digunakan untuk **multicasting**, sedangkan kelas E untuk **riset**.

Tabel 1 : Rincian Klas IP Address

Kelas Alamat	Nilai oktet pertama	Bagian untuk Network Identifier	Bagian untuk Host Identifier	Jumlah jaringan maksimum	Jumlah host dalam satu jaringan maksimum
Kelas A	1–126	W	X.Y.Z	126	16,777,214
Kelas B	128–191	W.X	Y.Z	16,384	65,534
Kelas C	192–223	W.X.Y	Z	2,097,152	254
Kelas D	224-239	Multicast IP Address	Multicast IP Address	Multicast IP Address	Multicast IP Address
Kelas E	240-255	Dicadangkan; eksperimen	Dicadangkan; eksperimen	Dicadangkan; eksperimen	Dicadangkan; eksperimen

Netmask

Netmask adalah sebuah alamat untuk mengidentifikasi alamat jaringan sebuah komputer

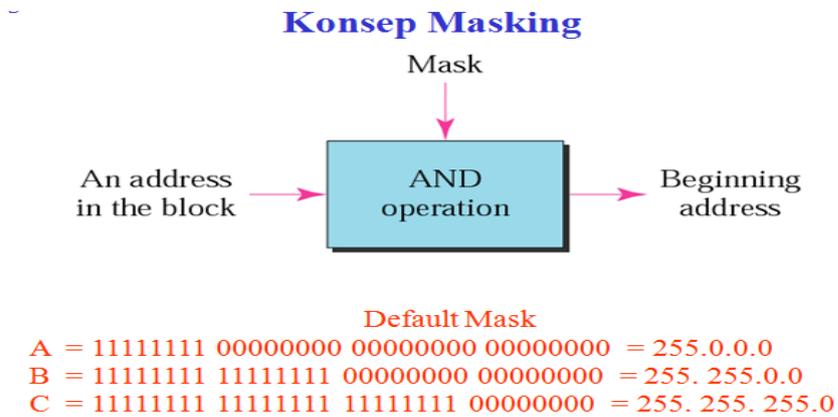
Tabel 2 : Netmask dan CIDR

Kelas Alamat	IP Address	Netmask Defaul	CIDR
Kelas A	1.0.0.0 – 127.0.0.0	255.0.0.0	/8
Kelas B	128.0.0.0 – 191.0.0.0	255.255.0.0	/16
Kelas C	192.0.0.0 – 223.0.0.0	255.255.255.0	/32

CIDR (**Classless Interdomain Domain Routing**) merupakan metode penentuan netmask berdasarkan jumlah binari „1” pada oktet sebuah IPv4. CIDR (Classless Inter-Domain Routing) yang diperkenalkan pertama kali tahun 1992 oleh IEFT. Contoh : Netmask sebuah jaringan /16, berarti netmask adalah :

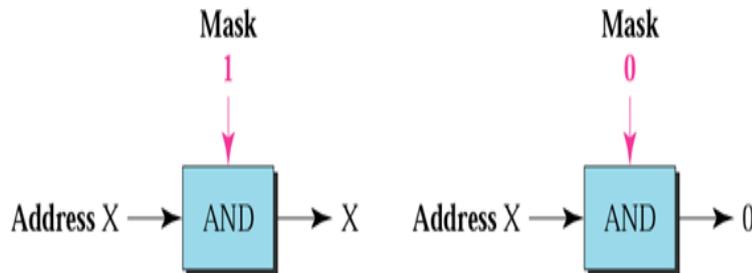
11111111.11111111.00000000.00000000

Jumlah bilangan 1 pada oktet ini sebanyak 16 buah. Fungsi Netmask adalah sebagai pengali atau untuk meng "AND" kan IP Address guna menentukan awal range sebuah jaringan (NetID)



Gambar 2. Konsep Masking

Operasi AND



Gambar 3. Operasi AND

Contoh :

Diketahui IP Address 200.45.34.56 /19 Maka aplikasikan operasi AND pada address dan subnet mask.

IPAddress	11001000	00101101	00100010	00111000	
NetMask	11111111	11111111	11110000	00000000	
NetID Binner	11001000	00101101	00100000	00000000	(Hasil operasi AND antara IP Address dan Netmask)
NetID Decimal	200	.	45	.	32 . 0

IV. PERANCANGAN

Persiapan perancangan diawali dengan pengumpulan data jumlah pengguna pada tiap unit kerja (bagian), dari data jumlah pengguna per unit kerja inilah yang nantinya akan dijadikan dasar untuk membuat tabel perancangan. Berikut adalah tabel data jumlah pengguna per unit kerja.

Tabel 3 : Data jumlah pengguna per unit kerja

No.	Nama Unit Kerja	Jumlah Pengguna
	Jumlah Unit Kerja = 5	
1	Unit Kerja 1	90
2	Unit Kerja 2	450
3	Unit Kerja 3	600
4	Unit Kerja 4	900
5	Unit Kerja 5	120
6	Unit Kerja 6	5
	Jumlah	2165

Pembuatan Tabel menurut Nomor, Subnet, Jumlah Pengguna, ketersediaan jaringan 1:3, Rentang IP Address.

Tabel 4 : Tabel Subnet

No	Nama Subnet	Jumlah Pengguna	Ketersediaan Jaringan 1:3	Rentang IP Address	Code Subnet
1	Unit Kerja 1	90	30	192.168.10.0 - 192.168.10. 32	/27
2	Unit Kerja 2	450	253(150)	192.168.20.0 - 192.168.20. 255	/24
3	Unit Kerja 3	600	253(200)	192.168.30.0 - 192.168.30. 255	/24
4	Unit Kerja 4 A	450	253(150)	192.168.40.0 - 192.168.40. 255	/24
	Unit Kerja 4 B	450	253(150)	192.168.50.0 - 192.168.50. 255	/24
5	Unit Kerja 5	120	62(40)	192.168.60.0 - 192.168.60. 64	/26
6	Admin	5	5	192.168.70.0 – 192.168.70.7	/29
	Jumlah	2165	1109		

Dari nama subnet unit kerja 4 terlihat pada tabel 4 berjumlah 900 pengguna, maka untuk dapat masuk ke dalam klas-c harus dibagi dua sehingga berjumlah masing-masing 450 sehingga ketersediaan jaringan 1:3 adalah 150 kenyataannya disediakan 253 alamat masih masuk kedalam klas-c.

Antara ketersediaan jaringan dengan rentang IP Address kadang tidak sesuai karena sifat format IP Address yang harus menyediakan angka alamat yang lebih banyak dari yang diminta sebab apabila diambil yang lebih sedikit maka akan ada kekurangan IP Address. Alamat IP Address pada setiap subnet haruslah berbeda agar router dapat

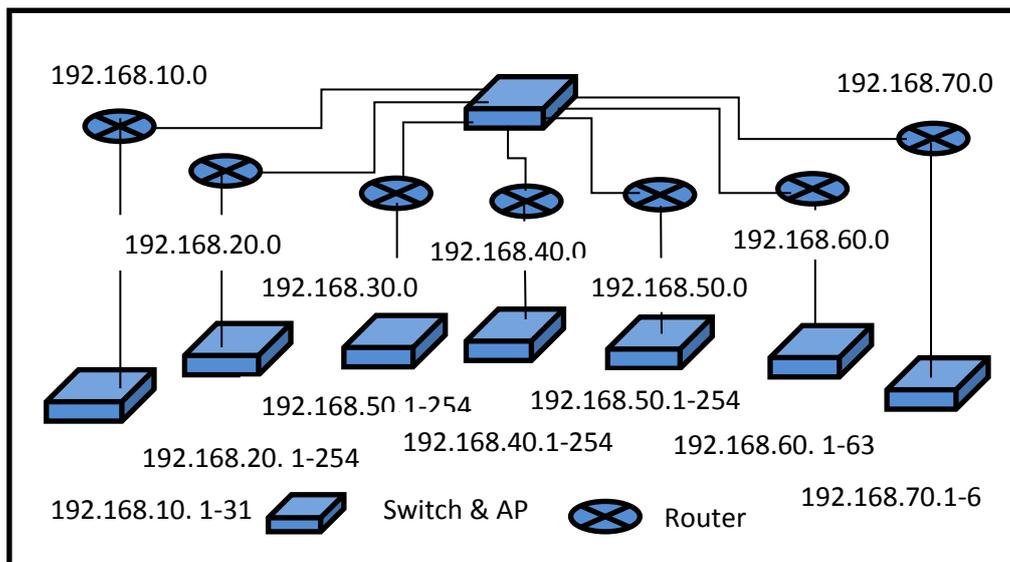
membedakan antara subnet yang satu dengan subnet yang lain, nampak dalam Tabel-2 IP Address setiap subnet dibedakan pada oktet-3.

Untuk subnet unit kerja 2, 3, 4a, 4b, 5 seharusnya disediakan 150, 200, 150, 150, 40, host akan tetapi dalam kenyataan disediakan 253, 253, 253, 253, 62, mengapa demikian karena faktor pembuatan IP Address V4 yang membuat desain jumlah host harus diambil jumlah di atasnya.

Khusus subnet Admin diberikan ketersediaan jaringan 1:1 oleh karena anggotanya adalah Server, Front-End Processor, Server Intranet, Server-Proxy dan Fire-Wall.

Akhirnya dari jumlah pengguna 2165 maka tersusun ketersediaan jaringan 1109 pengguna, untuk selanjutnya bagaimana melayani fix-host dan mobile-host. Untuk fix-host disediakan switch sedangkan mobile-host disediakan access-point hot-spot, untuk itu perlu dipasang acces point pada setiap switch unit kerja (lihat pada Gambar 4).

Pada subnet admin merupakan tempat Server, Front-End Processor, Server Intranet, Server-Proxy dan Fire-Wall terlihat pada Gambar 4 pada alamat jaringan 192.168.70.0.



Gambar 4 : Gambar Jaringan terdiri dari Switch dan Router

V. PENERAPAN

Guna penerapan hasil rancangan ini pada jaringan yang sudah berjalan, dilakukan penyesuaian-penyesuaian dan penambahan peralatan yang dirasa kurang pada jaringan yang sudah ada agar sedapat mungkin sesuai dengan hasil rancangan. Harapannya rancangan ini dapat menghasilkan kinerja jaringan yang baik hingga dapat menjamin kepuasan pengguna. Dilakukan benchmarking terhadap jaringan sejenis guna mengetahui apakah kinerja jaringan sudah sesuai dengan yang diharapkan.

VI. KESIMPULAN

Telah dilakukan perancangan jaringan yang efisien dalam desain rancangan, untuk penerapannya perlu melakukan perubahan pada jaringan yang sudah ada agar sesuai dengan hasil rancangan hingga nantinya akan diperoleh kinerja jaringan yang baik. Untuk mengetahui apakah ada peningkatan kinerja jaringan maka dilakukan benchmarking jaringan yang lama dengan jaringan yang baru, untuk saat ini penerapan hasil rancangan belum dilaksanakan hingga belum dapat menampilkan nilai kinerja jaringan.

VII. DAFTAR PUSTAKA

1. Andrew S. Tanenbaum, 1996. Jaringan Komputer, Edisi Ketiga, Jilid 1, rehallindo, Jakarta.
2. William Stalling, 2001. Komunikasi Data (Dasar-dasar Komunikasi Data), Edisi Pertama, Salemba Teknika, Jakarta.

SOLUSI SISTEM INFORMASI PRESENSI DAN PENGGAJIAN PEGAWAI PADA PT XYZ

Endang Ayu S¹, Abdullah Hamim², Nursyamsiyah³, Eka Yuni Astuty⁴

^{1,3,4}Dosen Sistem Informasi, Universitas Darma Persada

²Project Staff PT ISBI

Abstrak

PT XYZ dalam menjalankan sistem presensi dan penggajian pegawai masih menggunakan kartu absen serta pengolahan data gaji selama ini juga dilakukan berdasarkan daftar hadir pegawai yang tercantum pada kartu absen. Diperlukan suatu solusi sistem informasi untuk menangani masalah tersebut sehingga dapat meningkatkan kinerja perusahaan dalam menjalankan operasionalnya. Solusi program meliputi beberapa modul, program presensi pegawai, penggajian pegawai, pengambilan cuti kerja pegawai dan program surat peringatan. Perancangan yang digunakan dalam pembangunan sistem ini berdasarkan metode analisis berorientasi objek dan alat yang digunakan untuk menggambarkan model data yaitu *Unified Modeling Language* (UML). Pembuatan interface program menggunakan *Microsoft Visual basic 6.0* dan databasenya menggunakan *Microsoft Access 2007*. Hasil dari pembuatan program ini adalah sistem presensi secara komputerisasi dan mengotomatisasi perhitungan dalam proses penggajian pegawai.

Kata kunci : sistem presensi dan penggajian, absensi, pegawai

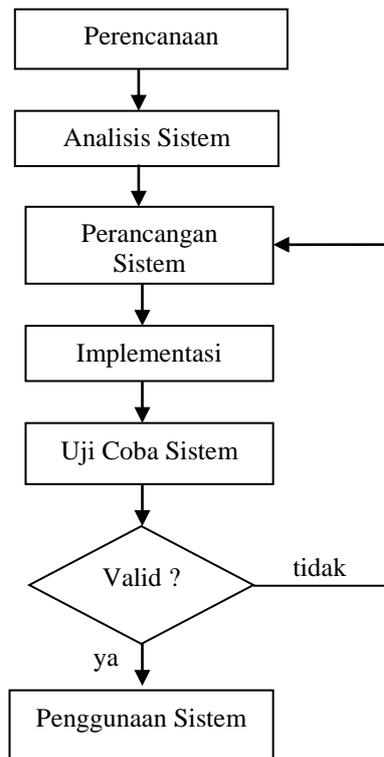
I. PENDAHULUAN

Peran teknologi informasi sangat penting dan berarti saat ini, kemajuan teknologi informasi yang semakin pesat akan berdampak kemudahan disegala bidang. Tanpa adanya teknologi informasi, para pelaku bisnis yang menginginkan keefektifan dan keefesienan dipastikan akan mengalami masalah dan kesulitan dalam hal waktu dan biaya dalam melakukan transaksi bisnisnya.

