



*Jurnal Sains & Teknologi*  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Volume I. No 2. September 2011

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIK PADUAN  
Al-Si-Cu DENGAN VARIASI Cu PADA PRODUK COR RING ABSORB  
BREAKER SEPEDA MOTOR HONDA**

**SIMULASI SUHU RUANG DENGAN DINDING TRANSPARAN  
MENGUNAKAN PEMANASAN DENGAN MATAHARI DAN BIOMASSA**

**ALTERNATIF SOLUSI PROSES PRODUKSI DENGAN MINIMASI  
ANTRIAN DAN COST**

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN BAHAN DENGAN  
MENGUNAKAN MATERIAL REQUIREMENT PLANNING (MRP)**

**ANALISIS KERUSAKAN PADA POROS PENGHUBUNG  
KOMPRESOR TORAK**

**TINJAUAN TEORITIS TENTANG PENENTUAN  
MANUFACTURING LEAD TIME DAN LAJU PRODUKSI DALAM  
INDUSTRI MANUFaktur**

**PENGENALAN SUARA PEMBICARA MENGGUNAKAN  
METODE DYNAMIC TIME WARPING**

**RISET PEMASARAN PRODUK-PRODUK PELEMBAB BERDASARKAN  
METODE ANALISIS FAKTOR DAN KLASTER DI JAKARTA TIMUR**

**PENERAPAN JARINGAN SYARAF TIRUAN METODE PROPAGASI BALIK  
DALAM MENGENALI AKSARA JAWA**



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

**Penasihat** : Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU

**Penanggung Jawab** : Ir. Herman Noer Rahman, ME

**Pimpinan Redaksi** : Yefri Chan, MT

**Redaksi Pelaksana** : Drs. Eko Budi Wahyono, MT

Ir. Darsono, MT

Dimas Satria, MEng

Linda N. A, MSi

Adam, MSi

**Mitra Bestari** : Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU

Prof. Dr. Ir. Raihan

Dr. Ir Lily Satari, MSc

Dr. Aep Syaiful 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](mailto:jurnalteknikunsada@yahoo.co.id)**

## Pengantar Redaksi

Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada pada edisi kali ini hadir dengan menyuguhkan sembilan tulisan bidang teknologi. Tulisan tersebut ditulis oleh dosen – dosen Fakultas Teknik Universitas Darma Persada satu tulisan berasal dari dosen Politeknik Purbaya dan Universitas Bung Karno yang tentu saja kami harap dapat menambah wawasan pembaca.

Edisi kedua diawali dengan tulisan Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Paduan Al-Si-Cu Dengan Variasil Cu Pada Produk Cor *Ring Absorb Breaker* Sepeda Motor Honda. Penelitian dilakukan untuk membandingkan antara RAB produk Honda dan produk home industri serta mempelajari pengaruh kandungan persen Cu pada paduan Al-Si-Cu yang di laku panas untuk memperbaiki sifat mekaniknya.

Jurnal kali ini juga menyuguhkan beberapa kajian tentang : Simulasi Suhu Ruang Dengan Dinding Transparan Menggunakan Pemanasan Dengan Matahari Dan Biomassa yang membahas tentang bagaimana mendapatkan suhu ruang diatas 50 °C dengan cara simulasi. Tulisan berikutnya berturut-turut adalah . Alternatif Solusi Proses Produksi Dengan Minimasi Antrian Dan *Cost*, Perencanaan Dan Pengendalian Bahan Dengan Menggunakan *Material Requirement Planning* (MRP), Analisis Kerusakan Pada Poros Penghubung Kompresor Torak, Tinjauan Teoritis Tentang Penentuan *Manufacturing Lead Time* Dan laju Produksi Dalam Industri Manufaktur, Pengenalan Suara pembicara Menggunakan Metode *Dynamic Time Warping*, Riset pemasaran Produk-Produk Pelembab Berdasarkan metode Analisis faktor Dan Klaster Di Jakarta Timur.

Jurnal kali ini ditutup oleh tulisan Penerapan Jaringan syaraf Tiruan Metode Propagasi Balik Dalam Mengenali Aksara Jawa. yang membahas tentang membangun sebuah sistem yang akan mampu mengenali tulisan tangan dalam karakter Jawa dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode propagasi balik.

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

**Redaksi Jurnal**

## DAFTAR ISI

	Halaman
1. PEGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIK PADUAN Al-Si-Cu DENGAN VARIASI Cu PADA PRODUK COR <i>RING ABSORB BREAKER</i> SEPEDA MOTOR HONDA.....	1 - 9
Amir Efendi, Nur Hanifah, Titiek Deasy, Handi	
2. SIMULASI SUHU RUANG DENGAN DINDING TRANSPARAN MENGUNAKAN PEMANASAN DENGAN MATAHARI DAN BIOMASSA...	10 - 18
Yefri Chan, Dhimas Satria	
3. ALTERNATIF SOLUSI PROSES PRODUKSI DENGAN MINIMASI.....	19 - 29
ANTRIAN DAN COST Ade Supriatna	
4. PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN BAHAN DENGAN MENGUNAKAN <i>MATERIAL REQUIREMENT PLANNING</i> (MRP).....	30 - 38
Atik Kurnianto	
5. ANALISIS KERUSAKAN PADA POROS PENGHUBUNG KOMPRESOR...	39 - 45
Asyari Darius	
6. TINJAUAN TEORITIS TENTANG PENENTUAN <i>MANUFACTURING LEAD TIME</i> DAN LAJU PRODUKSI DALAM INDUSTRI MANUFAKTUR...	46 - 50
Herman Noer Rahman	
7. PENGENALAN SUARA PEMBICARA MENGGUNAKAN METODE <i>DYNAMIC TIME WARPING</i> .....	51 - 59
Suzuki Syofian, Silvia Oktarina	
8. RISET PEMASARAN PRODUK-PRODUK PELEMBAB BERDASARKAN METODE ANALISIS FAKTOR DAN KLASSTER DI JAKARTA TIMUR.....	60 - 69
Budi Sumartono	
9. PENERAPAN JARINGAN SYARAF TIRUAN METODE PROPAGASI BALIK DALAM MENGENALI AKSARA JAWA.....	70 - 80
Eko Budi Wahyono *	

## PEGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIK PADUAN Al-Si-Cu DENGAN VARIASI Cu PADA PRODUK COR RING ABSORB BREAKER SEPEDA MOTOR HONDA

Amir Efendi, Nur Hanifah, Titiek Deasy, Handi

### ABSTRAK

Memahami sifat dan bentuk presipitat pada paduan Al-Si-Cu merupakan hal yang penting, terutama bila asalnya dari aluminium skrap daur ulang yang berasal dari skrap sepatu rem. Akan tetapi kualitas produk menjadi acuan utama selera pasar. Industri kecil untuk pembuatan Ring Absorb Breaker (RAB) mempunyai masalah terutama pada kualitasnya sebelum dilakukan heat treatment. Penelitian dilakukan untuk membandingkan antara RAB produk Honda dan produk home industri serta mempelajari pengaruh kandungan persen Cu pada paduan Al-Si-Cu yang di laku panas untuk memperbaiki sifat mekaniknya. Penelitian juga dilakukan dengan pembuatan sample uji yang divariasikan Cu-nya dari 2.32%, 3.83% dan 4.85%. Adapun proses perlakuan panas melalui tiga tahap, yaitu panas pelarutan, pendinginan cepat dan penuaan. Untuk temperatur panas pelarutan dilakukan pada 540<sup>0</sup>C ditahan selama 30 menit, pendinginan kejut pada media air dan temperatur penuaan pada 220<sup>0</sup>C yang ditahan selama 10, 30, 45 dan 60 menit. Selanjutnya hasil perlakuan panas dilakukan dengan pengujian kekerasan, impak dan pengamatan struktur mikro. . Sedangkan untuk sample uji yang divariasikan Cu-nya, dari hasil analisis menunjukkan bahwa setelah dilakukan penuaan selama 30 menit mengalami puncak kekerasan dan harga energi impaknya minimum. Untuk kandungan Cu 2.32% puncak kekerasan 170.6 HVN dengan harga energi impak minimumnya 43.3 Joule, kandungan Cu 3.83% puncak kekerasannya 179.6 HVN dengan harga energi impak minimumnya 43.3 Joule dan untuk kandungan Cu 4.85% puncak kekerasannya 191.2HVN dengan harga energi impak minimumnya 41.55 Joule. Kekerasan dari sample uji lebih tinggi bila dibandingkan dengan RAB produk Honda dan ADC 12.

**Kata kunci:** Skrap, paduan Al-Si-Cu, ring absorb breaker (RAB), perlakuan panas

### I. PENDAHULUAN

Dengan semakin berkembangnya dunia industri, dimana industri sudah semakin maju dan kompetisi produk semakin transparan serta inovasi-inovasi bermunculan demi mendapatkan hasil yang terbaik sesuai dengan kebutuhan konsumen. Pembangunan di bidang industri sekarang ini pada hakekatnya adalah untuk mengurangi ketergantungan pada negara-negara industri yang lain atau yang sudah maju teknologi dan produknya. Namun di negeri sendiri telah mampu menyediakan suku cadang (*spare part*) dari jenis motor tertentu yang diproduksi dan dihasilkan sendiri dengan lisensi dari negara produk asal yang membuat produk tersebut. Hal ini banyak memberi keuntungan tersendiri bagi negara karena akan terjadi peningkatan di bidang ekonomi dan peningkatan lapangan kerja. Hal ini juga terjadi pada produk coran yang menggunakan bahan aluminium. Paduan aluminium untuk produk coran yang utama adalah paduan Al-Si. Hal ini disebabkan sifat mampu cornya yang baik, terutama fluiditasnya yang tinggi. Fluiditas

yang tinggi memungkinkan pengecoran benda kerja yang berbentuk rumit tetap mudah dilakukan. Sifat lain pada paduan Al-Si yang menonjol adalah ketahanannya terhadap korosi, mampu lasnya baik dan keberadaan Si mampu mengurangi koefisien panas paduan. Produk coran paduan Al-Si dapat ditingkatkan kekuatannya dengan penambahan padu lainnya, misalnya unsur Cu. Penambahan unsur Cu pada paduan Al-Si disamping meningkatkan kekuatannya juga meningkatkan mampu dikerjakan dengan mesin. Tetapi perlu diingat penambahan padu unsur Cu akan menurunkan fluiditas, ketahanan korosi dan keuletannya. Pada perlakuan panas (*heat treatment*), penambahan padu unsur Cu akan memberikan penguatan yang lebih besar.

Paduan aluminium-tembaga kekuatan dan kekerasannya masih dapat ditingkatkan dengan proses perlakuan panas. Perlakuan panas ini dapat diterapkan pada paduan yang mempunyai kelarutan padat yang menurun dengan turunnya temperatur. Pada perlakuan panas ini penguatan diperoleh karena struktur mikro diubah sehingga endapan fasa kedua berukuran kecil dan tersebar merata pada matriks. Struktur mikro yang demikian lebih mampu menahan pergerakan dislokasi. Cara ini banyak sekali keuntungannya karena kekuatan yang diperlukan dapat dihasilkan dari tahapan produksi yang paling cocok. Selain itu, komponen sebelum digunakan telah bebas tegangan.

Maksud dari penelitian ini adalah membuat *ring absorb breaker* (RAB) dari acuan Honda dengan paduan Al-Si-Cu dengan variasi Cu (2.32%, 3.83% dan 4.85%) namun ada persamaan sifat mekanik dengan ring absorb breaker Honda dan bisa berguna bagi produksi home industri di daerah.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Menganalisis pengaruh persen Cu hasil skrap daur ulang setelah perlakuan panas terhadap sifat mekaniknya
- 2) Melakukan pembuatan ulang sistem bahan baku RAB home industri yang memenuhi spesifikasi standar industri

## II. BAHAN DAN METODE

Terdapat bermacam-macam cara perlakuan panas yang dapat dipergunakan untuk menguatkan sifat mekanik paduan. Untuk logam yang tidak mengalami perubahan fasa dengan berubahnya temperatur dan mempunyai kelarutan padat yang berkurang dengan turunnya temperatur, umumnya dapat dilakukan dengan cara perlakuan panas presipitasi. Paduan Al-Si-Cu termasuk paduan yang dapat diperkuat dengan laku panas presipitasi. Pada laku panas ini paduan akan mengalami 3 tahap perlakuan, yaitu: perlakuan panas pelarutan (*solution treatment*), pendinginan cepat (*quenching*) dan penuaan (*aging*).

Struktur-mikro akibat perlakuan panas ini diharapkan berupa fasa ke dua berukuran kecil yang tersebar merata. Struktur-mikro yang demikian menyebabkan dislokasi yang bergerak mendapatkan hambatan yang lebih besar. Hambatan ini menyebabkan sifat mekanik pada paduan akan meningkat.

Peralatan

- Tungku krusible (crucible furnace)
- Tungku muffle (muffle furnace)
- Mesin uji impact charpy
- Mesin uji kekerasan

#### Bahan Baku

- Aluminium lembek (dari panci dan kaleng minuman) yang mempunyai kandungan Al sebesar 98.78%.
- Aluminium keras (dari sepatu rem sepeda motor) yang mempunyai kandungan Al 84,42% dan Si 10,30%
- Tembaga (Cu dari kabel )

Tahapan dalam persiapan untuk melakukan penelitian yaitu pembuatan ingot yang bahan bakunya berasal dari sepatu rem yang dilebur, kemudian dibuat sampel ingot untuk diuji komposisi kimia dengan spektrometer yang selanjutnya pembuatan sampel yang sesuai dengan standar JIS ADC12, dengan memvariasi kandungan Cu dari mulai 2.38%; 3.83% dan 4.85% untuk uji kekerasan, struktur mikro dan uji impak sebagai pembahasan.

Agar percobaan berjalan dengan lancar dan sesuai dengan harapan, terlebih dulu dilakukan persiapan-persiapan yang meliputi tahapan sebagai berikut: persiapan bahan baku, cetakan untuk membuat spesimen, permesinan untuk membuat spesimen uji impak. Adapun prosedur percobannya dapat dilihat pada Gambar III.1. Dalam penelitian ini, dilakukan variasi persen Cu (2.38%; 3.83% dan 4.85%) dan dilakukan penuaan pada temperatur 2200C setelah dilaku panas dengan temperatur 5400 °C selama 30 menit.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dan hasil percobaan yang diperoleh, maka akan dibahas beberapa hal yang berkaitan dengan proses perlakuan panas presipitasi pada paduan Al-9%Si dengan variasi Cu (2.32%; 3.83% dan 4.85%) dari hasil coran.

Hasil pemeriksaan komposisi kimia untuk tiap-tiap bahan penelitian yang dilakukan berasal dari spesifikasi JIS ADC 12, skrap dan paduan spesimen yang telah divariasikan kandungan Cu-nya, dapat dilihat pada Tabel 1 Peralatan pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan spektrometer yang dilakukan di Politeknik Manufaktur Bandung (POLMAN) dan di PT. GLOBAL METALINDO ASIA, Bandung.

Tabel 1. Komposisi kimia hasil percobaan

Komposisi	Sampel				
	A	B	C	ADC12	Skrap
Al	84,7	83,7	81,8	Sisa	84,4
Cu	2,3	3,8	4,8	1.5-3.5	2,1
Si	9,8	9,1	9,4	06/09/12	9,8
Mg	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
Zn	1,8	1,8	1,8	1	1,9
Fe	1	0,9	1	0,9	1,1
Mn	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2
Ni	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1
Ti	0	0	0	0,3	0
Pb	0,1	0,1	0,1	-	0,1
Sn	0	0	0	-	0
Cr	-	-	-	-	-
V	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-

Penggunaan RAB banyak diaplikasikan pada produk yang ditujukan untuk meredam beban dinamis. Salah satu penggunaan RAB yang mudah ditemukan pada Honda. Dengan beban yang dinamis, maka produk RAB harus memiliki karakteristik yang khusus sedemikian, sehingga tidak mudah mengalami kegagalan fungsi. Untuk menjaga kualitas dan keamanan pengguna, maka karakteristik RAB distandarkan berdasarkan dengan sifat-sifat paduan ADC 12.

Dengan persaingan dan penggunaan RAB yang semakin tinggi maka karakteristik paduan perlu dilakukan peningkatan kualitas. Produk RAB juga telah banyak dikembangkan dalam skala kecil yang terutama bahan bakunya berasal dari skrap. Produksi dalam skala kecil ini juga perlu dilakukan perbaikan operasi, desain dan paduan sedemikian sehingga dapat mendekati atau melebihi produk industri Honda dalam karakteristiknya.

Proses perlakuan panas presipitasi menimbulkan perubahan struktural mikro paduan. Perubahan struktur mikro terjadi bilamana unsur yang dimaksudkan terlarut dalam satu fasa. Berdasarkan unsur paduan, maka unsur Si ataupun unsur lainnya tidak mengalami perubahan sewaktu dilaku panas. Hal ini disebabkan kandungan unsur Si-nya melebihi batas kelarutan maksimumnya dalam paduan Al-Cu. Fasa logam intermetallik beta ( $\beta$ ) yang terbentuk selama pembekuan juga tidak mengalami perubahan karena memiliki titik cair yang tinggi. Fasa logam intermetallik terbentuk karena adanya interaksi unsur Si, Fe dan Al menjadi  $Al_5FeSi$ .



Berdasarkan tiap-tiap kandungan Cu pada penelitian ini masih dibawah batas kelarutan maksimum unsur Cu pada Al, sehingga dengan adanya kenaikan temperatur akan terjadi homogenisasi. Homogenisasi paduan dilakukan pada temperatur 540<sup>o</sup> selama 30 menit. Kondisi tersebut adalah temperatur dan waktu yang cukup untuk menghilangkan segregasi hasil pembekuan tidak seragam dan melarutkan teta ( $\theta$ ) menjadi  $\alpha$ -Al. Dengan pendinginan kejut melalui media air pada paduan, akan terjadi kekosongan yang menyebabkan fasa  $\alpha$  menjadi fasa  $\alpha$  jenuh. Distribusi dan morfologi akan berubah bilamana dilakukan penuaan. Perubahan fasa bergantung pada komposisi dan temperatur penuaan yang dilakukan. Pada kondisi penelitian ini, fasa-fasa yang terbentuk selama penuaan adalah  $\theta''$ ,  $\theta'$  dan  $\theta$  pada matriks  $\alpha$ -Al.

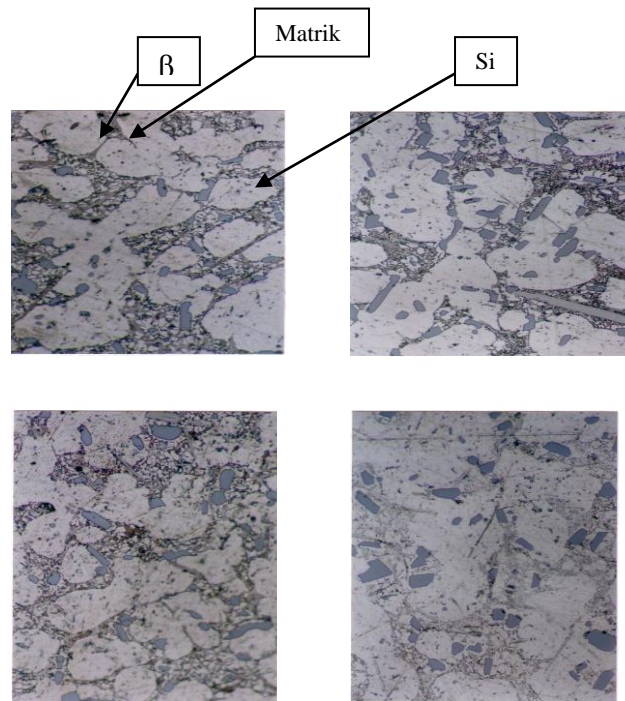
Secara umum penguatan berkaitan dengan penguatan oleh fasa matriks dan penguatan oleh presipitasi halus. Pengamatan penguatan as-cast pada penelitian lebih dominan diakibatkan oleh fasa matriks karena presipitasi relatif belum terbentuk. Proses perlakuan panas presipitasi menimbulkan perubahan struktur mikro presipitat yakni morfologi  $\theta$  pada paduan. Perubahan morfologi endapan inilah yang menyebabkan sifat mekanik terutama kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan as-cast.

Perubahan morfologi pengendap terjadi dalam paduan mengakibatkan perubahan sifat mekanik. Morfologi endapan dapat membentuk sifat kekerasan karena adanya interaksi presipitasi (yakni penguat  $\theta$ ) dengan matriks (yakni  $\alpha$ -Al). Kehilangan koherensi presipitat akan semakin cepat dengan meningkatnya kandungan Cu selama penuaan dilakukan. Pada saat dimana perubahan koheren menjadi semi koherensi merupakan titik puncak kekerasan yang dapat dicapai oleh paduan.

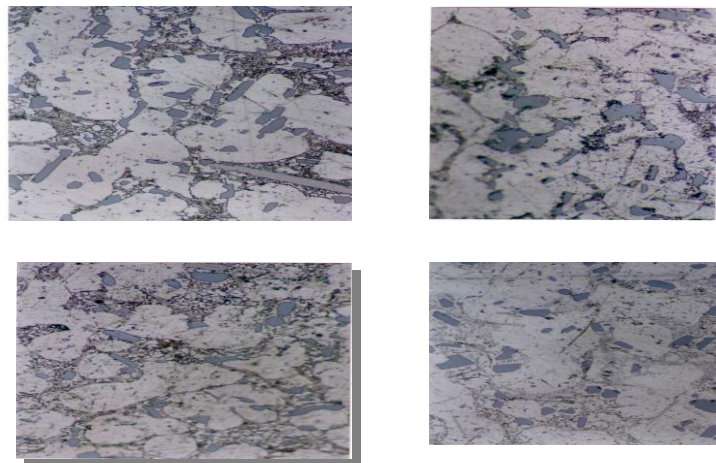
Kekerasan yang makin tinggi karena hubungan keseragaman kristalografi antara endapan dengan matriks juga berdampak besar terhadap ketangguhan material tersebut. Hubungan antara kekerasan dan energi impak secara umum adalah berbanding terbalik. Jadi, bila kekerasan minimum maka harga energi impaknya akan maksimum untuk tiap-tiap paduan dengan unsur Cu yang berbeda pada temperatur yang sama.