PT XYZ anak perusahaan yang bergerak dibidang jasa penyedia lahan parkir, dalam operasionalnya melakukan absensi pegawai secara manual menggunakan kartu absen dan perhitungannya akan digunakan sebagai pedoman dalam proses pengolahan dan penghitungan gaji. Seperti halnya absensi, pengolahan data gaji selama ini juga dilakukan secara manual berdasarkan daftar hadir pegawai yang tercantum pada kartu absen. Sistem manual seperti ini membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar sehingga tidak efektif dan dapat mengakibatkan terjadinya kesalahan dalam penghitungan gaji. Melalui solusi sistem informasi presensi dan penggajian diharapkan dapat mengefisienkan waktu dalam proses pencarian dan pelaporan data.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian ini menggunakan *System Development Life Cycle* (SDLC), metode ini memiliki enam tahap diantaranya perencanaan, analisis sistem, perancangan sistem, implementasi, uji coba sistem, dan penggunaan sistem. Siklus hidup pengembangan sistem *System Development Life Cycle* (SDLC) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Diagram *System Development Life Cycle* (SDLC)

Sistem yang akan dikembangkan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML). (UML) adalah alat bantu yang sangat handal di dunia pengembangan sistem yang berorientasi objek Munawar (Munawar, 2005).

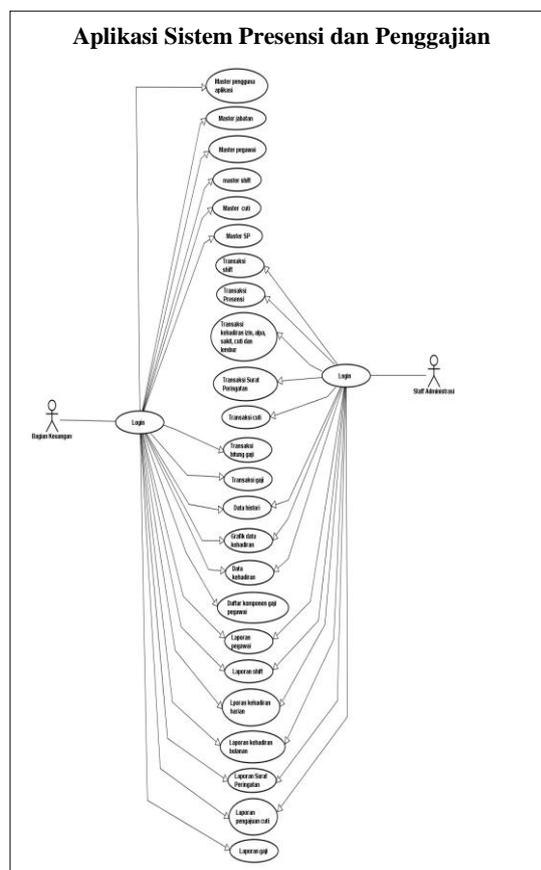
Aplikasi presensi dan penggajian pegawai dibuat dengan menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*. *Visual Basic* sebagai bahasa pemrograman yang memiliki beberapa kontrol dan komponen serta sistem pemrograman terstruktur dalam membuat antarmuka *input* data, pembacaan dan pengolahan data (Andi, 2009).

III ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

Prosedur absensi yang berjalan saat ini dimulai dari pegawai mengisi data kehadiran pada kartu absen dengan menuliskan jam masuk dan jam pulang kerja pada kartu absen. Apabila pegawai tidak dapat hadir karena sakit, izin atau cuti, maka pegawai harus memberikan surat keterangan sakit atau cuti kepada *Staff* administrasi atau *Supervisor* dan apabila terdapat keterlambatan pada jam masuk maka pegawai akan dianggap alpa. Apabila pegawai tidak masuk tanpa keterangan yang jelas maka *Supervisor* akan memberikan Surat Peringatan (SP) kepada pegawai,

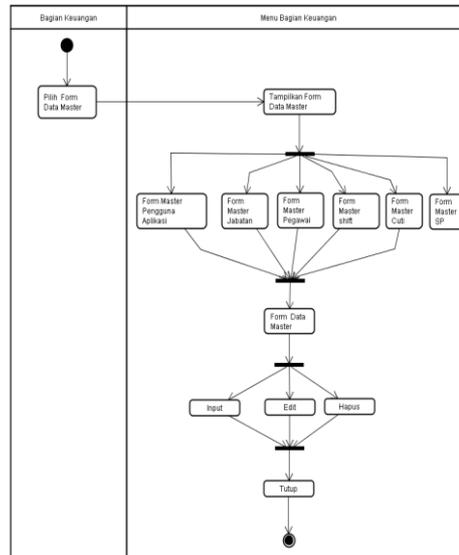
Bagian keuangan melakukan proses penghitungan gaji dari data kehadiran yang diserahkan oleh *Supervisor*. Lalu bagian keuangan membuat laporan penggajian sebanyak dua rangkap, satu rangkap untuk diarsip ke laporan penggajian bulanan pegawai dan satu lagi diserahkan kepada *Manager* operasional. Bagian keuangan membuat slip gaji sebanyak dua rangkap, rangkap pertama diberikan kepada pegawai dan satu lagi diarsipkan kedalam laporan penggajian bulanan.

Diagram *Use Case* presensi dan penggajian pegawai terdapat beberapa proses yang digambarkan dalam sebuah *use case*. Bagian keuangan dan *Staff* administrasi sebagai aktor berhubungan dengan proses atau menu *login*. Perancangan diagram *Activity login* pada level akun bagian keuangan dan *Staff* administrasi digambarkan oleh diagram dibawah ini.



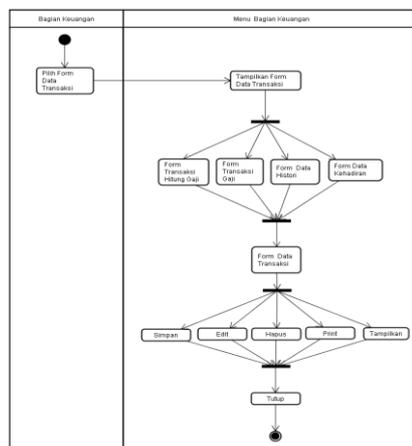
Gambar 2. Diagram *Use Case* Perancangan Sistem Presensi dan Penggajian Pegawai

Perancangan diagram *Activity* data master bagian keuangan digambarkan oleh diagram dibawah ini.



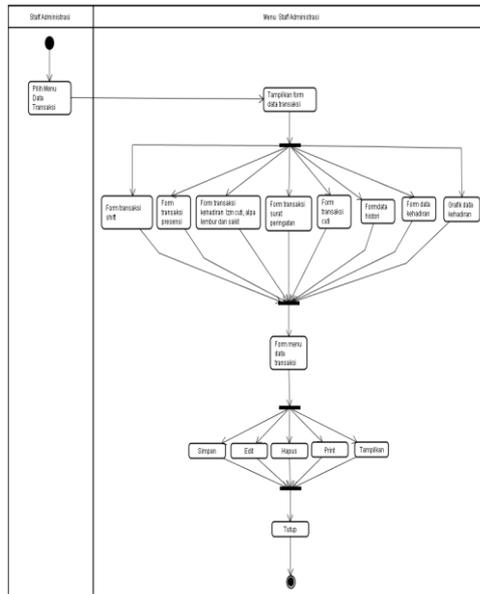
Gambar 3. Diagram *Activity* Data Master Bagian Keuangan

Perancangan diagram *Activity* data transaksi bagian keuangan digambarkan oleh diagram dibawah ini.



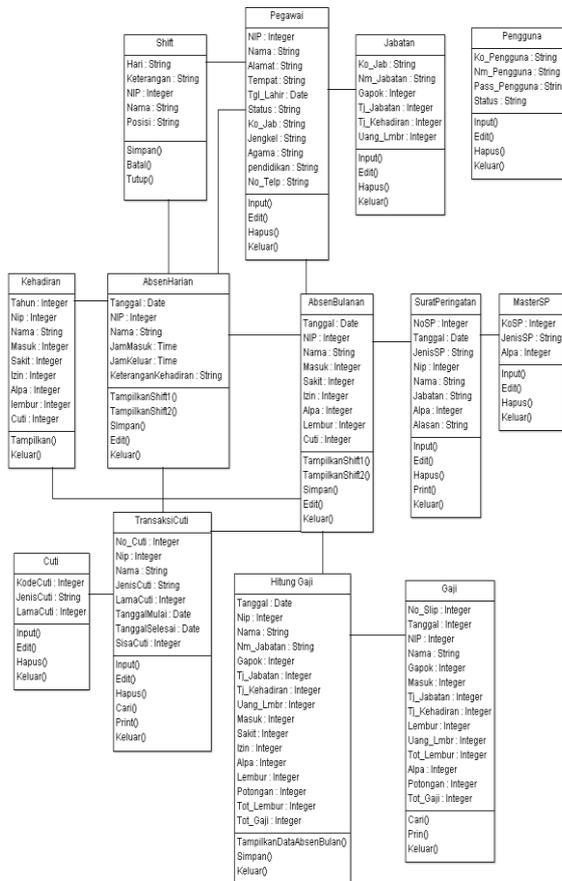
Gambar 4. Diagram *Activity* Data Transaksi Bagian Keuangan

Diagram *Activity* data transaksi *Staff* administrasi menjelaskan proses aktivitas yang dilakukan oleh *Staff* administrasi. Perancangan diagram *Activity* data transaksi *Staff* administrasi digambarkan oleh diagram dibawah ini.



Gambar 5. Diagram Activity Data Transaksi Staff Administrasi dan Supervisor

Perancangan database menggunakan diagram Class. Perancangan diagram Class digambarkan oleh diagram dibawah ini.



Gambar 6. Diagram Class

IV PEMBAHASAN

Pada saat program ini digunakan oleh *user*, maka akan tampil halaman awal dari program ini sesuai dengan *ID* yang dimasukkan. Berikut dibawah ini adalah gambar tampilan awal program.



Gambar 7. Tampilan *Form Login*

Dalam tampilan menu utama pada program presensi dan penggajian ada dua tipe hak akses, yaitu menu utama untuk bagian keuangan dan *Staff* adminisrasi. Seperti gambar berikut.



Gambar 8. Menu Utama Bagian Keuangan



Gambar 9. Menu Utama *Staff* Adminisrasi

Submenu pegawai berfungsi untuk memasukkan semua data pegawai. *Form* ini bisa diakses oleh bagian keuangan. Berikut gambar tampilan dari *form* pegawai.

Nip	Nama	Alamat	Tempat	Tgl Lahir	Status	Ko. Jabatan	Jen. kelamin	Agama	Pendidikan	No. Telpn
07120001	Erlan Drajat	Kp. Rawa Belut Rt.Bogor		25/05/1983	Pegawai TISPV		Laki-Laki	Islam	SMU	065720929
07120002	Yandi	Kp. Rawa Belut Rt.Bogor		12/02/1978	Pegawai TISPP		Laki-Laki	Islam	STM	081137095
07120003	Nana Suryana	Kp. Rawa Belut Rt.Bogor		18/07/1980	Pegawai TISPP		Laki-Laki	Islam	SMU	0813873118
07120004	Aendriyandah	Kp. Rawa Belut Rt.Bogor		07/09/1980	Pegawai TISPP		Laki-Laki	Islam	STM	0212895262
07120005	Kardi Sukardi	Kp. Rawa Belut Rt.Bogor		24/04/1980	Pegawai TISPP		Laki-Laki	Islam	STM	0219277097
07120006	Dede Rohandi	Kp. Rawa Belut Rt.Bogor		16/07/1985	Pegawai TIAGH		Laki-Laki	Islam	SMU	0858978251
07120007	Kemerudin	Kp. Tengah Rt.08/Bogor		18/08/1982	Pegawai TISPP		Laki-Laki	Islam	STM	0877360668
07120008	Idun	Kp. Samah Rt.08/Bogor		18/08/1982	Pegawai TISPP		Laki-Laki	Islam	STM	0857229993
07120009	Wendi	Kp. Babakan Rt.08/Bogor		12/07/1994	Pegawai TISPP		Perempuan	Islam	SMU	0219460774

Gambar 10. *Form* Data Pegawai

Submenu presensi berfungsi untuk menambah data absen harian dan data absen bulanan pegawai. *Form* ini hanya bisa diakses oleh *Staff* administrasi. Berikut gambar tampilan *form* presensi.

Gambar 11. *Form* Presensi

Submenu presensi keterangan digunakan untuk menginputkan pegawai yang sakit, izin, alpa, cuti atau lembur. *Form* ini hanya bisa diakses *Staff* administrasi. Seperti gambar dibawah ini.

Gambar 12. *Form* Presensi Sakit Izin, Alpa, Cuti dan Lembur

Apabila ada pegawai yang alpa selama tiga hari, enam hari dan sembilan hari, maka akan tampil pesan Peringatan SP. Seperti gambar dibawah ini.

Gambar 13. Komentar Peringatan SP

Submenu pengajuan cuti berfungsi untuk memasukkan semua data pegawai yang mengajukan cuti. *Form* ini hanya bisa diakses *Staff* administrasi. Berikut gambar tampilan dari *form* pengajuan cuti.

FORM PENGAJUAN CUTI PEGAWAI

Data Pengajuan Cuti Pegawai

No. Cuti: 11120002, Jenis Cuti: Tahunan, Tanggal Selesai: 11/11/2012
 Nip: 07120000, Cuti yang diambil: 0 Hari, Sisa Cuti: 8 Hari
 Nama: Nana Suryana, Tanggal Mulai: 09/11/2012, Jumlah Cuti: 12 Hari

No. Cuti	Nip	Nama	Jenis Cuti	Lama Cuti	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	Sisa Cuti	Jumlah Cuti
11120001	07120001	Erlan Drajat	Tahunan	0	04/12/2012	06/12/2012	10	12
11120002	07120003	Nana Suryana	Tahunan	3	09/12/2012	12/12/2012	9	12

Gambar 14. Form Data Pengajuan Cuti

Submenu surat peringatan berfungsi untuk memasukkan semua data pegawai yang mendapatkan surat peringatan. Form ini bisa diakses oleh Staff administrasi. Berikut gambar tampilan dari form surat peringatan.