Berdasarkan hasil percobaan memberikan informasi, bahwa semakin tinggi kandungan Cu akan meningkatkan kekerasan dan menurunkan energi impak. Hal ini dikarenakan pada waktu 30 menit, untuk kandungan Cu yang semakin tinggi akan menghasilkan halangan dislokasi yang paling maksimum. Halangan dislokasi maksimum karena jumlah pengendap  $\theta$  yang banyak dimana jarak antara partikel yang dekat dan terdispersi merata sehingga memberikan halangan dislokasi yang paling maksimum.

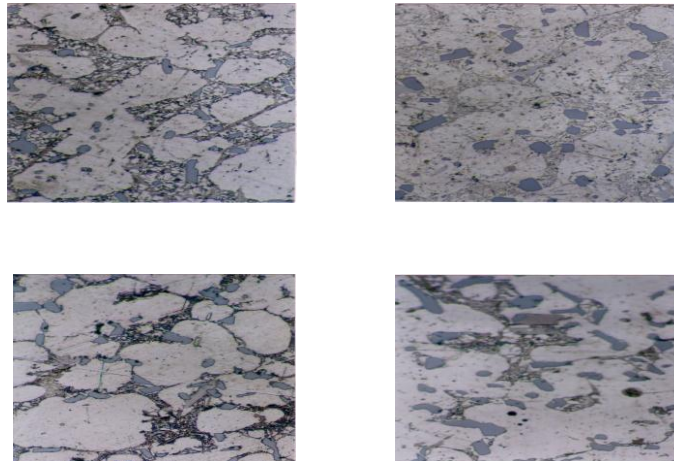
Sedangkan untuk waktu penuaan hingga 60 menit yang merupakan waktu *overaging* untuk paduan, maka kandungan Cu yang semakin tinggi akan memperlunak material dan meningkatkan harga energi impaknya. Hal ini dikarenakan pada waktu penuaan 60 menit, partikel presipitat mengalami pertumbuhan semakin besar dengan jumlah banyak yang akan memudahkan perubahan sifat mekaniknya.



Gambar 1. Struktur mikro kandungan Cu 2.38% dengan waktu 10, 30 , 45 dan 60 menit



Gambar 2. Struktur mikro kandungan Cu 4.85% dengan waktu 10, 30 , 45 dan 60 menit



Gambar 3. Struktur mikro kandungan Cu 3.83% dengan waktu 10, 30 , 45 dan 60 menit

Tabel 2 Hasil uji kekerasan

Sampel	Waktu (menit)	Kekerasan (HVN)	Kekerasan (HBN)
2.32% Cu	10	150,2	143
	30	170,6	162
	45	153,8	145
	60	138,5	131
3.83% Cu	10	151,2	143
	30	179,6	170
	45	177,5	169
	60	137,5	131
4.85% Cu	10	161,9	152
	30	191,2	184
	45	130,8	124
	60	99,1	95

Table 3 Hasil uji impak

Sampel	Waktu (Menit)	Energi Impak (Joule)
2.32% Cu	10	45,05
	30	43,3
	45	45
	60	46,78
3.83% Cu	10	45,05
	30	43,3
	45	43,4
	60	44,17
4.85% Cu	10	43,3
	30	41,55
	45	50,1
	60	44,17

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang dilakukan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perubahan sifat mekanik terutama kekerasan pada paduan Al-Si 9% dengan variasi Cu (2.32%, 3.83% dan 4.85%) hasil coran dapat dilakukan dengan cara perlakuan panas presipitasi.
- 2) Hasil kekerasan dari pengujian kekerasan setelah di aging selama 10, 30, 45 dan 60 menit dengan kandungan Cu 2.38% adalah 150.2 HVN, 170.6 HVN, 153.8 HVN dan 138.5 HVN, kandungan Cu 3.83% adalah 151.2 HVN, 179.6 HVN, 177.5 HVN dan 137.5 HVN dan kandungan Cu 4.85% adalah 161.9 HVN, 191.20HVN, 130.8 HVN dan 99.1 HVN.
- 3) Hasil harga energi impak setelah di aging selama 10, 30, 45 dan 60 menit dengan kandungan Cu 2.38% adalah 45.05 J, 43.3 J, 45 J dan 46.78 J, kandungan Cu 3.83% adalah 45.05 J, 43.3 J, 43.4 J dan 44.17 J dan kandungan Cu 4.85% adalah 43.3 J, 41.55 J, 50.1 J dan 44.17 J.
- 4) Waktu pencapaian kekerasan maksimum dan harga energi impak minimum sama yaitu selama 30 menit.
- 5) Perlakuan panas untuk paduan tidak merubah morfologi fasa logam intermetalik silikon eutektik tetapi lebih cenderung menghilangkan segregasi dan hubungan kisi endapan Cu terhadap Al dengan matriks.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. R.E Smallman dan R.J. Bishop (2000),” Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Modern, PT. Gelora Aksara pratama, Erlangga, Jakarta.
2. I. davies. J.R, (1993), ASM, Aluminium and Aluminium Alloys, ASM, Speciality Hand Book.
3. Basuki E.A. (2004), Metallurgi Fisika, Option Metalurgi Departemen Teknik Pertambangan ITB, Bandung.
4. Basuki E.A. (2004), Metallurgi Fisika Lanjut, Option Metalurgi Departemen Teknik Pertambangan ITB, Bandung.
5. Porter D.A. (1981) ,” Phase Tranformation in Metals and Alloys”, T.J Press Ltd. Padstow,Cornwall
6. L.F. Mondolfo (1976),” Aluminium Alloys, structure and Properties”, Buther Worths, London-Boston.
7. Metals Handbook, desk Edition, ASM, Metals Park, Ohio 44073.
8. Metals Handbook, Atlas of microstructures of Industrial Alloys, ASM, Volume 7.
9. Polmear I.J (1989),” Light Alloys”, 2 edition, Melbourne.

(\*,\*\*,\*\*\* Dosen Politeknik Purbaya, Kabupaten Tegal

(\*\*\*\* Dosen Teknik Mesin Universitas Bung Karno, Jakarta

## **SIMULASI SUHU RUANG DENGAN DINDING TRANSPARAN MENGGUNAKAN PEMANASAN DENGAN MATAHARI DAN BIOMASSA**

Oleh :

Yefri Chan\*, Dhimas Satria\*\*

### **ABSTRAK**

*Panas yang terjadi didalam ruang pemanas sebagai akibat dari energi gelombang pendek yang dipancarkan oleh matahari yang dikenal dengan efek rumah kaca (Green House Effect), diserap benda yang ada didalamnya, sebagian energi ini diserap dan dipantulkan dalam bentuk gelombang panjang yang tidak tembus penutup transparan.*

*Ruang pemanas yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk kubus dengan panjang 3 m, lebar 2 m dan tinggi 1,75 m dan tungku biomassa dengan dengan panjang 40 cm, lebar 30 cm dan tinggi 60 cm. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter awal agar temperatur ruang pemanas yang berada di atas 50 °C*

*Hasil simulasi menunjukkan bahwasannya untuk mendapat temperatur ruang di atas 50 °C dibutuhkan temperatur keluaran tungku minimal 80 °C untuk intensitas surya minimal 100 W/m<sup>2</sup>.*

**Kata Kunci:** Ruang Pemanas, Temperatur Ruang, Iradiasi Surya, Simulasi.

### **I. LATAR BELAKANG**

Penerapan energi surya untuk pengeringan telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya baik diluar negeri maupun Indonesia. Walaupun demikian manfaat secara praktis untuk tujuan komersial belum banyak dilaporkan. Hal ini disebabkan oleh masih mahalnya harga sistem yang dikembangkan berdasarkan penelitian tersebut, sehingga sukar dijangkau oleh daya beli petani negeri kita (kamaruddin, 1994).

Tungku pemanas berfungsi untuk menggantikan panas yang dihasilkan oleh matahari sehingga dalam keadaan cuaca yang tidak bagus proses pengeringan bisa tetap berjalan.

Tungku pemanas merupakan bagian penting dalam sistem pengeringan yang menggabungkan antara pengeringan dengan panas matahari dengan pengeringan tambahan dengan tungku.

Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi temperatur ruang pemanas dengan bantuan cahaya matahari langsung, diharapkan melalui penelitian ini didapatkan gambaran kebutuhan energi untuk mendapatkan temperatur ruang pemanas berada diatas 50 °C.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter-parameter awal yang diperlukan agar temperatur ruang pemanas dapat berada diatas 50 °C.

### **II. PRINSIP KERJA**

Panas yang terjadi didalam ruang pemanas efek rumah kaca sebagai akibat dari energi gelombang pendek yang dipancarkan oleh matahari, diserap benda yang ada didalamnya, sebagian energi ini diserap dan dipantulkan dalam bentuk gelombang panjang yang tidak tembus penutup transparan. Lapisan penutup transparan memungkinkan radiasi gelombang pendek dari matahari masuk dan menyekat radiasi gelombang panjang.(Kamaruddin A.et al.,1990)

Jika matahari mengenai bahan tembus cahaya, maka sebagian sinar itu diteruskan selain di serap dan dipantulkan kembali. Oleh karena itu penutup transparan memerlukan bahan yang memiliki daya tembus (*transmissivity*) yang tinggi dengan daya serap (*absortivity*) dan daya pantul (*reflectivity*) yang rendah agar dapat memerangkap gelombang pendek sebanyak mungkin. (Kamaruddin A. et al., 1990)

Tabel berikut ini menyajikan karakteristik beberapa bahan tembus cahaya.

Tabel 1. Karakteristik transmitivitas bahan tembus cahaya (Nelson, 1978)

Jenis Bahan	Transmisi Cahaya (%)	Transmisi Panas (%)
Udara	100	100
Kaca ( <i>double strength</i> )	90	88
<b>Polyethylene:</b>		
a. 1 lapisan	88	-
b. 2 lapisan	81	-
<b>Fiberglass:</b>		
a. bening ( <i>clear</i> )	92-95	63-68
b. warna jade	81	61-68
c. kuning	64	37-43
d. putih salju	63	30-34
e. hijau	62	60-68
f. merah kekuningan ( <i>coral</i> )	61	57-66
g. jernih ( <i>canary</i> )	25	20-23

## 2.1 Kestimbangan Energi Untuk Pemanasan Ruangan

Perhitungan perpindahan panas yang terjadi di dalam pengering ERK didasarkan pada asas keseimbangan energi. Kamaruddin et al (1994) mengembangkan model matematis perhitungan perpindahan panas tersebut pada kondisi *steady state* sebagai berikut :

- a. Kestimbangan energi dalam ruang pengering

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = \tau.\alpha.l.A_{f_w} + h.A_f.(T_f - T_r) - U.A_w.(T_r - T_a).....(1)$$

- b. Kestimbangan energi untuk temperatur lantai

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_f}{dt} = -(h.A)_f.(T_f - T_r) + \tau.\alpha.l.A_f - K.A_f \frac{(T_f - T_{fo})}{\Delta x}.....(2)$$

- c. Kestimbangan energi dalam ruang pemanas dengan tungku pemanas

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = -U.A_w.(T_r - T_a) + \dot{m}.c_p.(T_{tku} - T_r) - \dot{m}.c_p.(T_r - T_a).....(3)$$

dimana :

- Tr = Temperatur ruangan (°C)
- I = Intensitas surya (W/m<sup>2</sup>)
- Afw = Luas dinding carbonat yg terkena sinar matahari (m<sup>2</sup>)
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>.°C)
- ṁ = Laju massa udara (kg/s)
- cp = Panas spesifik udara (kJ/kg. °C)
- U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m<sup>2</sup>)
- Aw = Luas keseluruhan dinding (m<sup>2</sup>)
- Ta = Temperatur udara luar / lingkungan (°C)
- Af = Luas lantai ruang pengering(°C)
- Tf = Temperatur lantai (°C)
- K = Koefisien perpindahan panas konduksi (W/m.°C)
- τ.α = Konstanta tranmisi dan absorpsi dari polycarbonat
- Δx = Ketebalan lantai (m)
- T<sub>tku</sub> = Temperatur heat exchanger (°C)

**2.2 Simulasi**

Perhitungan pada kondisi *unsteady state* dilakukan untuk menduga/ menggambarkan berapa kebutuhan panas yang diperlukan untuk mencapai suhu/temperatur ruang yang diinginkan. Persamaan *unsteady state* bisa memberikan gambaran perubahan suhu terhadap waktu, berikut ini persamaan yang digunakan dalam simulasi :

a. Kestimbangan energi dalam ruang pengering

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = \tau.\alpha.I.A_{fw} + h.A_f.(T_f - T_r) - U.A_w.(T_r - T_a).....(1)$$

b. Kestimbangan energi untuk temperatur lantai

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_f}{dt} = -(h.A_f)(T_f - T_r) + \tau.\alpha.I.A_f - K.A_f \frac{(T_f - T_{fo})}{\Delta x}.....(2)$$

c. Kestimbangan energi dalam ruang pengering dengan tungku pemanas

$$\dot{m}.c_p \frac{dT_r}{dt} = -U.A_w.(T_r - T_a) + \dot{m}.c_p (T_{tku} - T_r) - \dot{m}.c_p (T_r - T_a).....(3)$$

Model- model yang digunakan diatas (persamaan 1 sampai 3) diselesaikan secara simultan.

Kofesien perpindahan panas konveksi pada lantai ruang pemanas dihitung menggunakan persamaan bilangan Grashof dan bilangan Nusselt, berikut persamaan yang digunakan (Raldi Artono K, 2002) :

$$Gr_L = \frac{g.\beta(T_f - T_r).L^3}{\bar{h}.L \nu^2}.....(4)$$

$$Nu = \frac{\bar{h}.L}{k} = 0,14(Gr.Pr)^{1/3}.....(5)$$

Koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk dinding dari ruang pemanas dihitung



dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i \cdot A_i} + \frac{\Delta x}{k \cdot A} + \frac{1}{h_o \cdot A_o}} \dots\dots\dots(6)$$

Sedangkan besarnya irradiasi surya disimulasikan dengan menggunakan persamaan (Kamaruddin A, M.Azron K, Katsumi Fujii, 1989):

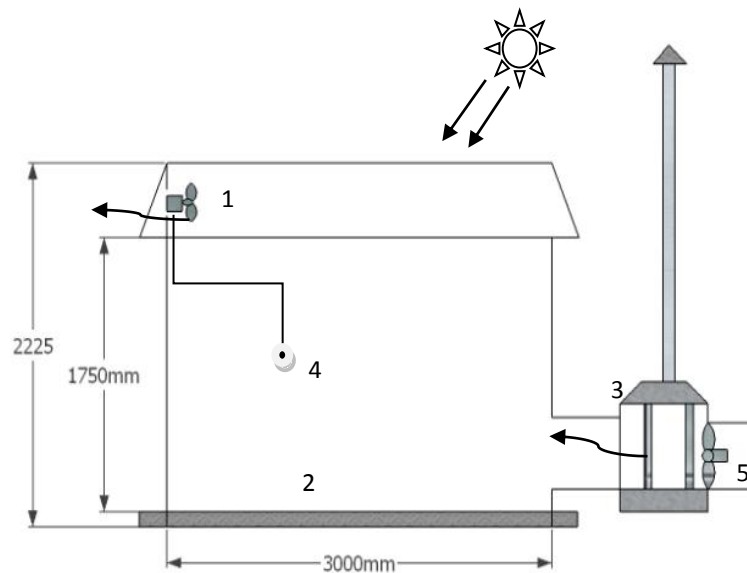
$$I_t = a_o \cdot \sin \frac{\pi \cdot n}{t} + b \dots\dots\dots(7)$$

Tabel 2. Data awal yang digunakan dalam simulasi

	Simbol (Satuan)	Nilai
• Debit udara	m (kg/s)	0.128
• Panas spesifik udara	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	1.007
• Koefesien perpindahan panas lantai	h (W/m <sup>2</sup> .K)	3.1
• Koefesien perpindahan panas overall dinding	U (W/m <sup>2</sup> .K)	2
• Luas dinding	A <sub>w</sub> (m <sup>2</sup> )	28
• Luas lantai	A <sub>f</sub> (m <sup>2</sup> )	6
• Transmisivitas dan absorptivitas dinding	α.T	0.8
Suhu Tungku	T <sub>tku</sub> (°C)	80
Suhu lingkungan	T <sub>a</sub> (°C)	31
Irradiasi surya	I (W/m <sup>2</sup> )	200

### III. PERALATAN PERCOBAAN

Dimensi dari ruang pemanas ini adalah panjang 3m, lebar 2m dan tinggi 2,25 m. Lantai dari batu bata yang berwarna hitam dindingnya menggunakan polycarbonate pada dindingnya terdapat *butterfly* (pintu udara) dan satu buah kipas angin dibagian samping atas untuk sirkulasi udara .



Gambar 1. Skema alat Percobaan

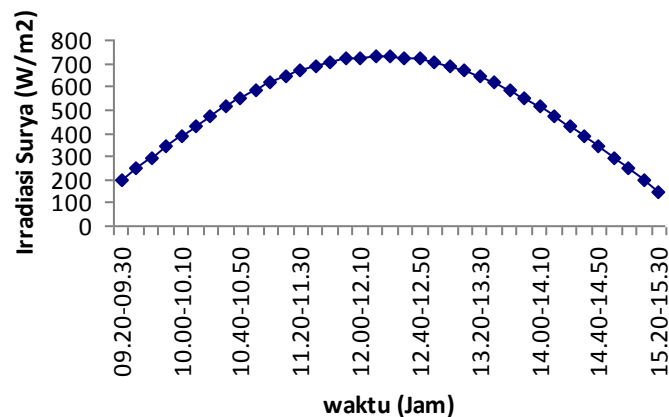
Keterangan gambar :

1. Kipas outlet
2. Lantai
3. Tungku biomassa
4. Sensor temperatur
5. Kipas inlet

#### IV. HASIL & ANALISA

Hasil simulasi terhadap ruang pemanas ini terdiri dari simulasi irradiansi surya, simulasi suhu ruang pemanas tanpa tungku bimassa, simulasi suhu lantai ruang pemanas dan simulasi suhu ruang pemanas dengan tungku biomassa.

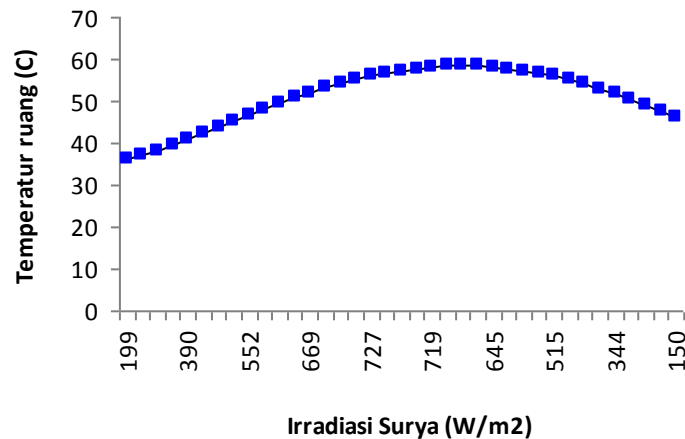
##### 4.1. Simulasi Irradiansi Surya.



Gambar 2. Grafik hubungan irradiansi surya ruang dengan waktu

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai besarnya irradiansi surya yang masuk kedalam ruang pemanas selama proses pengujian berlangsung, dari gambar 1 diatas dapat terlihat bahwa irradiansi surya terbesar yaitu  $731 \text{ W/m}^2$  pada pukul 12.30 WIB dan intensitas terkecil  $150 \text{ W/m}^2$  pada pukul 15.30 WIB

#### 4.2 Simulasi Suhu Ruang Pemanas Tanpa Tungku biomassa



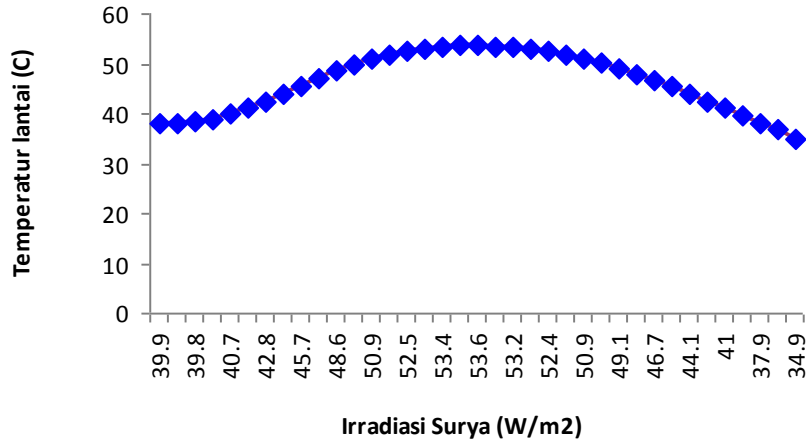
Grafik 3. Grafik hubungan temperatur ruang dengan irradiansi surya

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai temperatur ruang pemanas, dari gambar 3 dan tabel 3 dapat dilihat bahwa suhu ruang pemanas di pengaruhi oleh besarnya irradiansi surya dimana semakin besar irradiansi surya maka semakin besar pula temperatur ruang, temperatur ruang tertinggi  $53.01 \text{ }^\circ\text{C}$  terjadi pada saat irradiansi surya  $731 \text{ W/m}^2$ , dan terendah  $35.96$  pada  $150 \text{ W/m}^2$ .