FORM SP (SURAT PERINGATAN) PEGAWAI

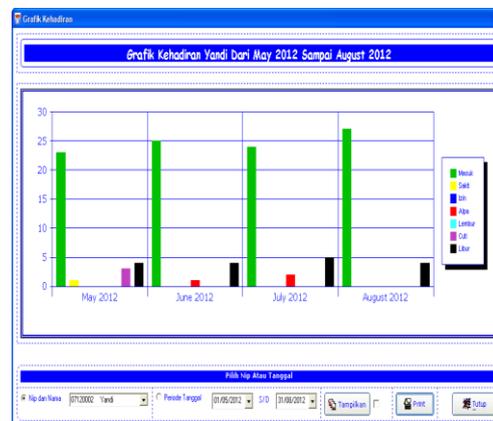
Data SP (Surat Peringatan) Pegawai

Jenis SP: Alpa, Hari
 Tanggal: 19/01/2013, NIP: [input field]
 Nomer SP: [input field], Jabatan: [input field]

No.SP	Tanggal SP	Jenis SP	Nip	Nama	Jabatan	Alpa
01130001	19-01-2013	SP1	07120001	Erlan Drajat	SPV	3
01130002	14-01-2013	SP2	07120001	Erlan Drajat	SPV	6
01130003	14-01-2013	SP3	07120003	Nana Suryana	SPP	9
01130004	14-01-2013	SP1	07120006	Dede Rohandi	ADM	3
01130005	14-01-2013	SP1	08120014	Asep Saepudin	SPK	3
01130006	14-01-2013	SP2	07120002	Yenni	SPP	6
01130007	14-01-2013	SP1	07120004	Herdiandiyah	SPP	3
01130008	15-01-2013	SP1	07120001	Erlan Drajat	SPV	3

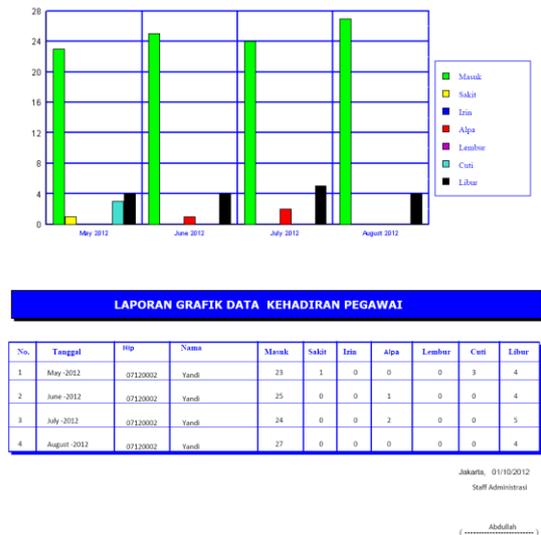
Gambar 15. Form Data Surat Peringatan

Submenu grafik data kehadiran berfungsi untuk mengetahui data kehadiran pegawai yang masuk, sakit, izin, alpa, lembur dan cuti dengan menggunakan grafik. Berikut gambar tampilan form grafik data kehadiran.



Gambar 16. Form Grafik Data Kehadiran

Aplikasi presensi dan penggajian pegawai dibuat dengan menggunakan *Crystal Report*. *Crystal Report* merupakan salah satu standar program yang digunakan untuk membuat, menganalisa dan menterjemahkan informasi yang terdapat dalam *database* atau program kedalam berbagai jenis laporan yang sangat fleksibel (Rahadian Hadi, 2004). Berikut ini adalah contoh laporan menggunakan *Crystal Report* seperti gambar berikut.



Gambar 17. Laporan grafik Data kehadiran Pegawai

Submenu gaji berfungsi untuk menampilkan gaji semua pegawai dan mencetak slip gaji pegawai. *Form* ini hanya bisa diakses oleh bagian keuangan. Berikut gambar tampilan *form* gaji.

Nip	Nama	Jabatan	Gaji Pokok	Tunjangan Jabatan	Tunjangan Kehadiran	Total Lembur	Potongan	Total Gaji
07120011	Heni	Staf Pelayanan	900000	0	0	0	0	900000
07120006	Dede Rohandi	Administrasi	3000000	50000	50000	0	0	1100000
07120008	Udin	Staf Pelayanan	900000	0	0	35000	0	935000
07120009	Widi	Staf Pelayanan	900000	0	0	0	0	900000
07120001	Erlan Drajat	Supervisor	1150000	100000	100000	0	0	1350000
07120005	Kardi Sukardi	Staf Pelayanan	900000	0	0	0	0	900000
07120007	Komarudin	Staf Pelayanan	900000	0	0	0	0	900000
07120013	Epin	Staf Pelayanan	900000	0	0	0	35000	865000
07120010	Ana Mariana	Staf Pelayanan	900000	0	0	0	0	900000

Gambar 18. Form Gaji

Dalam tampilan submenu laporan pada program presensi dan penggajian pegawai ada dua tipe laporan yang dibuat berdasarkan kewenangan dan kebutuhannya. Seperti gambar berikut.

Gambar 19. Form Laporan Bagian Keuangan

Gambar 20. Form Laporan Staff Administrasi

V. KESIMPULAN

Pada sistem aplikasi presensi dan penggajian ini penanganan data pegawai beserta data gaji pegawai menjadi lebih mudah, sehingga tidak memerlukan ruangan khusus untuk menyimpan data-data pegawai beserta data-data gaji pegawai dan dalam proses memasukkan datapun bisa lebih efektif dan efisien.

Pengujian dilakukan dengan tiga cara yaitu pengujian secara struktural, fungsional dan validasi. Setelah dilakukan pengujian dengan ketiga cara tersebut menunjukkan bahwa hasil uji coba sistem sudah valid sesuai dengan strukturnya.

Adapun beberapa saran dalam pengembangan sistem aplikasi penggajian selanjutnya adalah : Sistem akan lebih baik bila dirancang dengan menambah konektifitas antar PC (*Personal Computer*), *Multi User* (jaringan) dengan *database* berpusat di *server*. Perlunya fitur tambahan yang dapat membantu lembaga dalam pelaporan dan mengambil keputusan, seperti penambahan *database* golongan, *database* kenaikan gaji, *database* kenaikan jabatan dan lain-lain.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Andi. 2009. *Seri Panduan Pemrograman Database Visual Basic 6.0 dengan Crystal Report*. Ed. III. MADCOMS, Yogyakarta
2. Hadi, Rahadian. 2004. *Membuat Laporan dengan Crystal Report 8.5 dan Visual Basic 6.0*, Elex Media Komputindo, Jakarta
3. Munawar. 2005. *Pemodelan Visual dengan UML*, Graha Ilmu, Yogyakarta
4. Rusmawan, Uus. 2011. *Visual Basic 6.0 Untuk Semua Tingkatan*, Elex media Komputindo, Jakarta

SIMULASI PROSES PABRIKASI BURIED CHARGE COUPLE DEVICE

Nani Suryani¹

¹ Dosen Teknik Elektro, Universitas Darma Persada

ABSTRAK

Dalam penulisan ini dirancang suatu struktur CCD jenis buried channel (BCCD) 3 gate, menggunakan bahan silicon dengan gate dari bahan aluminium. Pabrikasi dilakukan di laboratorium TELKOMA LIPI Bandung, menggunakan teknologi difusi planar, sebelum dilakukan pabrikasi terlebih dahulu dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak SSUPREM, yaitu untuk menganalisis hasil proses difusi yang terdiri dari proses predeposisi dan proses drive-in. Parameter utama dalam proses difusi adalah menentukan Temperatur dan waktu yang diperlukan dalam proses, sehingga didapatkan besarnya konsentrasi impurity/doping bahan dan kedalaman difusi serta hasil akhir profil konsentrasi impurity. Bagian BCCD yang disimulasikan adalah pada daerah source/drain (tipe n^+) dan pada daerah kanal (tipe n). Hasil simulasi akan menjadi dasar/acuan dalam pembuatan proses pabrikasi selanjutnya.

Kata kunci : Semikonduktor, MOS, silicon, difusi, oksidasi

I. PENDAHULUAN

Charge Couple Device (CCD) pertama kali dikenalkan oleh Boyle dan Smith, dengan menggunakan kapasitor MOS atau diode MOS sebagai penyimpan dan perpindahan suatu muatan. Fenomena terpenting dalam CCD adalah perpindahan muatan yang meliputi banyaknya muatan yang dipindahkan, waktu perpindahan dan efisiensi.

Struktur dasar CCD yang pertama kali digunakan adalah jenis *Surface channel* (SCCD) kemudian dikenalkan jenis *Buried channel* (BCCD) untuk memperbaiki unjuk kerja dari SCCD, kelebihan dari BCCD adalah mempunyai karakteristik perpindahan muatan yang baik, dan juga dapat mengurangi noise. Untuk pabrikasi bahan BCCD ini, maka sebelumnya harus ditentukan dahulu waktu dan temperature yang diperlukan untuk prosesnya, agar didapatkan kedalaman dari konsentrasi tipe n dan tipe n^+ , yang diharapkan yaitu menggunakan simulasi.

II. TUJUAN

Menganalisis hasil proses difusi untuk menentukan besarnya konsentrasi doping/*impurity*, menggunakan simulasi perangkat lunak SSUPREM.

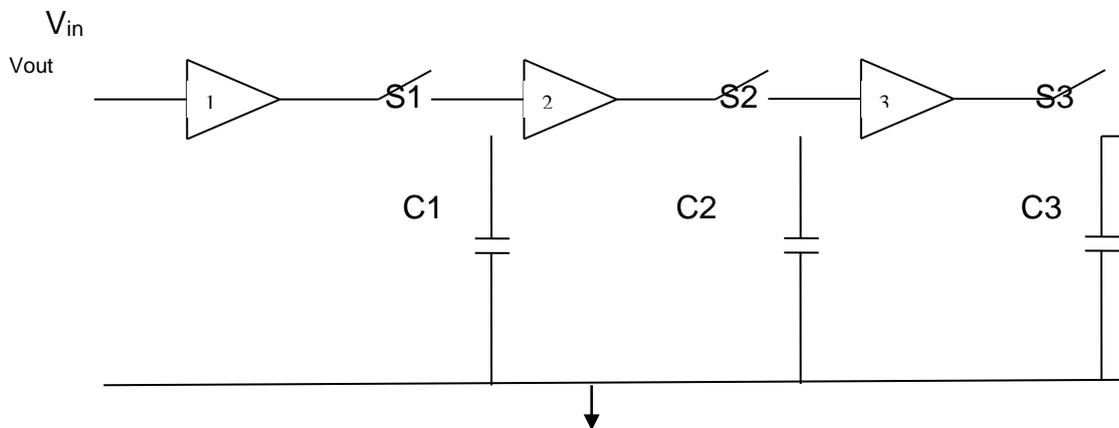
III. TEORI

Charge Coupled Devices pada dasarnya adalah sekumpulan (array) dari MOS diode atau MOS capasitor yang ditempatkan saling berdekatan. Didalam operasinya

informasi di representasikan oleh sejumlah muatan elektrik atau disebut juga sebagai paket muatan, yang berbeda dari device yang konvensional, dengan tingkat arus dan tegangan yang dipergunakan secara umum. Pada penggunaan dengan pulsa tegangan clock dengan urutan yang benar, sekumpulan MOS diode diberi bias di dalam kondisi *deep depletion*, dan paket muatan dapat disimpan dan dipindahkan secara terkontrol pada semikonduktor substrate.

3.1. Konsep transfer muatan

Transfer muatan yang terjadi dapat diterangkan/dianalogikan menggunakan rangkaian amplifier dengan unity gain dan impedansi input tak hingga yang dihubungkan seri seperti dapat dilihat pada Gambar 1.[8]



Gambar .1 sistem perpindahan muatan

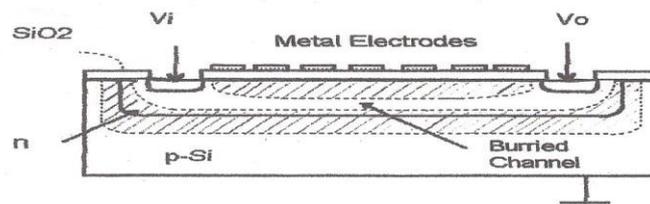
Jika diberi tegangan input V_{in} , kemudian saklar $S1$ ditutup, maka kapasitor $C1$ akan mengisi muatan sehingga sinyal input disimpan dalam bentuk paket muatan dalam kapasitor $C1$. Kemudian pada saat saklar $S2$ ditutup, muatan yang disimpan pada kapasitor $C1$ akan menyebabkan adanya tegangan pada input amplifier kedua. Hal ini akan menyebabkan kapasitor $C2$ mengisi muatan, sehingga sinyal input yang semula disimpan dalam bentuk muatan dalam kapasitor $C1$ akan disimpan juga oleh kapasitor $C2$. Prosedur ini terus berlangsung sampai kapasitor terakhir mengisi muatan dan akhirnya sinyal input merambat dari terminal input ke terminal output.

Pada CCD, pembawa muatan minoritas disimpan pada sumur potensial yang dibangkitkan pada permukaan semikonduktor akibat adanya tegangan gate. Pembawa muatan ini dipindahkan melalui permukaan semikonduktor dengan pengosongan dan pengisian sumur potensial secara bergantian dengan pemberian level tegangan sinyal pewaktu. Berdasarkan jumlah fasa sinyal pewaktu, terdapat tiga macam struktur CCD, yaitu dua fasa, tiga dan empat fasa. Berdasarkan tempat terjadinya transfer muatan, terdapat dua macam struktur CCD, yaitu *Surface channel CCD* (SCCD) dan *Buried channel CCD* (BCCD). Dalam SCCD, paket muatan disimpan dan dipindahkan pada permukaan semikonduktor, sedangkan dalam BCCD doping dari semikonduktor substrate dimodifikasi sehingga penyimpanan dan perpindahan paket muatan ditempatkan dalam *bulk* semikonduktor persis dibawah permukaan semikonduktor.

Dalam penulisan ini digunakan BCCD, karena mempunyai keuntungan dalam mengatasi terjadinya interface traps (terjebaknya electron pada permukaan), yaitu dengan cara menempatkan muatan yang berpindah kedalam sebuah saluran tipe n yang terletak didalam *bulk*.