Tabel 3. Data hasil simulasi temperatur ruang pemanas

No	Waktu (t)	$T_a$ (C)	$\tau \cdot \alpha \cdot A_{fw}$ ( $\text{m}^2$ )	$h \cdot A_f$ ( $\text{W/m}^2$ )	$U \cdot A_w$ ( $\text{W/m}^2$ )	$I$ ( $\text{W/m}^2$ )	$T_r$ (C)
1	0.167	30	4.2	18.6	126	199.319	37.97
2	0.334	30	4.2	18.6	126	248.282	37.99
3	0.501	30	4.2	18.6	126	296.538	38.18
4	0.668	30	4.2	18.6	126	343.738	38.62
5	0.835	30	4.2	18.6	126	389.542	39.34

### 4.3 Temperatur Lantai Tanpa Tungku biomassa



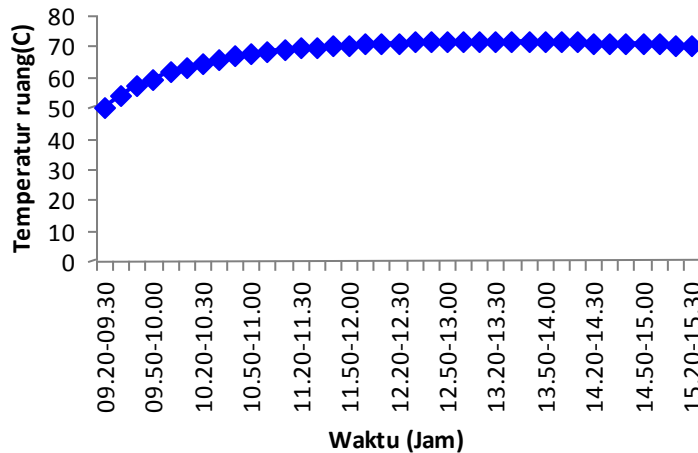
Gambar 4. Grafik hubungan temperatur lantai dengan irradiasi surya

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai temperatur lantai dari ruang pemanas, dari gambar 4 dan tabel 3 dapat dilihat bahwa temperatur lantai dipengaruhi oleh temperatur ruang pemanas dan irradiasi surya. Temperatur lantai tertinggi 53.57 °C terjadi pada saat irradiasi surya 731 W/m<sup>2</sup>, dan terendah 34.87 °C pada 150 W/m<sup>2</sup>.

Tabel 4. Data hasil simulasi temperatur lantai

No	Waktu (t)	T <sub>a</sub> (C)	$\tau \cdot \alpha \cdot A_{fw}$ (m <sup>2</sup> )	h. A <sub>f</sub> (W/m <sup>2</sup> )	U. A <sub>w</sub> (W/m <sup>2</sup> )	I (W/m <sup>2</sup> )	T <sub>s</sub> (C)	T <sub>f</sub> (C)
1	0.167	30	4.2	18.6	126	199.319	31	39.86
2	0.334	30	4.2	18.6	126	248.282	31	39.73
3	0.501	30	4.2	18.6	126	296.538	31	39.75
4	0.668	30	4.2	18.6	126	343.738	31	40.03
5	0.835	30	4.2	18.6	126	389.542	31	40.66

#### 4.4 Temperatur Ruang dengan Tungku Biomassa.



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur ruang hasil simulasi dengan temperatur ruang hasil percobaan dengan pemanas tambahan dari tungku biomassa.

Simulasi ini untuk mendapatkan gambaran mengenai temperatur ruang pemanas dengan pemanas tambahan dari tungku biomassa, dari gambar 5 dan table 4 dapat dilihat bahwa bahwa temperatur ruang dengan panas tambahan dari tungku biomassa sangat dipengaruhi oleh irradiasi surya dan suhu tungku biomasanya.

Tabel 5. Data hasil simulasi temperatur ruang dengan tambahan tungku biomassa

No	Waktu (t)	$T_a$ (C)	$\tau \cdot \alpha \cdot A_{fw}$ ( $m^2$ )	$h \cdot A_f$ ( $W/m^2$ )	$U \cdot A_w$ ( $W/m^2$ )	$I$ ( $W/m^2$ )	$T_t$ (C)	$T_r$ (C)
1	0.167	30	4.2	18.6	126	80.55	80	55.82
2	0.334	30	4.2	18.6	126	110.87	80	61.09
3	0.501	30	4.2	18.6	126	140.76	80	63.67
4	0.668	30	4.2	18.6	126	169.99	80	64.93
5	0.835	30	4.2	18.6	126	198.36	80	65.57

#### V. KESIMPULAN

- Temperatur ruang pemanas tanpa tungku biomassa paling tinggi adalah 58.4 °C dan temperatur lantai ruang pemanas paling tinggi 53.6 °C pada irradiasi surya 731 W/m<sup>2</sup>.
- Temperatur ruang pemanas dengan tambahan tungku biomassa agar berada diatas temperatur 50 °C dibutuhkan temperatur keluaran tungku yang masuk kedalam ruang pemanas minimal 80 °C, untuk irradiasi surya sekitar 100 W/m<sup>2</sup>.

**VI. DAFTAR PUSTAKA**

1. Kamaruddin Abdullah. **Rancangan Sistem Termal**. CREATA – LP IPB .Bogor 1997.
2. Kamaruddin Abdullah, A.H Tambunan, Harsono Soepardjo. **Penerapan Energi Terbarukan Untuk Proses Termal**. LPPM IPB. Bogor 2005.
3. Endriyani, Abdurrachim, adjar Pratoto. **Analisis Efisiensi Pengeringan Ikan Nila Pada Pengering surya Aktif Tidak langsung**. April 2009.
4. Raldi Artono K. **Perpindahan Kalor**. Penerbit Salemba Teknik 2002.
5. Kamaruddin Abdullah, M. Azron Dhalhar, Katsumi Fujii. **Matematika Terapan**. IPB 1989.

(\* , \*\* Dosen Teknik Mesin Universitas Darma Persada

## ALTERNATIF SOLUSI PROSES PRODUKSI DENGAN MINIMASI ANTRIAN DAN COST

Ade Supriatna\*

### ABSTRACK

*Limitations of equipment for production processes, often a source of raw materials for processing queue. The basic components consist of the arrival queue, service, queue. Simulation is a collection of methods and applications to mimic the behavior of real systems. Data was collected through observation and interview methods. The data contains the time and distances between work stations, as well as cost data. Data inter-arrival time of 20 minutes, the time A 20-minute examination materials, examination materials B time 10 minutes, the time of examination materials C 5 minutes, the time machine process Fryma 150 minutes, the machine processing time 45 minutes Double Jacket, QC inspection time 15 minutes, time packaging products range from 20 minutes, Filling machine processing time 4 minutes, 10 minutes of time packing boxes. Cost data consist of an interest rate of 6%, the initial value, residual value, the cost of electricity of Rp. 25.000.000, taxes and insurance at 10% of initial value, as well as direct labor costs. The simulation results show that the longest queue occurs at work station Fryma machine with a maximum queue length of 102 units, the average queue length of 49.050 units, the average queuing time of 412.97 minutes. In the analysis obtained the maximum queue length becomes Fryma machine by 39 units, the average queue length of 18.838 units, the average queuing time of 408.45 minutes. On machine 2 Fryma maximum queue length of 53 units, the average queue length of 24.478 units, the average queuing time of 395.16 minutes. From the analysis of substitutes, the third alternative is to increase the working hours of employees provides cost equivalent to the most minimum of Rp. 76,828,250.*

**Keywords** : Antrian, Arena, Simulasi

### I. PENDAHULUAN

Banyaknya varietas produk dengan keterbatasan sumber daya yang dimiliki perusahaan khususnya dalam hal produksi menyebabkan berbagai hal, seperti terjadinya keterlambatan produksi sehingga berakibat tidak tercapainya target produksi. Keterlambatan ini sebagai imbas dari macetnya proses produksi atau tidak lancarnya aliran material. Ketidاكلancaran ini sering menyebabkan antrian mesin pada proses produksi. Berdasarkan hal tersebut permasalahan pada penelitian ini adalah :

Solusi alternatif apa yang sebaiknya diambil perusahaan untuk mengatasi masalah antrian pada proses produksi dengan menggunakan *software* Arena berdasarkan asumsi *Interest Rate* pada penelitian sebesar 6% berdasarkan suku bunga Bank saat ini.

### II. TINJAUAN TEORI

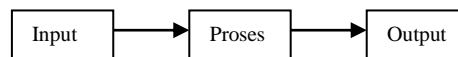
Penelitian ini akan menggunakan simulasi untuk menggambarkan antrian yang terjadi pada proses produksi. Dasar penyelesaian permasalahan tersebut adalah:

### Konsepsi Sistem

Konsepsi sistem adalah penyajian komponen-komponen pembentuk sistem ke dalam suatu definisi yang mantap. Konsep sistem memiliki beberapa aspek yang mempunyai makna untuk suatu tujuan tertentu. Aspek-aspek tersebut dipergunakan untuk menjelaskan suatu realita (obyek) agar dapat disebut sebagai sistem.

Aspek-aspek tersebut adalah: Elemen sistem, Atribut dan elemen Sistem, Kuantitas dan Variabel Utama dari Sistem, parameter Sistem, Struktur Sistem, Proses Sistem, Batas Sistem, Kontrol, Definisi Kontrol, Sistem Lup Terbuka, Sistem Kontrol Lup Tertutup, Input – Prosesor – Output, Prosesor Sebagai Sebuah Kotak Hitam, Kontrol dan Umpan Balik, Kontrol Umpan ke Depan.

Kerangka dasar sistem dapat digambarkan dengan formula sederhana berikut ini.



Gambar 1. Sistem

### Sistem Antrian

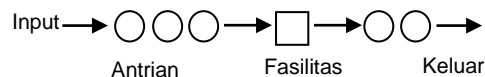
Saat ini teori antrian banyak diterapkan dalam bidang bisnis (bank, super market), industri (pelayanan mesin otomatis, penyimpanan), transportasi (pelabuhan udara, pelabuhan laut, jasa-jasa pos), dan masih banyak masalah sehari-hari yang lain. Tujuan penggunaan teori antrian adalah untuk merancang fasilitas pelayanan untuk mengatasi permintaan pelayanan yang berfluktuasi secara random dan menjaga keseimbangan antara biaya (waktu nganggur) pelayanan dan biaya (waktu) yang diperlukan selama antri.

Klasifikasi menurut Hillier dan Lieberman adalah sebagai berikut:

- 1) Sistem pelayanan komersil.
- 2) Sistem pelayanan bisnis-industri.
- 3) Sistem pelayanan transportasi.
- 4) Sistem pelayanan 20ocial.

### Komponen Dasar Antrian

Komponen dasar proses antrian adalah: kedatangan, pelayan dan antri. Komponen-komponen ini disajikan pada gambar berikut.



Gambar 2 sistem antrian

- **Kedatangan**  
Unsur ini sering dinamakan *proses input*. Proses input meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan variabel acak.
- **Pelayan**  
Pelayan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan. Tiap-tiap fasilitas pelayanan kadang-kadang disebut sebagai saluran (*channel*) (Schroeder, 1997).



- Antri  
Inti dari analisa antrian adalah antri itu sendiri. Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Penentu antrian lain yang penting adalah *disiplin antri*. Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri, misalnya, datang awal dilayani dulu yang lebih dikenal dengan singkatan FSCS datang terakhir

### Struktur Dasar Proses Antrian

Proses antrian pada umumnya dikelompokkan kedalam empat (4) struktur dasar menurut sifat-sifat fasilitas pelayanan, yaitu:

1. Satu saluran satu tahap (*Single Channel – Single Phase*).
2. Banyak saluran satu tahap (*Single Channel – Multi Phase*).
3. Satu saluran banyak tahap (*Multi Channel – Single Phase*).
4. Banyak saluran banyak tahap (*Multi Channel – Multi Phase*).