3.2. Buried Channel CCD

Bentuk umum dari skema penampang dari BCCD dapat dilihat pada gambar 2 yang terdiri dari sebuah lapisan semikonduktor tipe n pada sebuah substrate tipe p dengan dua n⁺ kontak disetiap ujung tiap channel.[1]



Gambar 2 Penampang muka BCCD

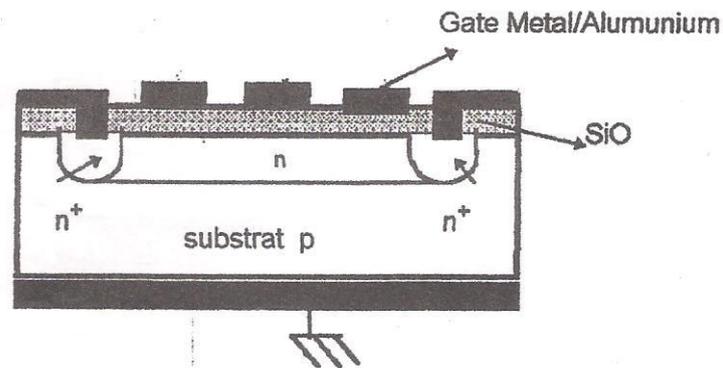
3.3. Proses Difusi

Proses difusi merupakan salah satu cara pemberian *impurity* pada bahan semikonduktor (dalam hal ini silicon). Sifat difusi diilustrasikan seperti setetes tinta yang ditambahkan kedalam air, maka tinta tersebut akan terbagi/menyebar keseluruhan air oleh adanya sifat difusi. Berdasarkan ilustrasi ini, menunjukkan bahwa proses difusi merupakan proses untuk mengalirkan *impurity* dari daerah konsentrasi tinggi ke daerah konsentrasi rendah. Pengaturan profil *impurity* pada proses difusi dilakukan dalam dua tahap yaitu proses predeposisi dan proses *drive-in*. Proses predeposisi merupakan proses untuk mengendapkan bahan doping pada permukaan wafer, bahan doping (source) tipe n menggunakan *phosphorous diffusion source*, yang berisi oksida fosfor (P_2O_5) yang ditempelkan pada lempengan asbes tahan panas. Source tersebut dipanaskan pada suhu tinggi ($800-1100^{\circ}C$) sehingga menguap dan terbawa oleh gas inert pembawa (didalam tungku difusi), kemudian menempel sebagai lapisan tipis pada permukaan wafer silicon. Setelah proses predeposisi, maka bahan *phosphorous diffusion source* diambil, selanjutnya dilakukan proses *drive-in*, yaitu mendifusikan phosphorous yang menempel sebagai lapisan tipis ke dalam wafer. Pada saat yang bersamaan oksigennya mengoksidasi silicon membentuk lapisan oksida tipis.

IV. SIMULASI PROSES PABRIKASI

4.1. Penentuan struktur BCCD

Struktur yang dibuat berdasarkan fasilitas alat dan bahan yang tersedia di laboratorium TELKOMA LIPI, seperti terlihat pada gambar 3, yaitu yang terdiri dari



Gambar 3 Bentuk rancangan BCCD

substrat tipe p, kemudian sebagai lapisan kanal/buried didifusi dengan phosphorus membentuk tipe n, sebagai source dan drain didifusi dengan konsentrasi tinggi membentuk tipe n⁺. Untuk gate dibuat dengan 3 buah gate menggunakan bahan aluminium/metal, serta kontak untuk *source-drain*.

Spesifikasi *wafer (substrate)* silicon seperti dalam table 1.

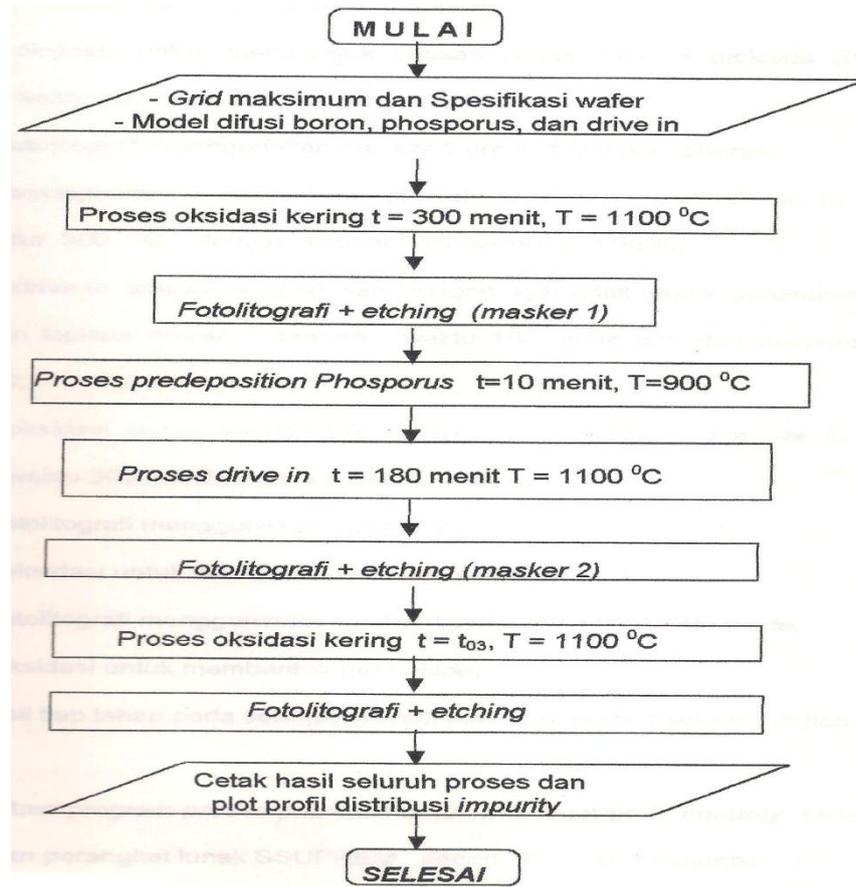
Tabel 1. Spesifikasi *wafer* silicon

Parameter	Spesifikasi pabrik	Terukur
Tipe bahan	P	-
Diameter	3 inch	3 inch
Orientasi	(111)	-
Ketebalan	330 – 432 mikron	342 mikron
resistivitas	1 -10 ohm cm	1,678 ohm cm

Unutk mendapatkan kedalaman kanal n dan kanal n⁺ sebesar 3,4 um, maka harus ditentukan waktu dan temperature yang diperlukan dalam proses difusi, konsentrasi doping (N_0) untuk *source – drain* dibuat lebih besar dari pada kanal n dengan difusi Phosporous, dan kedalaman (x_j) dibuat hampir sama atau mendekati. menggunakan simulasi SSUPREM, Berdasarkan persyaratan, subtract, dopant yang tersedia, serta kemampuan peralatan.

4.2 Diagram Alir

Diagram alir secara garis besar untuk membuat algoritma program dari perangkat lunak ini, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram alir Program simulasi proses pabrikasi SSUPREM

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan sebagai berikut menentukan grid maksimum yang digunakan untuk analisis ($=10$), memasukkan parameter yang merupakan spesifikasi substrat, antara lain orientasi ($=111$), elemen/bahan impurity ($=B$ atau Boron), dan konsentrasi impurity ($=p$), menentukan spesifikasi model untuk difusi boron (MBO1), oksidasi kering (DRY1), model untuk difusi phosphorous (MPH1), proses oksidasi, phosporus dan drive-in.

4.3 Simulasi seluruh proses pada daerah kanal n

Program SSUPREM untuk daerah kanal n dapat dilihat pada Gambar 5.

```

TITLE BCCD (substrate P-TELKOMA) FULL PROCESS
GRID YMAX=10
SUBSTRATE ORNT=111,ELEM=B,CONC=2.2E16
PRINT HEAD=Y,TOTL=N, IDIV=N
MODEL NAME=MBO1, DSXN=1.1324E9, DSXD=5.502E1,ESXD=1.69065, ESXN=3.42565
  
```

```

MODEL NAME=MPH1, DSXN=2.3E10, DSXD=2.31E10,ESXD=3.66, ESXN=3.66
MODEL NAME=DRY1, LRTE=1.1038E5, LREA=2.0,, PRTE=12.87, PREA=1.23
STEP TYPE=OXID, TIME=300,TEMP=1100, MODL=DRY1
COMMENT Etc (Mask1) → for phosphorus diffusion
STEP TYPE =ETCH, TEMP=25
COMMENT Difusi phosphorus (Type "N channel ") predeposition
STEP TYPE=PDEP, ELEM=P, TEMP=900, TIME=10,CONC=5E20, MODL=MPH1
COMMENT (Type "N channel ") Drive in
STEP TYPE=OXID, TIME=180,TEMP=1100, MODL=DRY1
COMMENT Etc (Mask2) → for phosphorus diffusion
STEP TYPE =ETCH, TEMP=25
COMMENT (Type "N+ ") Drive in
STEP TYPE=OXID, TIME=15,TEMP=1100, MODL=DRY1
COMMENT Etc (Mask1) → for Gate Oxide
STEP TYPE =ETCH, TEMP=25
COMMENT GATE OXIDE (600 A)
PLOT WIND=9, TOTL=Y,IDIV=Y
STEP TYPE=OXID, TIME=15,TEMP=1100, MODL=DRY1
END

```

4.4 Simulasi seluruh proses pada daerah Source-drain

Program SSUPREM untuk daerah source-drain dapat dilihat pada Gambar 6

```

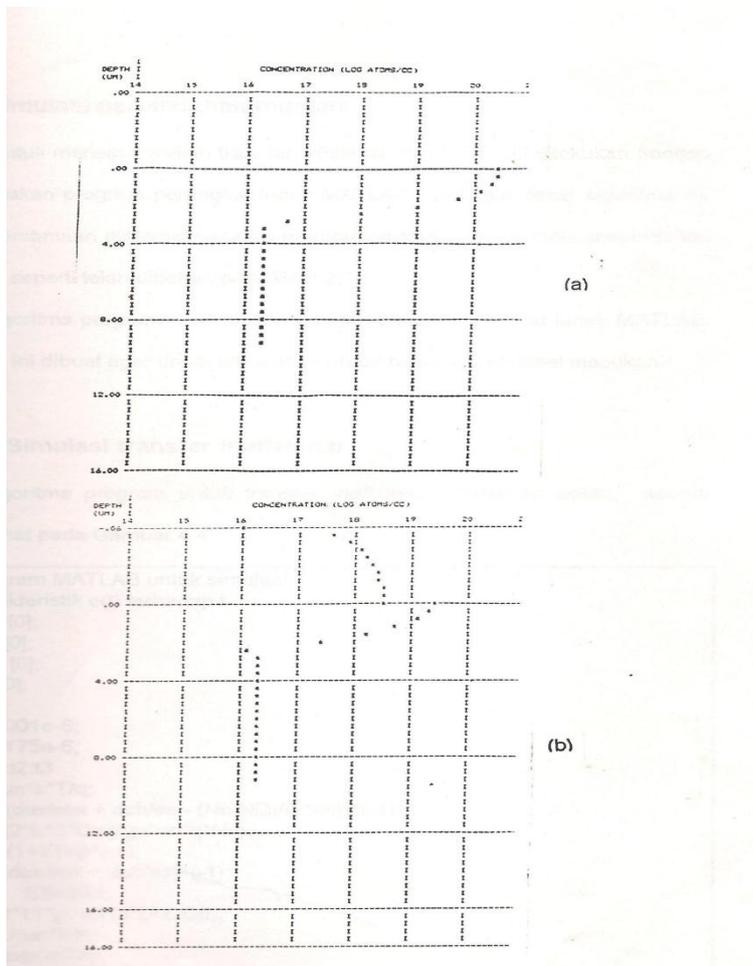
TITLE BCCD (substrate P-TELKOMA) FULL PROCESS
GRID YMAX=10
SUBSTRATE ORNT=111,ELEM=B,CONC=1.0E16
PRINT HEAD=Y,TOTL=N, IDIV=N
MODEL NAME=MBO1, DSXN=1.1324E9, DSXD=5.502E1,ESXD=1.69065, ESXN=3.42565
MODEL NAME=MPH1, DSXN=2.3E10, DSXD=2.31E10,ESXD=3.66, ESXN=3.66
MODEL NAME=DRY1, LRTE=1.1038E5, LREA=2.0,, PRTE=12.87, PREA=1.23
STEP TYPE=OXID, TIME=300,TEMP=1100, MODL=DRY1
COMMENT (Type "N channel ") Drive in
STEP TYPE=OXID, TIME=180,TEMP=1100, MODL=DRY1
COMMENT Etc (Mask2) → for phosphorus diffusion
STEP TYPE =ETCH, TEMP=25
COMMENT Difusi phosphorus (Type "N+ ") Predeposisi
STEP TYPE=PDEP,ELEM=P,TEMP=1100,TIME=30,CONC=1.2E21,MODL=MPH1
COMMENT (Type "N+ ") Drive in
STEP TYPE=OXID, TIME=15,TEMP=1100, MODL=DRY1
COMMENT GATE OXIDE (600 A)
STEP TYPE=OXID, TIME=15,TEMP=1100, MODL=DRY1
PLOT WIND=9, TOTL=Y,IDIV=Y
COMMENT Etc (Mask4) → for contact
STEP TYPE=ETCH, ,TEMP=25
END

```

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil simulasi Profil *impurity* pada daerah kanal n dan n+

Profil *impurity* sebagai hasil simulasi proses pabrikan difusi pada daerah kanal n dan difusi *source-drain* (n+) dapat dilihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Profil *impurity* sebagai hasil simulasi (a) difusi untuk kanal n (b) difusi n+

Pada Gambar 5 dapat dijelaskan untuk sumbu x/horizontal menyatakan konsentrasi impurity dan sumbu y/vertical menyatakan kedalaman kanal, sehingga dapat dilihat bahwa konsentrasi impurity untuk difusi kanal n didapat sebesar $2,66 \cdot 10^{19}$ Atom/cm³, serta kedalaman kanal n sebesar 3,4 µm, dan konsentrasi impurity untuk difusi kanal n+ atau *source-drain* sebesar $2,63 \cdot 10^{20}$ Atom/cm³, serta kedalaman kanal n+ sebesar 3,4 µm. Dari keseluruhan hasil proses simulasi yang terjadi ini, maka ditentukan Temperatur dan waktu yang diperlukan untuk proses pabrikan seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter proses pabrikasi dari simulasi SSUPREM

Proses	Temperatur	Waktu
Proses difusi	1100 ⁰ C	300 menit
Difusi Phospor (n)	1100 ⁰ C	300 menit
Predeposisi	900 ⁰ C	10 menit
Drive - in	1100 ⁰ C	300 menit
Difusi Phospor (n ⁺)	1100 ⁰ C	60 menit
Predeposisi	1100 ⁰ C	60 menit
Drive - in	1100 ⁰ C	15 menit

VI. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi didapat untuk kedalaman kanal n dan n+ sebesar 3,4 μm dan konsentrasi impurity untuk difusi kanal n sebesar $2,66 \cdot 10^{19}$ Atom/cm³, serta konsentrasi impurity untuk difusi kanal n+ atau source-drain sebesar $2,63 \cdot 10^{20}$ Atom/cm³, hasil simulasi ini dipakai sebagai acuan untuk proses pabrikasi dengan mengikuti proses, temperature dan waktu yang telah ditentukan dalam simulasi.