Banyaknya saluran dalam proses antrian adalah jumlah pelayanan paralel yang tersedia. Banyaknya tahap menunjukkan jumlah pelayanan berurutan yang harus dilalui oleh setiap kedatangan. Empat kategori yang disajikan di atas merupakan kategori dasar. Masih terdapat banyak variasi struktur antrian yang lain.

### Disiplin Antrian

Menurut Siagian (1987), ada lima (5) bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan, yaitu:

1. *First Come – First Served (FCFS)* atau *First In – First Out (FIFO)*.
2. *Last Come – First Served (LCFS)* atau *Last In – First Out (LIFO)*.
3. *Service In Random Order (SIRO)*.
4. *Priority Service (PS)*.
5. *General Service Discipline (GD)*.

### Model – Model Antrian

Pada pengelompokkan model-model antrian yang berbeda-beda akan digunakan suatu notasi yang disebut dengan Notasi Kendall. Kita tidak dapat membahas seluruh model antrian yang dapat dikembangkan melalui kombinasi populasi masukan seperti sumber-sumber langganan, mekanisme pelayanan dan karakteristik dari disiplin antrian. Oleh karena itu, kita hanya membahas beberapa model yang diklasifikasikan berdasarkan format berikut ini (Riset Operasi, Jilid 2, Hamdy A. Taha, hal. 186).

Format umum model:

$$(a/b/c);(d/e/f) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- a. Distribusi kedatangan (*arrival distribution*).
- b. Distribusi waktu pelayanan (keberangkatan).
- c. Jumlah saluran pelayanan paralel dalam sistem.
- d. Disiplin pelayanan.
- e. Jumlah maksimum yang diperkenankan berada dalam sistem (dalam pelayanan ditambah garis tunggu).

f. Besarnya populasi masukan.

### **Konsep Dasar Tentang Ekonomi Teknik**

Kebanyakan proyek bisa diselesaikan dengan berbagai alternatif yang berbeda. Hampir semua keputusan bisnis juga melibatkan pemilihan lebih dari satu alternatif, walaupun alternatif itu mungkin hanya pilihan antara melakukan perubahan atau tidak melakukan perubahan (yang sering dikenal dengan alternatif *Do Nothing*). Pemilihan cara atau alternatif yang terbaik akan melibatkan alat ekonomi teknik. Dengan kata lain, bukanlah hal yang umum untuk memutuskan tanpa didahului suatu analisa yang bisa dipertanggungjawabkan.

### **Depresiasi**

Depresiasi dan pajak adalah dua faktor yang sangat penting dipertimbangkan dalam studi ekonomi teknik. Pengetahuan yang baik tentang depresiasi dan system pajak akan sangat membantu dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan investasi. Depresiasi pada dasarnya adalah penurunan nilai suatu properti atau aset karena waktu dan pemakaian. Depresiasi pada suatu properti atau aset biasanya disebabkan karena satu atau lebih faktor-faktor berikut:

1. Kerusakan fisik akibat pemakaian dari alat atau property tersebut.
2. Kebutuhan produksi atau jasa yang lebih baru dan lebih besar.
3. Penurunan kebutuhan produksi atau jasa.
4. Properti atau aset tersebut menjadi using karena adanya perkembangan teknologi.
5. Penemuan fasilitas-fasilitas yang bisa menghasilkan produk yang lebih baik dengan ongkos yang lebih rendah dan tingkat keselamatan yang lebih memadai.

Besarnya depresiasi tahunan yang dikenakan pada suatu property akan tergantung pada beberapa hal yaitu (1) ongkos investasi dari property tersebut, (2) tanggal pemakaian awalnya, (3) estimasi masa pakainya, (4) nilai sisa yang ditetapkan, dan (5) metode depresiasi yang digunakan.

### **Dasar perhitungan depresiasi**

Berbagai pengeluaran yang terjadi pada saat produksi adalah termasuk pengeluaran yang dikurangkan dari pendapatan sebelum pendapatan tersebut dikenakan pajak (*tax deductible*). Sebagai contoh, pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan tenaga kerja, bahan, perawatan, asuransi, tingkat bunga, dan sebagainya dikurangkan secara langsung pada saat dipakai sehingga pendapatan yang kena pajak telah dikurangi terlebih dahulu dengan peneluaran-pengeluaran di atas. Di sisi lain, pemakaian fasilitas-fasilitas produksi seperti gedung, mesin-mesin, kendaraan, hak paten, dan sebagainya bukanlah pengeluaran yang terjadi secara langsung seperti halnya item-item di atas, tetapi merupakan pengeluaran tak langsung sehingga diwujudkan dalam bentuk depresiasi.

Nilai awal atau sering juga disebut dasar depresiasi (*depreciation base*) adalah harga awal dari suatu properti atau aset yang terdiri dari harga beli, ongkos pengiriman, ongkos instalasi, dan ongkos-ongkos lain yang terjadi pada saat menyiapkan aset atau properti tersebut sehingga siap dipakai.

Nilai sisa adalah nilai perkiraan suatu aset pada akhir umur depresiasinya. Nilai sisa biasanya merupakan pengurangan dari nilai jual suatu aset tersebut dengan biaya yang dibutuhkan untuk mengeluarkan atau memindahkan aset tersebut.

Nilai buku suatu aset pada suatu saat adalah nilai investasi setelah dikurangi dengan total nilai depresiasi sampai saat itu. Sedangkan nilai jual suatu aset mengacu pada jumlah uang yang bisa diperoleh bila aset tersebut dijual di pasar bebas. Hampir selalu bisa dipastikan nilai buku suatu aset tidak sama dengan nilai jualnya. Nilai jual suatu aset lebih penting dipertimbangkan apabila kita melakukan studi ekonomi teknik untuk mengambil keputusan yang berkaitan dengan alternatif-alternatif investasi.

### **Analisa Penggantian**

Setiap peralatan yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari memiliki keterbatasan umur atau masa pakai sehingga apabila alat yang masih dibutuhkan pada akhir masa pakainya maka diperlukan proses penggantian dengan alat serupa yang baru. Kebijakan untuk menentukan kapan suatu alat harus diganti tidak cukup hanya dilihat dari kondisi fisik alat tersebut, namun yang lebih penting adalah pertimbangan-pertimbangan ekonomis yang berkaitan dengan alternatif pemakaian atau pengantiannya dengan alat yang baru.

Ada beberapa alasan kenapa proses penggantian peralatan perlu dilakukan, diantaranya adalah:

1. Adanya peningkatan permintaan terhadap suatu produk sehingga dibutuhkan fasilitas produksi yang memiliki kapasitas yang lebih besar.
2. Kebutuhan untuk perawatan pada alat-alat yang dimiliki sudah berlebihan sehingga alat tersebut dinilai tidak ekonomis untuk dipakai, walaupun secara fisik masih tetap berfungsi.
3. Terjadi penurunan fungsi fisik peralatan sehingga akan berakibat menurunnya efisiensi operasi dari alat tersebut.
4. Adanya alternative untuk menyewa suatu peralatan dan kebijakan ini lebih ekonomis dari membeli atau memiliki sendiri alat tersebut.
5. Terjadi keusangan (obsolescence) dari suatu peralatan karena berkembangnya alat-alat baru dengan tingkat teknologi yang lebih canggih.

Ada beberapa konsep dasar yang harus dipahami dalam melakukan analisa penggantian suatu peralatan, antara lain:

1. Konsep defender dan challenger
2. Konsep sunk cost
3. Sudut pandang dari luar system
4. Umur ekonomis suatu peralatan

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

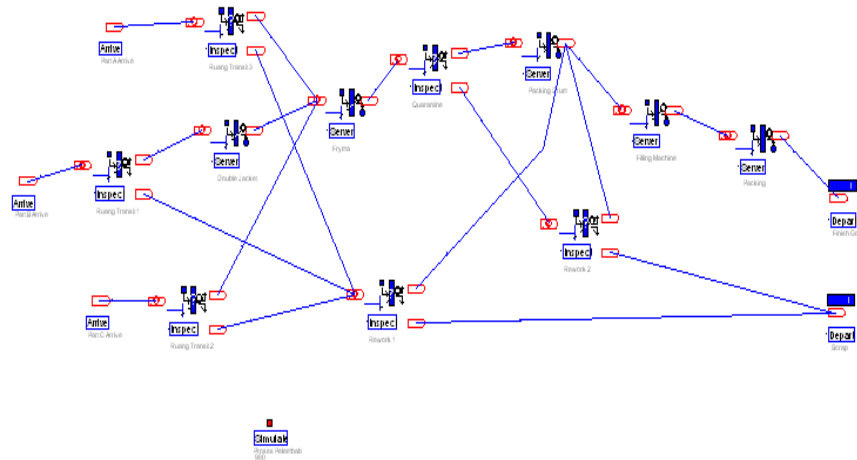
Data yang di perlukan terdiri dari data-data waktu proses produksi pelembab, yaitu:

1. Waktu Kedatangan Bahan Baku.
2. Waktu Proses Produksi (Pemeriksaan bahan A,B,C ; Proses Fryma ; Proses Double Jacket ; Pemeriksaan QC ; Packing Drum ; *Filling Machine* ; *Packing box*).
3. Jarak dan Waktu Antar Stasiun

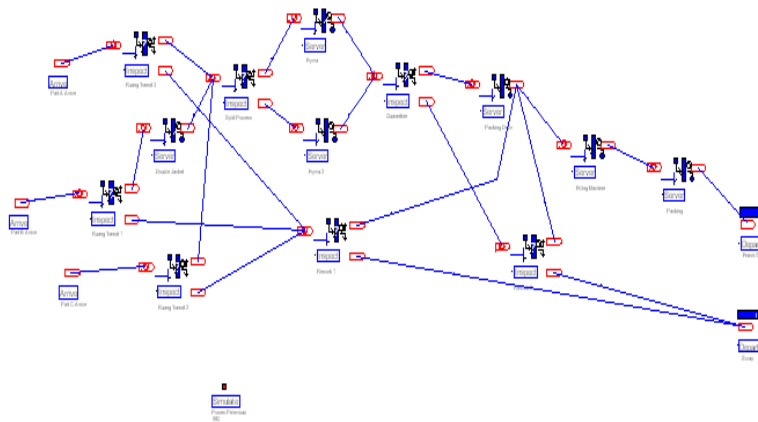
Jarak dan waktu antar stasiun ialah jarak dari satu tempat ketempat yang lain dan berapa

waktu yang harus ditempuh.