VII. DAFTAR PUSTAKA

1. Sze.S.M." Physics of Semiconductor Devices", 2ndED,John willey Sons.Inc.Canada,1997.
2. Edmund Banghart, K.Lavine.J.P., Trabka E.A., Nelson,ET." A model for charge transfer in buried-channel charge. coupled devices at Low Temperature", IEEE Trans.Elect.Dev.,vol.38, pp 1162-1174, No.5 Th 1997
3. Pall,B.B;and Nelson,S.S,"Optoelectronic Charge Coupled Device (OECCD) using InP MIS Capacitor Array", IEEE Trans.Elect.Dev.,vol40,pp.1878-1880, 1993.
4. Howes, M.J and Morgan, D.V.," Charge-coupled Device and System", John Willey &Sons, 1998
5. Neamen,D.," Semiconductor Physics and Dev.Basic Principles", Richard DI,Inc.,USA, 1992.
6. Rio, dan M.Lida, "Fisika dan teknologi Semikonduktor", Ass.For Int.Technical Promotion, Tokyo, Japan, 1980
7. Sze, S.M.,"Semiconductor Devices:Physics and Technology", John Wiley&Son,Inc,Canada, 2001.
8. Yang,E.S., "Microelectronics Devices" , McGraw-Hill, Singapore, 2008.

DESAIN DAN IMPLEMENTASI NEURO-FUZZY EXPERT SYSTEM UNTUK KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN

Safaruddin A. Prasad¹

¹Dosen Fisika FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar

Abstrak

Dalam paper ini, diusulkan sebuah metode identifikasiutupan lahan untuk data pengideraan jauh menggunakan gabungan sistem neuro-fuzzy dan sistem pakar (*expert system*) yang kemudian disebut dengan Neuro-Fuzzy Expert System (NFES). JST adalah bagian dari neuro-fuzzy yang memiliki kemampuan untuk mengenal pola-pola kompleks, dan mengklasifikasinya ke dalam beberapa kelas yang diinginkan, namun mungkin terjadi misklasifikasi. Dengan menambahkan sistem pakar fuzzy ke dalam JST menggunakan basis pengetahuan geografi, misklasifikasi dapat dikurangi, sehingga dapat memperbaiki hasil klasifikasi, dibandingkan dengan metode back-propagation dari JST. Unjuk kerja identifikasi dan klasifikasi dengan NFES diverifikasi menggunakan data citra Landsat-ETM7 dengan obyek daerah Mandai, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Dari hasil verifikasi, diperoleh misklasifikasi hanya sebesar 3,19%, jauh lebih kecil dibandingkan dengan jika menggunakan metode back-propagation dengan misklasifikasi mencapai 12,3%.

Kata kunci : klasifikasiutupan lahan, neuro-fuzzy, expert system, JST, NFES.

1. PENDAHULUAN

NFES dapat dibagi ke dalam dua sub-sistem yang terdiri dari sistem *neuro-fuzzy* dan sistem pakar (*expert system*). Sistem *neuro-fuzzy* merupakan kombinasi JST dan sistem *fuzzy*. Kedua model ini masing-masing mempunyai area tinjauan yang bebas satu sama lain. Koneksi antara satu dengan yang lain hanya bersifat marginal akan tetapi dapat terlihat bahwa kombinasi antara keduanya memberikan sumbangan untuk pemecahan beberapa masalah.

Lotfi A. Zadeh memperkenalkan konsep himpunan *fuzzy* pada tahun 1965. Pada tahun 1974, E.H. Mamdani menemukan sebuah prosedur inferensi *fuzzy*, yang mengatur langkah pembangunan awal dan pengembangan aplikasi sistem *fuzzy*. Logika pemrograman juga memainkan peranan yang penting dalam penyebaran ide inferensi *fuzzy*, seperti penekanannya yang mengutamakan pengetahuan non-numerik dibandingkan dengan model-model matematika tradisional ^[1].

Expert systems (ES) adalah program komputer yang menggunakan pengetahuan simbol untuk mensimulasi perilaku kepakaran manusia, dan ini pada awalnya hanya merupakan wacana di dalam *artificial intelligence* (AI). Semua praktisi dibidang teknologi informasi sepakat bahwa sebuah *expert system* dapat digunakan bila telah memberikan kesimpulan yang sama seperti halnya seorang pakar ^[2].

Semula sistem pakar ditanamkan ke dalam sistem *fuzzy* yang kemudian dikenal sebagai sistem pakar *fuzzy (fuzzy expert system)* seperti yang dikemukakan oleh kelompok Maeda [3]. Gelombang mutakhir dari teknologi sistem pakar *fuzzy* digunakan untuk mengkonsolidasi arsitektur hibrida, yang disebut dengan *Synergetic AI*. Arsitektur ini dibangun sebagai respon atas keterbatasan sistem pakar *fuzzy* skala besar sebelumnya. Disisi lain, Murai dan Omatu [4] mensinergikan metode JST dengan koreksi kesalahan berbasis pengetahuan. Murai dan Omatu cukup berhasil mereduksi misklasifikasi hingga tinggal 4,58%. Dalam paper ini, seluruh pendekatan yang dilakukan di atas dikombinasikan ke dalam sebuah sistem yang disebut dengan NFES.

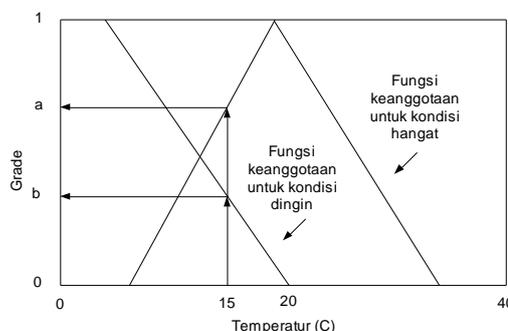
II. NEURO-FUZZY EXPERT SYSTEM (NFES)

2.1. Dasar Teori

Prosedur inferensi *fuzzy* didasarkan pada teori himpunan *fuzzy* yang mengatur ketidakpastian pada pengetahuan linguistik. Mamdani [5] mengajukan prosedur inferensi *fuzzy* dengan menekankan kepada adopsi sistem pakar *fuzzy*. Sebagai gambaran, andaikan terdapat sebuah pernyataan linguistik $E(A)$ pada ruang X . Selanjutnya didefinisikan sebuah pemetaan, disebut fungsi keanggotaan, $\mu(A, x)(x \in X, \mu \in [0,1])$, untuk mengkarakterisasi sebuah himpunan *fuzzy* A , yang didefinisikan sebagai $E(A)$. Fungsi keanggotaan $\mu(A, x)$ menunjukkan tingkat keanggotaan x pada himpunan A , yang merupakan perluasan fungsi kerapatan probabilitas konvensional. Sebagai contoh, perdefinisi $\mu(A, x) = 1$ menyatakan x sepenuhnya memenuhi $E(A)$, dan $\mu(A, x) = 0$ menyatakan x tidak memenuhi $E(A)$. Himpunan *fuzzy* A yang dikarakterisasikan oleh $\mu(A, x)$ umumnya dinyatakan oleh [1] :

$$A = \int \frac{\mu(A, x)}{x} \tag{1}$$

dimana \int tidak menyatakan secara langsung sebagai integrasi, melainkan menyatakan sebuah himpunan didefinisikan sebagai sebuah ruang X kontinu. Jika X adalah diskrit maka tanda \int harus dinyatakan dengan \sum (penjumlahan). Sebagai contoh, andaikan X adalah temperatur dengan interval 0 s/d 40, dan $E(A)$ adalah kondisi "hangat". Berdasarkan pernyataan linguistik $E(A)$, dapatlah didefinisikan fungsi keanggotaan $\mu(A, x)$ seperti pada gambar 1, yang menyatakan tingkat keanggotaan x pada $E(A)$.



Gambar 1. Contoh fungsi keanggotaan^[1].

Didasarkan pada definisi himpunan *fuzzy*, akan diformulasikan penggunaan prosedur inferensi Mamdani menurut relasi *fuzzy*. Relasi yang didefinisikan sebagai sebuah himpunan *fuzzy* Q yang merupakan produk himpunan $X \times Y$, yang dikarakterisasikan oleh fungsi keanggotaan $\mu(Q, x, y) : X \times Y \rightarrow [0,1]$. Anggap bahwa himpunan *fuzzy* A dan B masing-masing merupakan himpunan X dan Y berturut-turut, dan bahwa $A \times B$ menyatakan produk himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan dari produk himpunan $A \times B$ didefinisikan oleh :

$$\mu(AB, x, y) = \min\{\mu(A, x), \mu(B, y) \mid (x, y) \in XY\}, \tag{2}$$

dimana $\mu(A, x)$ dan $\mu(B, y)$ merupakan fungsi keanggotaan untuk himpunan *fuzzy* A dan B .

Jika terdapat sebuah *rule* sedemikian “if x adalah A , then y adalah B ” dan fakta menunjukkan bahwa “ x adalah A' .” maka Mamdani mengajukan prosedur inferensi

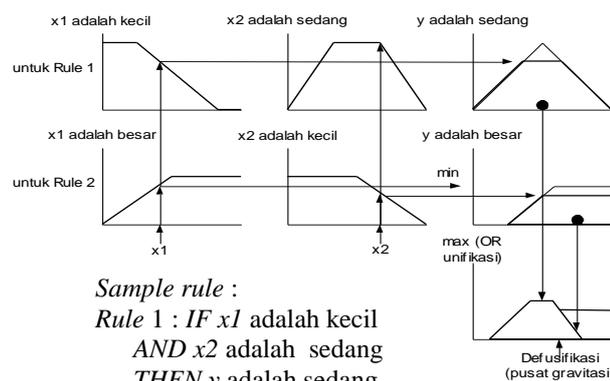
$$B' = A'.(A \times B), \tag{3}$$

dimana tanda titik/dot (.) menyatakan sebuah komposisi relasi *fuzzy* A' dan $(A \times B)$, yang didefinisikan oleh

$$\mu(B', y) = \max\{\mu(A', x), \mu(A \times B, x, y) \mid x \in X\} \tag{4}$$

Resultan dari persamaan ini umumnya merupakan suatu nilai terdistribusi pada Y . Sementara, defuzifikasi digambarkan sebagai pusat area atau pusat massa (*gravity*) yang didefinisikan oleh

$$\bar{y} = \frac{\int \mu(B', y)ydy}{\int \mu(B', y)dy} \tag{5}$$



Gambar 2. Prosedur inferensi *fuzzy* untuk *sample rule*

Gambar 2 memperlihatkan contoh prosedur inferensi untuk dua *rule* dengan premis perkalian, dimana *OR* dan *AND* merupakan operator sementara premis dan *rule* diinterpretasikan sebagai max dan min antara fungsi-fungsi keanggotaan.

Aturan-aturan *fuzzy* untuk memecahkan masalah klasifikasi mempunyai bentuk umum sebagai berikut :

$$R_r : \text{IF } x_1 \text{ adalah } A_{j1}^{(1)} \text{ AND } \dots \text{ AND } x_n \text{ adalah } A_{jn}^{(n)} \text{ THEN } (x_1, x_2, \dots, x_n) \in C_j.$$

dimana $A_{j1}^{(1)}, \dots, A_{jn}^{(n)}$ adalah suku-suku linguistik, yang dinyatakan oleh himpunan *fuzzy* $\mu_{j1}^{(1)}, \dots, \mu_{jn}^{(n)}$. $C_j \subseteq \mathfrak{R}^n$ adalah sub-himpunan pola dan menyatakan kelas ke- j . Pola-pola merupakan tuple input $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n$. Hal ini dianggap bahwa sub-himpunan pola dapat dibagi ke dalam kelas-kelas, sedemikian sehingga setiap pola dapat direlasikan dengan sebuah kelas C_j . Setiap nilai x_i dari tuple input dipartisi menjadi q_i himpunan *fuzzy* $\mu_1^{(i)}, \dots, \mu_{q_i}^{(i)}$. Klasifikasi didefinisikan oleh aturan (*rule*) dasar dengan k aturan *fuzzy* R_1, \dots, R_k .

2.2. Arsitektur NFES

Aturan-aturan *IF-THEN* yang dibangun dalam model NFES merupakan gambaran dari sebuah arsitektur kombinasi dalam model NFES, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 4. Sebuah sistem NFES dapat dibangun dari pengetahuan parsial menyangkut pola-pola, dan dapat diperhalus dengan pembelajaran, atau dapat dimulai dengan sebuah basis aturan kosong yang diisi dengan pembuatan aturan-aturan dari data pelatihan.

Untuk tiap variabel masukan yang digunakan pada jaringan, harus ditentukan berapa jumlah himpunan *fuzzy* yang digunakan untuk membagi domain dari variabel masing-masing. Dengan pembagian domain untuk tiap variabel dan suku-suku linguistik maka klasifikasi dapatlah dilakukan dan diperoleh hasilnya [6].

Tiap lapisan dalam NFES (gambar 3) diasosiasikan dengan langkah tertentu dalam proses inferensi *fuzzy*. Secara rinci, setiap lapisan mengandung pengertian sebagai berikut :

Lapisan-1 : Lapisan masukan. Tiap *neuron* pada lapisan ini mentransmisikan *signal crisp* ke *neuron* yang bersesuaian di lapisan berikutnya.

$$y_i^{(1)} = x_i^{(1)}$$

Lapisan-2 : Lapisan fuzifikasi. *Neuron-neuron* dalam lapisan ini menyatakan himpunan *fuzzy*. Sebuah *neuron* fuzifikasi menerima masukan *crisp* dan menentukan tingkat keanggotaannya di dalam himpunan *fuzzy neuron*.

Fungsi aktivasi dari sebuah keanggotaan *neuron* merupakan himpunan untuk *fuzzy* yang mencirikan himpunan *fuzzy neuron*. Himpunan yang digunakan adalah himpunan segitiga (*triangular sets*), dan oleh karena itu, fungsi aktivasi untuk *neuron* pada lapisan-2 di-set ke dalam fungsi keanggotaan segitiga. Sebuah fungsi keanggotaan segitiga dapat dicirikan oleh dua parameter $\{a, b\}$ sebagai berikut :

$$y_i^{(2)} = \begin{cases} 0, & \text{if } x_i^{(2)} \leq a - \frac{b}{2} \\ 1 - \frac{2|x_i^{(2)} - a|}{b}, & \text{if } a - \frac{b}{2} < x_i^{(2)} < a + \frac{b}{2} \\ 0, & \text{if } x_i^{(2)} \geq a + \frac{b}{2} \end{cases}$$

Lapisan-3 : Aturan *fuzzy*. Tiap *neuron* dalam lapisan ini berkorespondensi dengan sebuah aturan *fuzzy*. Sebuah *neuron* aturan *fuzzy* menerima masukan dari *neuron-neuron* fuzifikasi yang menyatakan himpunan-himpunan *fuzzy* pada aturan yang menyertainya. Sebagai contoh, *neuron* R1 berkorespondensi dengan aturan R1, menerima masukan dari *neuron-neuron* PR1, PR2, dan PR3.

Pada suatu sistem *neuro-fuzzy*, interseksi/irisan dapat diinterpretasikan dengan operator perkalian (*product operator*). Jadi keluaran dari *neuron* pada lapisan-3 diperoleh sebagai :

$$y_i^{(3)} = x_{1i}^{(3)} \times x_{2i}^{(3)} \times \dots \times x_{ki}^{(3)}$$

$$y_{R1}^{(3)} = \mu_{PR1} \times \mu_{PR2} \times \mu_{PR3} = \mu_{R1}$$

Lapisan-4 : Keluaran fungsi keanggotaan. *Neuron-neuron* pada lapisan ini menyatakan himpunan *fuzzy* yang digunakan sebagai konsekuensi dari aturan-aturan *fuzzy*. Sebuah *neuron* keluaran fungsi keanggotaan mengkombinasikan semua masukannya dengan menggunakan operasi gabungan (*union*). Operasi ini dapat diimplementasikan dengan *probabilistic-OR* sebagai berikut :

$$y_i^{(4)} = x_{i1}^{(4)} \oplus x_{i2}^{(4)} \oplus \dots \oplus x_{ki}^{(4)}$$

$$y_{O1}^{(4)} = \mu_{R2} \oplus \mu_{R3} \oplus \mu_{R4} \oplus \mu_{R6} \oplus \mu_{R7} \oplus \mu_{R8} = \mu_{O1}$$

Lapisan-5 : Defuzifikasi. *Neuron* pada lapisan ini merupakan keluaran tunggal dari *neuro-fuzzy expert system*. Semua *neuron* pada lapisan-4 dikombinasikan dalam suatu operasi gabungan (*union*) terhadap hasil operasi perkalian, sehingga ia merupakan komposisi jumlah-perkalian (*sum-product composition*).

$$y = \frac{\mu_{O1} \times a_{O1} \times b_{O1} \oplus \mu_{O2} \times a_{O2} \times b_{O2} \oplus \dots \oplus \mu_{O7} \times a_{O7} \times b_{O7}}{\mu_{O1} \times b_{O1} \oplus \mu_{O2} \times b_{O2} \oplus \dots \oplus \mu_{O7} \times b_{O7}}$$

Selanjutnya, semua *neuron* di-defuzifikasi untuk menjadi masukan bagi *neuron* pada lapisan berikutnya.

Lapisan-6 : Keluaran jaringan. *Neuron* pada lapisan ini merupakan akumulasi dari seluruh rangkaian proses pada jaringan NFES. Pada implementasi NFES, *neuron* pada lapisan-6 muncul sebagai peta klasifikasi.

Gambar 3 memperlihatkan arsitektur dari model NFES sebagai arsitektur JST dengan empat lapisan terselubung (*hidden layers*), satu lapisan masukan dan satu lapisan keluaran. Pada arsitektur dari model NFES ini diperlihatkan struktur paralel dan aliran data yang melewati model, masing-masing untuk pembelajaran (*backward path*) dan

klasifikasi (*forward path*). Aplikasi model ini pada pemrosesan data citra akan meningkatkan hasil klasifikasi dan citra klasifikasinya dapat divisualisasikan.

2.3. Algoritma NFES

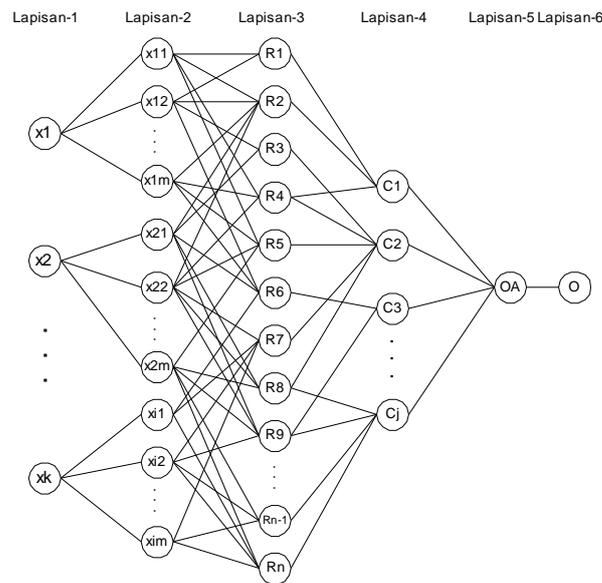
Berikut ini diperkenalkan algoritma dari model NFES untuk mengidentifikasi tutupan lahan. Algoritma NFES tersebut dapat dituliskan secara rinci sebagai berikut :

- Langkah-1 : Tentukan fungsi keanggotaan ke-*m* untuk input ke-*k*
- Langkah-2 : Generasikan rule untuk klas ke-*j*
- Langkah-3 : Lakukan training dan hitung kesalahan

$$\epsilon_j = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^N (x_i^k - G_i^k)^2}}{3 * N}$$

dengan *N* = jumlah piksel dalam klas ke-*j*

- Langkah-4 : IF $\epsilon_j > \epsilon_t$ THEN kembali ke langkah-2 (*t* = toleransi)
- Langkah-5 : Lakukan langkah-4 sampai k^m iterasi
- Langkah-6 : IF $\epsilon_j > \epsilon_t$ THEN kembali ke langkah-1
- Langkah-7 : $\epsilon_j < \epsilon_t$ THEN $C_j = \{x | x \in C_j\}$



Gambar 3. Arsitektur dari model NFES

III. RANCANGAN EKSPERIMEN

Logika *fuzzy* digunakan dalam paper ini oleh karena pada kenyataan di lapangan sangat sulit menemukan kondisi tutupan lahan yang homogen. Apalagi pengamatan dilakukan pada daerah yang cukup luas, dimana senantiasa ditemukan piksel yang menandai kelas campuran. Hal ini penting dalam polarisasi daerah dimana batas-batas antara kelas dapat didefinisikan dengan mudah dan daerah yang mempunyai

karakteristik yang mirip atau hampir sama dapat diklasifikasikan dalam satu kelas pada sebuah citra penginderaan jauh [4].

Klasifikasi data citra menggunakan *neuro-fuzzy expert system* (NFES) dibagi menjadi tiga bagian, yakni pra-proses dengan metode *fuzzy c-mean*, pengenalan pola dengan *neuro-fuzzy*, dan pengecekan dengan representasi pengetahuan.

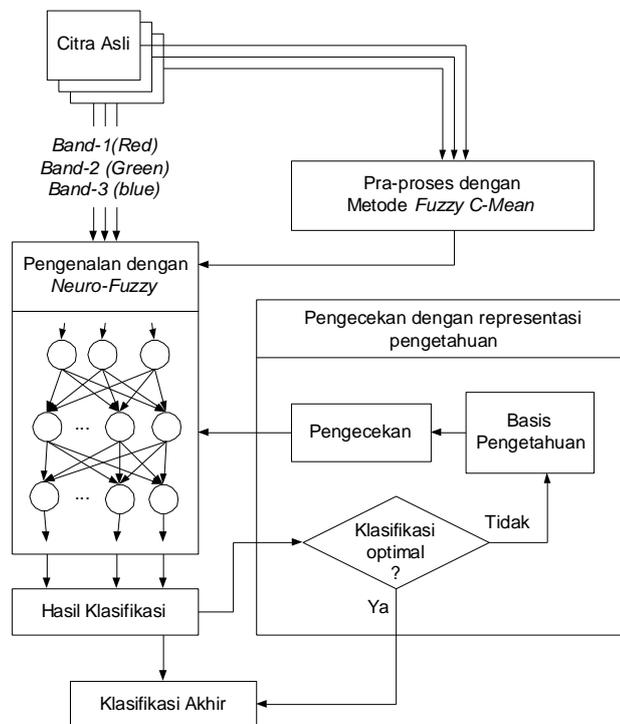
3.1. Pra-proses dengan Fuzzy C-Mean

Clustering menyatakan pengelompokan nilai-nilai piksel dalam ruang multispektral. *Fuzzy C-Mean* (FCM) adalah salah satu pengelompokan yang didasarkan pada jarak Euklidean. Kelompok Prasad[7] menggunakan algoritma FCM untuk mengklasifikasi tutupan lahan. Demikian pula yang dilakukan oleh kelompok Sangthongpraow[8].

Jika x_1 dan x_2 masing-masing menyatakan posisi piksel yang berbeda didalam suatu *cluster*, maka jarak Euklidean antara keduanya adalah :

$$\begin{aligned}
 d(x_1, x_2) &= \|x_1 - x_2\| \\
 &= \left\{ (x_1 - x_2)^T (x_1 - x_2) \right\}^{1/2} \\
 &= \left\{ \sum_{i=1}^N (x_{1i}^2 - x_{2i}^2) \right\}^{1/2}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

dengan N adalah jumlah komponen spektral.



Gambar 4. Skema prosedur klasifikasi tutupan lahan

Kriteria *clustering* atau indikator kualitas *clustering* dinyatakan dalam ukuran jumlah kuadrat kesalahan SSE (*sum of squared error*), yang didefinisikan sebagai :

$$\begin{aligned} SSE &= \sum_{C_i} \sum_{x \in C_i} (x - M_i)^2 \\ &= \sum_{C_i} \sum_{x \in C_i} \|x - M_i\|^2 \end{aligned} \quad (7)$$

dimana M_i adalah rata-rata (*mean*) dari *cluster* ke- i dan $x \in C_i$ adalah pola yang diberikan pada *cluster* tersebut [7][8].

3.2. Pengenalan Pola dengan *Neuro-Fuzzy*

Pada bagian ini, dilakukan empat tahap proses. Tahap pertama adalah melakukan proses fuzifikasi dari nilai *crisp*. Tahap kedua adalah mengedit fungsi keanggotaan, termasuk menentukan jumlah fungsi keanggotaan untuk tiap masukan, tahap ketiga adalah melakukan pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) dan tahap keempat adalah melakukan defuzifikasi untuk keperluan klasifikasi awal.

Selanjutnya hasil klasifikasi awal dibandingkan dengan data *ground truth* kemudian diuji keakuratannya. Jika sudah akurat maka akan dapat dilakukan klasifikasi akhir. Jika belum akurat, maka akan didefinisikan kembali fungsi-fungsi keanggotaan. Gambar 4 memperlihatkan skema prosedur klasifikasi tutupan lahan dari model NFES.

3.3. Pengecekan dengan Representasi Pengetahuan

Jika pada klasifikasi awal masih ditemukan jumlah mis-klasifikasi yang besar, maka proses diteruskan dengan melakukan pengecekan untuk memperbaharui basis aturan. Selanjutnya, basis aturan ini akan menjadi basis pengetahuan yang baru dalam proses pelatihan selanjutnya pada bagian *neuro-fuzzy*.

Pada paper ini, pengolahan data citra dilakukan menggunakan sebuah CPU IBM-PC Intel Pentium 4 (*clock* 2.4 GHz, 512 MB RAM) dengan sistem operasi windows ME. Kode sumber dari program ditulis dan dikompilasi/ diinterpretasi menggunakan Borland C++ Builder dan Matlab 6.1.

Tahap awal dari proses klasifikasi, dikelompokkan sebanyak 184023 piksel dari data citra masukan (483 x 381) ke dalam 729 kelas dengan pra-proses menggunakan FCM. Data sampel diambil dari citra fcc (*false color composite*) dari tiga saluran, seperti diperlihatkan pada gambar 6.

Selanjutnya, di dalam NFES dilatih data pelatihan menggunakan tiga variabel masukan, masing-masing mewakili saluran-1 yang ditandai sebagai merah (*red*), saluran-2 sebagai hijau (*green*), dan saluran-3 sebagai biru (*blue*). Masing-masing data input terdiri dari enam fungsi keanggotaan yang diambil dari hasil pra-proses dan klasifikasi pola-pola masukan.

Basis aturan (tabel-3) dibangun dengan asumsi bahwa nilai piksel fcc (sampel uji) terdiri dari nilai-nilai 0, 49, 101, 150, 202, 251, dan 255. Beberapa pernyataan linguistik

akan muncul sebagai pertanyaan kepada seorang pakar. Beberapa pertanyaan tersebut antara lain adalah: apakah nilai piksel saluran-1 lebih kecil dari 49?, apakah nilai piksel saluran-2 lebih besar dari 101?, apakah nilai piksel saluran-3 lebih kecil dari 150?, dan seterusnya. Beberapa pernyataan akan merupakan gabungan dengan relasi AND, OR, atau yang lainnya sebagai premis dalam kaidah produksi. Sehubungan dengan nilai-nilai piksel yang muncul pada fcc, maka dikelompokan enam kategori premis (*antecedent*) seperti diperlihatkan pada tabel-1, dan menghasilkan kaidah produksi yang diperlihatkan pada tabel-3.

Tabel-1. Kategori premis untuk kaidah produksi

Kategori Premis	Simbol dalam rentang	Arti simbol
1	$0 \leq x \leq 49$	Paling rendah (PR)
2	$49 < x \leq 101$	Rendah sedang (RS)
3	$101 < x \leq 150$	Sedang bawah (SB)
4	$150 < x \leq 202$	Sedang atas (SA)
5	$202 < x \leq 251$	Tinggi sedang (TS)
6	$251 < x \leq 255$	Paling tinggi (PT)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil pelatihan himpunan-himpunan *fuzzy*

Algoritma pembelajaran tersupervisi dari NFES untuk mengadaptasi himpunan-himpunan *fuzzy*-nya berlangsung secara siklus lewat himpunan pembelajaran hingga didapatkan kriteria akhir yang sesuai, misalnya jika nilai yang menunjukkan jumlah misklasifikasi yang dapat diterima telah tercapai, atau besar kesalahan tidak dapat lagi diturunkan, dan lain-lain. Tabel-2 memperlihatkan hasil perhitungan areal yang termasuk kedalam himpunan kelas tutupan lahan.