### Simulasi Arena pada Kondisi Awal



### Simulasi Arena pada Kondisi Analisis



Hasil Simulasi Arena pada Kondisi Awal

ARENA Simulation Results					
Agus RH - License #9400000					
Summary for Replication 1 of 1					
Project: Proses Pelembab	Run execution date : 5/ 9/2010				
Analyst: Citra	Model revision date: 15/ 2/2010				
Replication ended at time	: 980.0				
TALLY VARIABLES					
Identifler	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
Double Jacket_R_Q Queu	266.07	(Insuf)	.00000	539.89	22
Ruang Transit 3_R_Q Qu	18.319	(Insuf)	.00000	45.748	48
Scrap-Ta	87.454	(Insuf)	86.397	88.511	2
Filling Machine_R_Q Qu	.06134	(Insuf)	.00000	.85879	14
Quarantine_R_Q Queue T	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
Packing Drum_R_Q Queue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Finish Good-Ta	297.16	(Insuf)	121.74	813.07	12
Packing_R_Q Queue Time	.38962	(Insuf)	.00000	5.4547	14
Ruang Transit 1_R_Q Qu	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	51
Rework 1_R_Q Queue Tim	5.6722	(Insuf)	.00000	26.621	11
Fryma_R_Q Queue Time	412.97	(Insuf)	.00000	833.42	7
Ruang Transit 2_R_Q Qu	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	52
Rework 2_R_Q Queue Tim	--	--	--	--	0
DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifler	Average	Half width	Minimum	Maximum	Final Value
# in Ruang Transit 2_R	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
# in Filling Machine_R	8.7631E-04	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Packing Drum_R Availab	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Fryma_R_Q	49.050	(Insuf)	.00000	102.00	102.00
Ruang Transit 3_R Busy	.99076	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
# in Ruang Transit 1_R	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Ruang Transit 2_R Busy	.27421	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Filling Machine_R Busy	.06448	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ruang Transit 1_R Busy	.53137	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
# in Rework 2_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
# in Double Jacket_R_Q	13.827	(Insuf)	.00000	27.000	27.000
# in Rework 1_R_Q	.06367	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Packing Drum_R Busy	.04291	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ruang Transit 3_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Ruang Transit 2_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Double Jacket_R Busy	.98733	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Ruang Transit 1_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Filling Machine_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Quarantine_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Double Jacket_R Availa	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Rework 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Packing_R_Q	.00557	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Rework 1_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Rework 2_R Busy	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Packing_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Fryma_R Busy	.98956	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Rework 1_R Busy	.33673	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Quarantine_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Packing Drum_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Quarantine_R Busy	.01224	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Packing_R Busy	.12637	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Fryma_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Ruang Transit 3_R	.94292	(Insuf)	.00000	3.0000	2.0000
COUNTERS					
Identifler	Count	Limit			
Finish Good_C	12	Infinite			
Scrap_C	2	Infinite			
Simulation run time: 2.87 minutes.					
Simulation run complete.					

**Hasil Simulasi Arena pada Kondisi Analisis**

ARENA Simulation Results Agus RH - License #9400000					
Summary for Replication 1 of 1					
Project: Proses Pelembab			Run execution date : 5/12/2010		
Analyst: Citra			Model revision date: 15/ 2/2010		
Replication ended at time : 980.0					
TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Observations
Fryma 2_R_Q Queue Time	395.16	(Insuf)	.00000	756.06	7
Ruang Transit 3_R_Q Qu	17.554	(Insuf)	.00000	35.754	48
Double Jacket_R_Q Queu	235.55	(Insuf)	.00000	457.05	22
Scrap-Ta	71.902	(Insuf)	71.520	72.490	3
Filling Machine_R_Q Qu	.05871	(Insuf)	.00000	1.3503	23
Packing Drum_R_Q Queue	.03702	(Insuf)	.00000	.85150	23
Quarantine_R_Q Queue T	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	11
Packing_R_Q Queue Time	1.0195	(Insuf)	.00000	7.1386	22
Finish Good-Ta	334.68	(Insuf)	127.94	797.25	21
Rework 1_R_Q Queue Tim	7.2284	(Insuf)	.00000	26.782	16
Ruang Transit 1_R_Q Qu	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	50
Fryma_R_Q Queue Time	408.45	(Insuf)	.00000	799.61	7
Rework 2_R_Q Queue Tim	--	--	--	--	0
Ruang Transit 2_R_Q Qu	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	50
Split Process_R_Q Queu	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	107
DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half width	Minimum	Maximum	Final Value
Packing Drum_R Availab	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Filling Machine_R	.00138	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
# in Ruang Transit 2_R	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
# in Ruang Transit 1_R	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Ruang Transit 3_R Busy	.99796	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
# in Fryma_R_Q	18.838	(Insuf)	.00000	40.000	39.000
Fryma 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Filling Machine_R Busy	.09448	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ruang Transit 2_R Busy	.26475	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
# in Rework 2_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Ruang Transit 1_R Busy	.52838	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Packing Drum_R Busy	.05971	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
# in Rework 1_R_Q	.11801	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
# in Double Jacket_R_Q	10.554	(Insuf)	.00000	21.000	21.000
Ruang Transit 3_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Split Process_R Busy	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Ruang Transit 2_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Split Process_R Availa	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Fryma 2_R Busy	.97212	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
# in Quarantine_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Filling Machine_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Ruang Transit 1_R Avai	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Double Jacket_R Busy	.98488	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
# in Packing_R_Q	.02289	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Rework 2_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Double Jacket_R Availa	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Packing_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Rework 2_R Busy	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Rework 1_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Split Process_R_Q	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Rework 1_R Busy	.48980	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Fryma_R Busy	.92917	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
# in Fryma 2_R_Q	24.478	(Insuf)	.00000	53.000	53.000
Quarantine_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
# in Packing Drum_R_Q	8.6887E-04	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Packing_R Busy	.21286	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Quarantine_R Busy	.02306	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
# in Ruang Transit 3_R	.88590	(Insuf)	.00000	2.0000	2.0000
Fryma_R Available	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
COUNTERS					
Identifier	Count	Limit			
Scrap_C	3	Infinite			
Finish Good_C	21	Infinite			
Simulation run time: 3.07 minutes. Simulation run complete.					

### Perhitungan Ongkos Ekuivalen dengan Analisa Penggantian

Pada kondisi awal dari hasil simulasi menggunakan Arena, dapat dilihat pada *Arena Simulation Report* bahwa terjadi antrian pada stasiun kerja Fryma. Pada stasiun kerja ini panjang antrian maksimum ada sebanyak 102 unit, rata-rata panjang antrian sebesar 49.050 unit dengan waktu rata-rata antrian sebesar 412.97 menit dan mempunyai utilitas/tingkat kesibukan sebesar 98.95%. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada *Arena Simulation Report* yaitu pada bagian *Discrete-Change Variables*.

Pada *Arena Simulation Report* bagian ketiga yaitu *Counters* terdapat informasi mengenai jumlah *output* yang dihasilkan percobaan simulasi menggunakan Arena pada kondisi awal dan kondisi analisis. Pada kondisi awal dimana hanya menggunakan satu mesin saja jumlah *output finish good* sebanyak 12 unit.

Hampir semua keputusan melibatkan pemilihan lebih dari satu alternatif, walaupun alternatif itu mungkin hanya pilihan antara melakukan perubahan atau tidak melakukan perubahan (yang sering dikenal dengan alternatif *Do Nothing*). Pemilihan cara atau alternatif yang terbaik akan melibatkan alat ekonomi teknik. Ekonomi teknik adalah salah satu analisa pengambilan keputusan kuantitatif yang menitik beratkan pada ekonomi di bidang teknik.

Dari perbandingan ongkos ekuivalen, pada alternatif pertama mempunyai ongkos ekuivalen tahunan sebesar Rp.190.888.250, alternatif kedua sebesar Rp.164.488.250, dan alternatif ketiga sebesar Rp.76.828.250. Terlihat bahwa alternatif ketiga yaitu dengan penambahan jam kerja atau lembur memberikan ongkos ekuivalen tahunan paling minimum yaitu sebesar Rp. 76.828.250 dibandingkan alternatif pertama maupun alternatif kedua.

Dari hasil analisa awal, antrian panjang terjadi pada stasiun kerja Fryma. Sehingga pada kondisi analisis ditambahkan mesin Fryma sebanyak satu (1) unit untuk mengurangi antrian yang terjadi pada kondisi awal. Setelah simulasi dijalankan dan dari *Arena Simulation Report* dapat dilihat bahwa terdapat penurunan panjang antrian pada stasiun kerja Fryma 1 panjang antrian maksimum menjadi sebanyak 39 unit, rata-rata panjang antrian sebesar 18.838 unit dengan waktu rata-rata antrian sebesar 408.45 menit. Sedangkan pada stasiun kerja Fryma 2 panjang antrian maksimum sebanyak 53 unit, rata-rata panjang antrian sebesar 24.478 unit dengan waktu rata-rata antrian sebesar 395.16 menit.

Sesuai hasil pada pengolahan data dan setelah dilakukan analisa, menunjukkan bahwa kondisi analisis jauh lebih baik dari kondisi awal. Hal ini dapat dilihat dari panjang antrian maksimum yang lebih kecil dari kondisi awal, sehingga dengan keadaan ini perusahaan dapat meningkatkan hasil produksi serta tidak terjadi lagi keterlambatan produksi. Hal ini dapat dilihat dengan melihat jumlah *output* pada simulasi arena yang tadinya 12 unit, maka pada penambahan mesin pada kondisi analisis menjadi 21 unit.

Pengambilan keputusan pada ekonomi hampir selalu berkaitan dengan penentuan yang

terbaik dari alternatif-alterantif yang tersedia.

Evaluasi alternatif-alternatif investasi dalam ekonomi teknik dilakukan dengan dasar perbedaan ekonomis yang bisa ditunjukkan oleh masing-masing alternatif. Cara yang paling umum dilakukan dalam melihat performansi ekonomi dari suatu alternatif investasi adalah dengan melakukan estimasi aliran uang (*cash flow*) dari masing-masing alternatif.

Sehubungan dengan adanya penambahan mesin pada kondisi analisis, maka analisa penggantian dilakukan sebagai alternatif pengambilan keputusan untuk melihat apakah penambahan mesin baru memang perlu dilakukan atau apakah tetap memakai peralatan yang lama bisa ditetapkan sebagai dasar perhitungan yang ekonomis. Analisa dilakukan dengan memberikan tiga alternatif dengan menentukan ongkos ekuivalen tahunan.

Walaupun fakta menunjukkan bahwa studi analisa penggantian akan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengurangan ongkos, kebanyakan pengambil keputusan akan merasa enggan untuk segera melakukan proses penggantian pada saat yang optimal. Hal ini barangkali berkaitan dengan sikap individu yang biasanya cukup resisten terhadap perubahan. Beberapa alasan yang sering mengakibatkan ditundanya penggantian suatu aset dari waktu optimum yang disarankan antara lain adalah:

- Perusahaan masih menghasilkan profit dengan peralatan yang dipakainya saat ini.
- Peralatan yang dimiliki cukup baik dioperasikan dan bisa menghasilkan produk dengan kualitas yang bisa diterima.
- Manajemen cenderung untuk bersikap konservatif dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan peralatan-peralatan yang harganya mahal.
- Biasanya ada keterbatasan dana untuk membeli peralatan baru, sementara di sisi lain tidak ada keterbatasan dana untuk merawat peralatan yang ada.