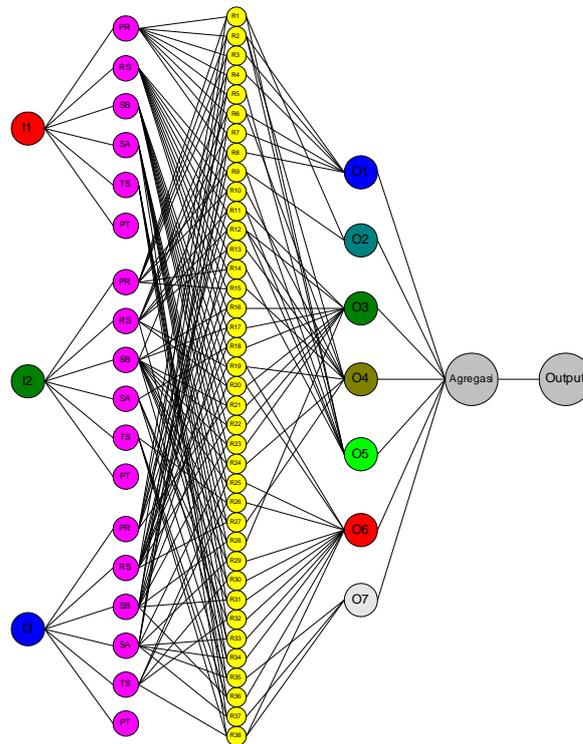
4.2 Hasil klasifikasi

Pada tabel-2, disajikan hasil klasifikasi tutupan lahan di daerah Mandai, kabupaten Maros, Sulawesi Selatan serta luas areal tutupan lahan dengan asumsi setiap piksel mewakili luas areal sebesar 30 m². Klasifikasi dilakukan menggunakan NFES, dalam sebuah bentuk sistem pakar berbasis pengetahuan. Pembangunan basis aturan mengacu kepada penggunaan dua hal yaitu, informasi peta (rupa bumi) dan pengetahuan geografis.

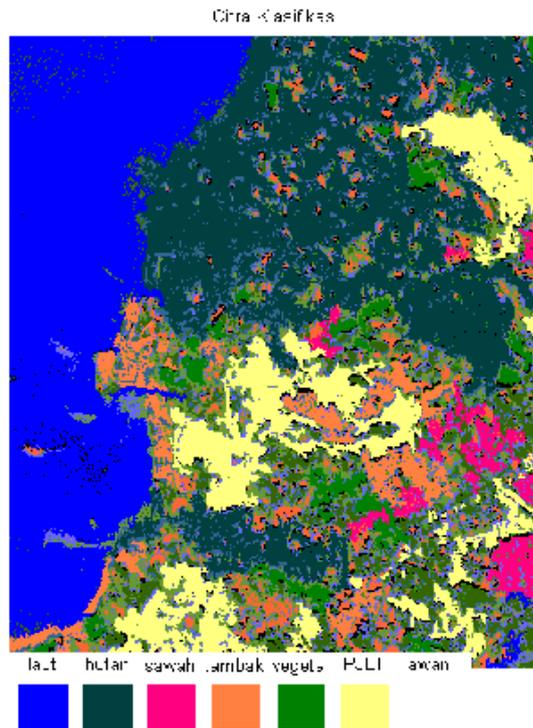
Sebagai implementasi metode NFES, diperagakan citra hasil klasifikasi pada gambar 8, yang memperlihatkan areal Laut/Air, Hutan, Sawah, Tambak, Vegetasi, PJLT (Pemukiman, Jalan, Lahan Tandus) dan areal tertutup Awan. Dari hasil perhitungan, diperoleh data hasil klasifikasi yang diperlihatkan pada tabel-2. Sedangkan *training* kesalahan dengan metode *back-propagation* menghasilkan *error* sebesar 6.6365 untuk 100 iterasi, dan 0.68957 untuk 1000 iterasi, seperti diperlihatkan pada gambar 6. Sementara dengan menggunakan metode yang diusulkan, diperoleh *error*/kesalahan sebesar 0.00013376.

V. KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode NFES, dapat dilakukan klasifikasi tutupan lahan dengan telah mengurangi misklasifikasi. Dengan menggunakan *back-propagation* dari JST, misklasifikasi bisa mencapai 20% (hasil investigasi diperoleh sebesar 12.3%), sedangkan dengan menggunakan NFES yang telah diuji-cobakan pada data LandSat-ETM7 dengan studi kasus pada daerah Mandai, kabupaten Maros, Sulawesi Selatan, misklasifikasi hanya mencapai 3,19%.



Gambar 5. Struktur jaringan NFES berdasarkan kaidah produksi tabel-3



Gabar 8. Klasifikasi areal hutan dan bukan hutan

Adapun *produser accuracy (PA)* dan *user accuracy (UA)* serta *overall accuracy (OA)* dari hasil klasifikasi dapat dilihat pada table-4 untuk metode BPNN dan table-5 untuk metode NFES. Sel paling pojok kanan bawah dari kedua tabel (tabel-4 dan tabel-5) memperlihatkan *OA* dari hasil klasifikasi.

Tabel-2. Hasil kalkulasi

Obyek	Jumlah piksel	Luas (ha)
Laut/Air	52563	15769
Hutan	60928	18278
Sawah	18720	5616
Tambak	11189	3357
Vegetasi	1950	585
PJLT	31932	9580
tertutup Awan	863	259
terklasifikasi	178145	53444
survay (ukuran citra: 483 x 381)	184023	55207
Tidak terklasifikasi	5878	1763
Prosentase ter klasifikasi	96.81 %	
Prosentasi tidak terklasifikasi	3.19 %	

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Funabashi, M. et al., 1995, "Fuzzy and neural hybrid expert system: Synergetic AI," *IEEE Expert*, pp. 32-40.
2. Skidmore et al, 1996, "An operational GIS expert system for mapping forest soil," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol.62, No.5, pp. 501-511.
3. Maeda, A. et al., 1991, "A fuzzy-based expert system building tool with self-tuning capability for membership function," *Proc. World Congress on Expert Systems*, Pergamon Press, New York, pp. 639-647.
4. Murai, H., Omatu, S. (1997), "Remote sensing image analysis using a neural network and knowledge-based processing", *Int. J. Remote Sensing*, Vol.18, No.4, pp. 811-828.
5. Enbutu, I. Et al., 1994, "Integration of multi-AI paradigms for intelligent operation support systems: Fuzzy rule extraction from a neural network," *Water Science and Technology*, vol. 28, no. 11-12, pp. 333-340.
6. Jang, J. S. R., 1993, "ANFIS: Adaptive-Neural-network-based Fuzzy Inference Systems," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 23, No. 3, pp. 665-685.
7. Prasad, S.A., Sadly, M., Sardy, S., "Landsat TM Image data Classification of Land Cover by Fuzzy C-Mean", *Proc of the Int. Conf. on Opto-electronics and Laser Applications ICOLA'02*, pp. D36-D39, October 2-3, 2002, Jakarta, Indonesia. (ISSN : 979-8575-03-2)
8. Sangthongpraow, U., Thitimajshima, P., and Rangsangseri, Y. (1999), Modified Fuzzy C-Means for Satellite Image Segmentation, GISdevelopment.net
9. Nauck, U., Kruse, R., 1999, "Design and implementation of a neuro-fuzzy data analysis tool in java," Thesis Diploma, Braunschweig.
10. Simpson, J.J. and Keller, R.H., 1995, "An Improved Fuzzy Logic Segmentation of Sea Ice, Clouds, and Ocean in Remotely Sensed Arctic Imagery," *Remote Sens. Environ.*, Vol.54, pp. 290 – 312.
11. R. Kruse, J. Gebhardt and F. Klawonn, 1995, *Fuzzy Systeme*, 2. erweiterte Auflage, Teubner, Stuttgart.
12. 12. Jang, J. S. R., 1991, "Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm," *Proc. of the Ninth National Conf. on Artificial Intelligence (AAAI-91)*, pp. 762-767.

PENGERASAN PRESIPITASI PADA LOGAM NIKEL PADUAN INCONEL 617 EX SUDU TURBIN GAS

Asyari¹

¹Dosen Teknik Mesin Universitas Darma Persada

ABSTRAK

Telah dilakukan proses pengerasan presipitasi atau ageing pada bahan inconel 617 ex sudu turbin gas yang telah beroperasi selama lebih dari 50.000 jam. Tujuan dilakukan proses ini adalah untuk meningkatkan kekuatan material sehingga komponen sudu dapat beroperasi lebih lama. Solution treating dilakukan pada temperatur 1175^o C selama 2 jam diikuti dengan proses ageing selama 8 jam untuk 3 temperatur yang berbeda yaitu 600^o, 700^o, dan 800^o C. setelah itu dilakukan pemeriksaan kekerasan dan mikrostruktur dengan mikroskop optik dan elektron scanning. Untuk mengetahui komposisi dari bahan dilakukan uji XRF. Dari pemeriksaan diperoleh bahwa terjadi peningkatan kekerasan dari 182 HB untuk material tanpa perlakuan menjadi 223, 219, dan 209 untuk proses ageing berturut-turut 600^o, 700^o, dan 800^o C. Dari uji mikrostruktur ditemukan fasa gamma prime γ' pada butir dan batas butir. Ditemukan juga senyawa karbida di batas butir. Dapat disimpulkan kekuatan tertinggi dijumpai pada proses ageing 600^o C.

Kata Kunci: Inconel 617, Ageing, Material Sudu Turbin Gas

I. PENDAHULUAN

Material Inconel 617 merupakan material berbasis Nikel yang banyak dioperasikan pada temperatur tinggi. Salah satu penerapannya adalah untuk material sudu turbin gas.

Namun dalam pemakaian, bahan ini akan mengalami penurunan kualitas dimana terjadi penurunan kekuatan yang disebabkan bahan terkena temperatur tinggi. Turunnya kualitas akan mempercepat terjadinya kegagalan pada material, terutama kegagalan *creep* dan *rupture*.

Karena itu, perlu dicari suatu cara untuk meningkatkan kembali kekuatan bahan ini setelah beroperasi dalam waktu yang cukup lama, sehingga akan dapat kembali meningkatkan umur komponen. Kali ini penulis akan mencoba melakukan proses penguatan bahan *ex-services* dengan proses *pengerasan presipitasi* dan melihat hasilnya apakah terjadi perubahan yang signifikan terhadap kekuatan bahan.

II. TEORI

Logam nikel banyak dipakai mulai dari bentuk fasa tunggal hingga *superalloy* pengerasan presipitasi, dan juga dalam bentuk paduan dan komposit dengan penguatan dispersi oksida.

Karakteristik dasar dari nikel sebagai dasar material paduan adalah kestabilan fasa yang tinggi dari matriks FCC (*face centered cubic*) dan kemampuannya untuk

diperkuat dengan berbagai cara. Kestabilan permukaan dari bahan nikel dapat ditingkatkan dengan memadukan dengan unsur chrom atau nikel.

Kebanyakan superalloy berbasis nikel mengandung 10 – 20% Cr, sampai 8% kombinasi Al dan Ti, 5 sampai 15% Co, dan sejumlah kecil boron, zirconium, magnesium, dan karbon. Chrom dan aluminium diperlukan untuk meningkatkan kestabilan permukaan melalui pembentukan Cr_2O_3 dan Al_2O_3 . (ASM Int. Vol. 1, 1990)

Fasa-fasa utama yang mungkin dijumpai pada material berbasis nikel adalah (ASM Int. Vol. 1, 1990):

1. *Gamma matrix*, γ , dimana matriks kontinyu merupakan struktur fcc dari fasa nikel non magnet yang biasanya mengandung unsur paduan padat (*solid solution*) persentase tinggi seperti cobalt, besi, chrom, molybdenum, dan tungsten.
2. *Gamma prime*, γ' , dimana aluminium dan titanium ditambahkan untuk berpresipitasi fcc γ' (Ni_3Al , Ti), yang berpresipitasi secara koheren dengan matriks gamma austenitik. Elemen lainnya seperti niobium, tantalum, dan chromium, juga dapat memasuki γ' . Fasa ini diperlukan untuk kekuatan dan ketahanan *creep* pada temperatur tinggi.
3. *Gamma double prime*, γ'' , dimana kombinasi nikel dan niobium dengan besi membentuk struktur BCT (*body-centered tetragonal*) yang koheren dengan matriks gamma. Fasa ini memberikan kekuatan tinggi pada temperatur rendah dan menengah, tetapi tidak stabil pada temperatur di atas 650°C .
4. *Grain boundary* γ' , merupakan lapisan tipis γ' sepanjang batas butir pada paduan yang lebih kuat, yang dihasilkan oleh perlakuan panas atau karena pemakaian. Lapisan ini diyakini dapat meningkatkan sifat patah/*rupture*.
5. *Karbida*, dimana karbon ditambahkan sejumlah 0,02 hingga 0,2 wt% yang akan bersenyawa dengan unsur reaktif, seperti titanium, tantalum, hafnium, dan niobium, membentuk logam karbida. Selama perlakuan panas dan pemakaian, karbida ini cenderung terurai menghasilkan karbida lainnya yang terbentuk di batas butir.
6. *Borides*, merupakan partikel borida dalam kerapatan rendah ketika boron tersegregasi di batas butir.

Untuk membuat material tahan beroperasi pada temperatur tinggi terutama untuk ketahanan *creep*, maka diperlukan fasa *gamma prime* γ' pada material. Pembentukan fasa ini dapat dilakukan dengan proses yang disebut *age hardening* atau *pengerasan presipitasi*.

Proses *age hardening* atau disebut juga *ageing* adalah proses pembentukan fasa presipitasi dimana prosesnya terdiri dari 3 tahap yaitu: *solution treatment*, *quench*, dan *age*. (Askeland, 1996) *Solution treatment* adalah proses dimana paduan pertama dipanaskan di atas temperatur *solvus*-nya dan ditahan hingga terbentuk larutan padat. Pada proses *quench*, material secara cepat didinginkan sehingga mencegah terbentuknya fasa kedua dari matriks. Selanjutnya pada proses *age*, material

dipanaskan di bawah temperatur *solvus* selama waktu tertentu sehingga terbentuk fasa presipitasi.

III. BAHAN DAN METODE

Material yang diambil dalam penelitian ini adalah *Inconel 617*, yang merupakan material berbasis Nikel dan banyak digunakan untuk kondisi pemakaian pada temperatur tinggi, seperti yang dijumpai pada sudu turbin gas. Sampel berasal dari sudu turbin gas yang telah beroperasi lebih dari 50.000 jam.

Spesifikasi bahan *Inconel 617* ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi kimia *Inconel 617* (Kutz, 1998).

Unsur	Ni	Cr	Co	Mo	Al	Ti	C
%	54,0	22,0	12,5	9,0	1,0	0,3	0,07

Kekuatan Tarik : 738 MPa

Kekuatan Luluh: 296,5 MPa

Elongasi : 70%

Perlakuan pembentukan *solution* dilakukan pada temperatur 1175⁰ C selama 2 jam, dan setelah didinginkan, material di *ageing* selama 8 jam dengan 3 variasi temperatur yaitu 600⁰, 700⁰, dan 800⁰ C.

Investigasi sampel dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan mikrostruktur. Pemeriksaan mikrostruktur dilakukan dengan mikroskop optik, mikroskop *scanning*, dan *X-ray fluorescence*. Sementara pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Brinell.

IV. PEMBAHASAN

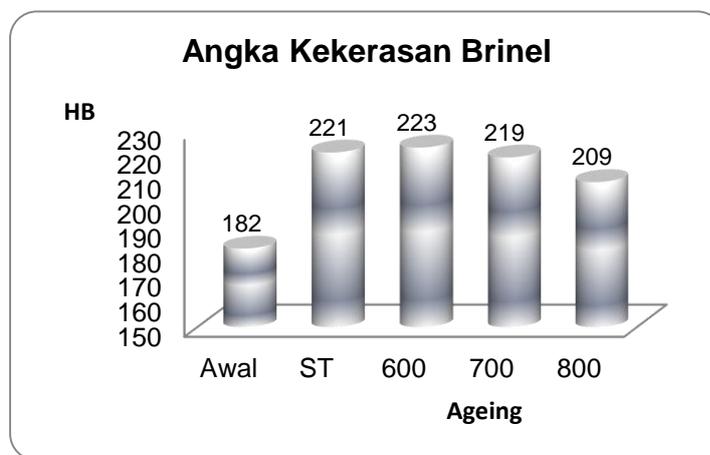
Hasil uji kekerasan dari sampel dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Uji kekerasan.

Sampel	Penjejakan	Kekerasan (HB)	Kekerasan Rata-Rata (HB)
Awal	1	182	182
	2	182	
	3	182	
	4	182	
	5	182	
Solution Treating	1	221	221
	2	221	
	3	221	
	4	221	
	5	221	
Aging 600 C	1	223	223
	2	223	
	3	223	
	4	223	

	5	223	
Aging 700 C	1	219	219
	2	219	
	3	219	
	4	219	
	5	219	
Aging 800 C	1	208	209
	2	209	
	3	208	
	4	209	
	5	209	

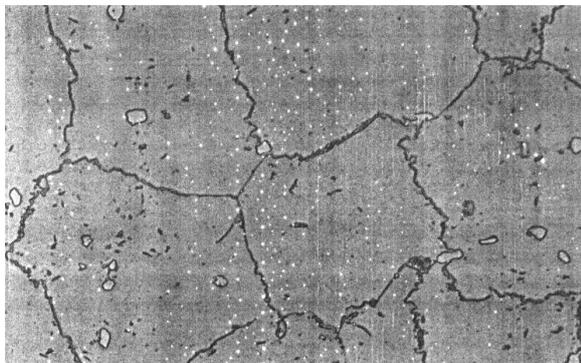
Secara grafik, hasil uji kekerasan ditunjukkan leh gambar 1.



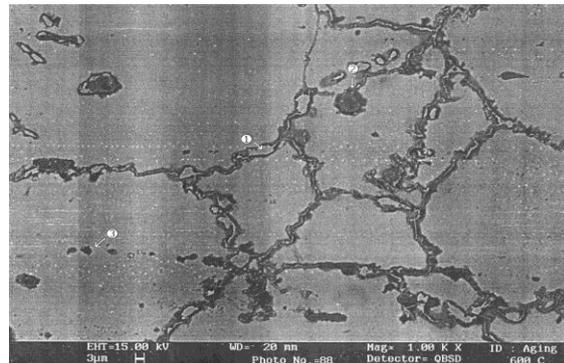
Gambar 1. Grafik hasil uji kekerasan.

Dari hasil uji kekerasan di atas, diperoleh kekerasan tertinggi dijumpai pada proses ageing 600^o C (223 HB) dan terendah diperoleh pada proses ageing 800^o C (209 HB).

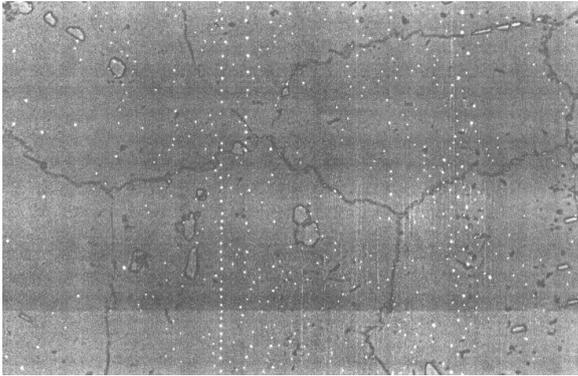
Hasil foto mikroskop optik dan elektron *scanning* ditunjukkan oleh gambar 2 sampai dengan gambar 7.



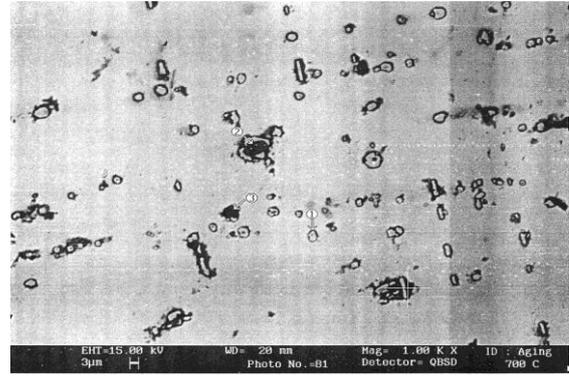
Gambar 2. Foto sampel proses aging 600^o C menggunakan mikroskop optik (500x).



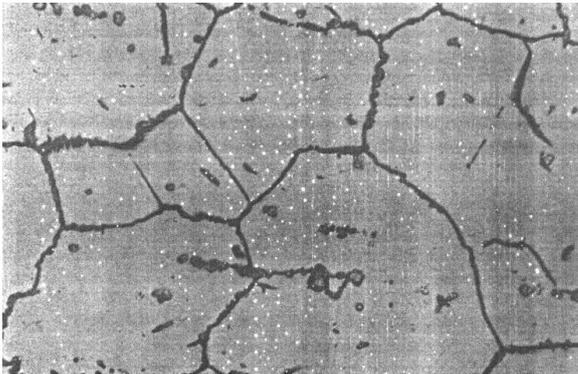
Gambar 3. Foto sampel proses aging 600^o C menggunakan mikroskop elektron (1000x).



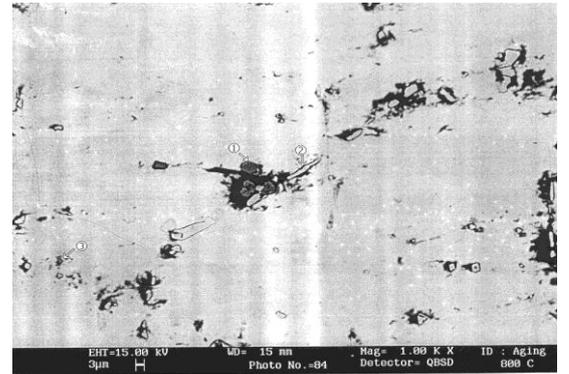
Gambar 4. Foto sampel proses aging 700⁰ C menggunakan mikroskop optik (500x).



Gambar 5. Foto sampel proses aging 700⁰ C menggunakan mikroskop elektron (1000x).



Gambar 6. Foto sampel proses aging 800⁰ C menggunakan mikroskop optik (500x).



Gambar 7. Foto sampel proses aging 800⁰ C menggunakan mikroskop elektron (1000x).

Foto mikrostruktur sampel dengan proses *ageing* 600⁰C ditunjukkan oleh gambar 2 dan gambar 3. Dari gambar 2, terlihat bahwa terdapat fasa presipitasi (fasa γ') pada setiap butir. Pengujian lebih lanjut ditunjukkan oleh gambar 3, dimana dari uji XRF pada titik 2 dijumpai unsur Ti (86,59%) merupakan unsur yang dominan dan Ti ini merupakan fasa presipitasi dari material ini. Presipitasi Ti terlihat terbentuk pada butir (*Gamma prime, γ'*) dan juga di batas butir (*Grain boundary γ'*).

Titik 1, gambar 3 merupakan logam karbida dimana disini terjadi peningkatan konsentrasi karbon. Dari uji XRF pada titik ini diperoleh komposisi kimia: Cr (69,72%), dan C (1,49%). Kemungkinan chrom bersenyawa dengan carbon membentuk chrom karbida. Pembentukan senyawa karbida dapat terjadi karena proses pemanasan dan juga karena proses pemakaian pada temperatur tinggi.

Foto mikrostruktur sampel dengan proses *ageing* 700⁰C ditunjukkan oleh gambar 4 dan gambar 5. Terlihat bahwa kondisinya tidak jauh berbeda, dimana terdapat fasa presipitasi (fasa γ') pada setiap butir berupa *Gamma prime, γ'* dan *Grain boundary γ'* .

Ditemukan juga logam karbida di batas butir seperti halnya pada sampel dengan proses *ageing* 600⁰ C.

Foto mikrostruktur sampel dengan proses *ageing* 800⁰C ditunjukkan oleh gambar 6 dan gambar 7. Presipitasi Ti juga terlihat terbentuk pada butir (*Gamma prime*, γ') dan di batas butir (*Grain boundary* γ').

Ditemukan juga logam karbida di batas butir seperti halnya pada sampel dengan proses *ageing* 600⁰ C.

Dapat disimpulkan bahwa pada ketiga kondisi percobaan terdapat presipitasi Ti pada butir dan batas butir. Fasa presipitasi mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dari fasa matriksnya (Askeland, 1996), sehingga akan menghasilkan material yang lebih kuat. Hal ini jika dikaitkan dengan uji kekerasan, maka untuk ketiga sampel terlihat telah terjadi kenaikan kekerasan jika dibandingkan dengan kondisi awal sebelum dilakukan proses *ageing*. Kekerasan awal material sebelum proses adalah 182 HB dan setelah proses mengalami kenaikan menjadi 223 HB (untuk *ageing* 600⁰C), 219 HB (untuk *ageing* 700⁰ C) dan 209 HB (untuk *ageing* 800⁰C).

Dari ketiga proses tersebut, terlihat bahwa *ageing* pada temperatur 800⁰C mengalami penurunan kekerasan cukup besar dibanding dengan proses lainnya, walaupun masih di atas kekerasan sampel tanpa proses *ageing*. Kemungkinan telah terjadi *overageing* pada proses ini. Sementara kekerasan paling baik dijumpai pada proses *ageing* 600⁰C.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian dapat disimpulkan:

1. Dari uji kekerasan diperoleh angka kekerasan bahan: bahan tanpa *ageing*: 182 HB, *ageing* pada 600⁰ C: 223 HB, *ageing* pada 700⁰ C: 219 HB, *ageing* pada 800⁰ C: 209 HB.
2. Hasil uji mikrostruktur diperoleh bahwa terbentuk fasa *Gamma prime*, γ' pada butir dan batas butir.
3. Ditemukan juga senyawa karbida pada batas butir.
4. Kekuatan tertinggi dijumpai pada sampel yang dilakukan proses *ageing* pada 600⁰C.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. ASM International, 1990. *Metals Handbook, tenth edition, Volume 1: Properties and Selection Irons, Steel and High Performance Alloys*. Ohio.
2. Askeland D.R., 1996. *The Science and Engineering of Materials*. Chapman & Hall.
3. Callister W.D. Jr., 1994. *Material Science and Engineering, an Introduction, 3rd edition*. John Willey & Sons, Inc.
4. Kutz Myer, 1998. *Mechanical Engineers Hand Book, 2nd edition, Vol. 1*. John Willey & Sons, Inc.
5. Mc. Coy H.E., J.F. King, 1985. *Mechanical Properties of Inconel 617 and 618*. Oak Ridge National Laboratory.
6. _____ . *Heat Treatment for Increased Lifetime*. <http://www.sulzer.com/en/Products-and-Services/Turbomachinery-Services/Repair-Services/Gas-Turbine-Repairs/Heat-Treatment>

PANDUAN PENULISAN NASKAH

1. Naskah merupakan karya asli yang belum pernah dipublikasikan dalam media cetak.
2. Naskah dicetak dengan tinta hitam pada kertas *letter*, tidak bolak balik. Setiap halaman diberi nomor, minimum 5 (enam) halaman dan maksimum 10 (sepuluh) halaman. Margin atas 4 cm, margin kiri dan kanan berturut-turut 3,5 dan 2,5 cm, margin bawah 3 cm harus bebas dari tulisan, kecuali nomor halaman, bagian terbawah catatan kaki (kalau ada) harus diatas margin bawah, badan naskah ditulis dalam 2 (dua) kolom dengan jarak antar kolom 1cm.
3. Isi naskah ditulis dalam huruf Arial dengan ukuran 11 point dengan jarak antar baris satu spasi. Kecuali judul makalah, nama penulis, dan abstrak.
4. Abstrak ditulis satu spasi, dengan huruf arial 11 point italic (miring), tidak lebih dari 150 kata, diikuti dengan beberapa kata-kata kunci (*keywords*).
5. Judul utama karya tulis dicetak dengan huruf besar arial 14 point tebal, diletakkan dipinggir kiri, judul bagian dicetak tebal dengan huruf besar Arial 11 point tebal, judul sub-bagian dicetak tebal dengan huruf arial 11 point biasa.
6. Bahasa yang digunakan sesuai dengan bahasa Indonesian yang baik dan benar. Penggunaan istilah asing dicetak miring sebaiknya disertakan dengan benar. Penggunaan istilah asing dicetak miring sebaiknya disertakan dengan penjelasan dalam bahasa Indonesia.
7. Penggunaan singkatan dan tanda-tanda diusahakan untuk mengikuti aturan nasional atau internasional. Satuan yang digunakan hendaknya mengikuti sistem Satuan Internasional (SI). Persamaan atau hubungan matematik harus dicetak dan diberi nomor seperti :

$$F = m.a \quad (1)$$

Dalam teks, persamaan 1 dinyatakan sebagai "pers. (1) atau "Persamaan (1)"

8. Gambar diberi nomor dan keterangan dibawahnya, sedangkan tabel diberi nomor dan keterangan diatasnya. Keduanya sedapat mungkin disatukan dengan file naskah. Bila gambar atau tabel dikirimkan secara terpisah, harap dicantumkan dalam lembar tersendiri dengan kualitas cetakan yang baik.
9. Kepustakaan dicantumkan dengan urutan abjad nama pengarang dan diberi nomor.

ISSN 2088-060X



9 772088 060009