#### IV. KESIMPULAN

1. Setelah dilakukan analisa, dapat dilihat bahwa pada kondisi awal waktu rata-rata antrian yang paling tinggi terjadi pada stasiun kerja Fryma yaitu sebesar 412.97 menit, panjang antrian maksimum sebesar 102 unit dengan rata-rata panjang antrian sebesar 49.050 unit. Setelah dilakukan perbaikan dan dianalisis, didapat waktu rata-rata antrian menjadi sebesar 408.45 menit, panjang antrian maksimum sebesar 39 unit dengan rata-rata panjang antrian sebesar 18.838 unit.
2. Pada penambahan mesin baru atau pada stasiun kerja Fryma 2 didapat waktu rata-rata antrian sebesar 395.16 menit, panjang antrian maksimum sebesar 53 unit dengan rata-rata panjang antrian sebesar 24.478 unit.
3. Analisa penggantian pada penelitian ini ditujukan untuk memberikan alternatif solusi/penyelesaian masalah antrian yang terjadi berdasarkan ongkos ekuivalen tahunan yang minimum. Berdasarkan hasil penghitungan dengan analisa penggantian, maka alternatif ketiga atau dengan penambahan jam tenaga kerja langsung memberikan ongkos ekuivalen tahunan paling minimum yaitu sebesar Rp. 76.828.250.



**V. DAFTAR PUSTAKA**

Altiok, T. – Melamed, B. *Simulation Modeling and Analysis With Arena*, Elsevier, Inc., USA, 2007.

FTUNPAS, Teknik Manajemen Industri, *Arena 3.01 Panduan Singkat*, Teknik Manajemen Industri UNPAS, Bandung, 2005.

Pujawan, Nyoman I, *Ekonomi Teknik, Edisi pertama, Cetakan Ketiga*, Penerbit Guna Widya, Surabaya, 2004.

Okmadanti Citrasari, Analisis Antrian proses Produksi Pelembab Sariayu Dengan Menggunakan Arena PT. Martina Berto, 2010

\* *Dosen Teknik Industri Universitas Darma Persada*

## PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN BAHAN DENGAN MENGGUNAKAN *MATERIAL REQUIREMENT PLANNING* (MRP)

Atik Kurnianto \*

### **Abstrak**

*MRP adalah suatu teknik atau prosedur yang sangat sistimatis untuk mengelola persediaan dalam suatu proses manufaktur, dimana terjadi tahapan proses hirarkis, yaitu bahan mentah diproses menjadi komponen, sub assembling, dan seterusnya, hingga menjadi produk akhir.*

*Sistem MRP mampu menghasilkan informasi untuk mendukung aksi yang tepat, baik berupa pembatalan pesanann, pemesanan ulang, atau penjadwalan ulang sehingga diperoleh pegangan untuk melakukan pembelian atau produksi.*

**Keywords :** *MRP*

### **I. PENDAHULUAN**

Untuk perencanaan dan pengendalian bahan/material, secara garis besar dapat dilakukan berdasarkan sifat kebutuhannya. Dikenal ada 2 (dua) sifat kebutuhan bahan, yaitu :

#### **1. Dependent Demand**

Pada *Dependent Demand*, penggunaan dalam perencanaan kebutuhan bahan diperuntukkan bagi perakitan produk.

#### **2. Independent Demand**

Pada *Independent Demand*, penggunaan dalam perencanaan kebutuhan bahan diperuntukkan bagi non-perakitan produk.

Sistem perencanaan dan pengendalian keduanya berbeda. Bagi *dependent demand*, system perencanaan dan pengendaliannya dilakukan dengan teknik MRP, sedangkan bagi yang *independent demand*, dilakukan dengan *lot size system* misal EOQ (*economic order quantity*) dan analisis ABC.

Dalam penerapannya, dapat terjadi bahwa system tersebut dapat dikerjakan secara bersama, asalkan manajer yang bertanggungjawab untuk hal tersebut, dapat mengerti bahwa ada 2 (dua) system yang ditanganinya.

### **II. SISTEM MRP**

MRP, pada dasarnya adalah pendekatan untuk penjadwalan dari setiap komponen/bahan/material yang akan dipakai untuk merakit produk jadi. Sehingga pada dasarnya, teknik ini dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut :

- a. Bahan/material/komponen **APA** yang diperlukan
- b. **BERAPA BANYAK** yang diperlukan
- c. **KAPAN** diperlukan
- d. **KAPAN** harus diadakan

## 2.1. INFORMASI SISTEM MRP

### 1. Jadwal Induk Produksi (*Master Schedule*)

Jadwal induk produksi menggambarkan **barang apa** yang akan diproduksi, **berapa banyak** (per satuan waktu), serta kapan perlu dikirimkan.

Jadwal induk produksi ini tentunya merupakan **hasil analisis** dari informasi-informasi dari luar, misalnya : Kapasitas mesin, bahan setengah jadi, dan sebagainya.

Sudah tentu suatu jadwal yang baik tergantung pada seberapa cermat info-info tadi dan seberapa baik analisisnya.

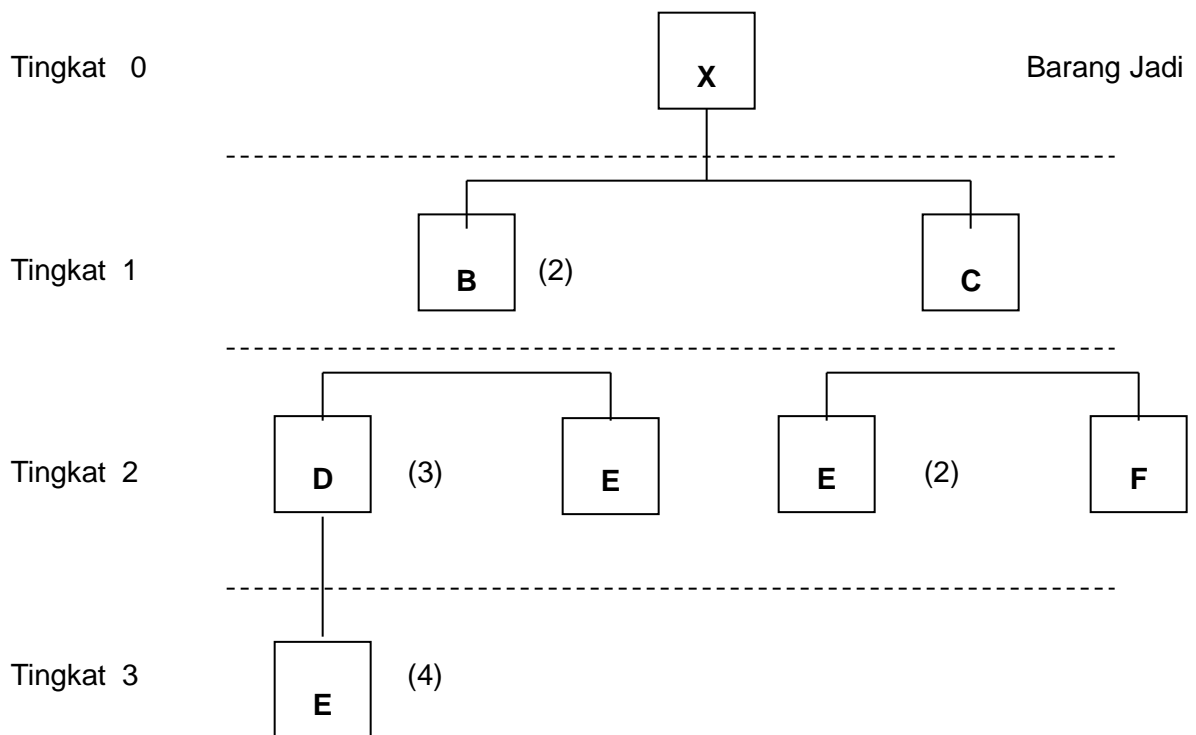
Perubahan-perubahan yang ada didalam jadwal induk produksi dalam pelaksanaannya nanti, sudah pasti akan berpengaruh kepada system MRP.

### 2. Struktur Produk (*Bill of Material = BOM*)

Struktur produk adalah uraian mengenai jumlah komponen, sub-komponen, suku-suku cadang, bahan baku yang dipakai untuk membuat satu unit produk. Jadi untuk setiap jenis produk yang diproduksi, masing-masing mempunyai BOM sendiri-sendiri.

Untuk setiap BOM per jenis produk jadi tadi, mungkin ada beberapa suku cadang, sub-komponen ataupun komponen yang "*over-lap*" satu dengan yang lainnya., sehingga perencanaannya perlu dipadukan antara satu jenis dengan yang lainnya.

## Contoh Bill of Material (BOM)

Gambar 1. : *Bill of Material (BOM)*

Keterangan :

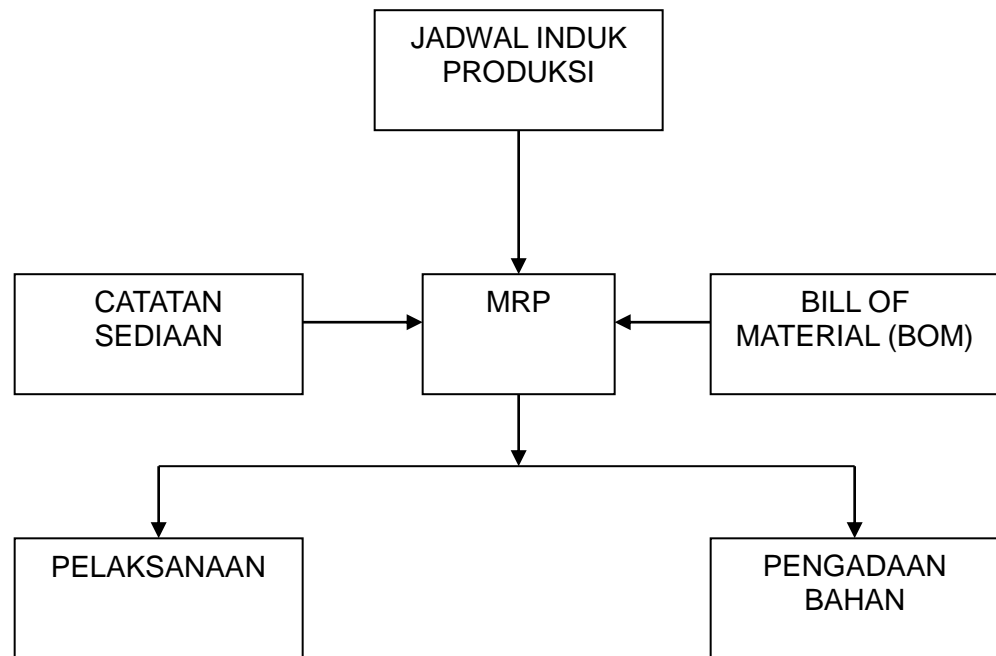
Angka yang dalam kurung menggambarkan jumlah sub-komponen diperlukan untuk merakit sub-komponen pada level yang lebih tinggi.

### 3. Catatan Keadaan Sediaan (*Inventory Record File*)

Catatan keadaan sediaan memberikan informasi mengenai jumlah sediaan komponen, sub-komponen, suku cadang dan sebagainya pada suatu saat tertentu. Catatan-catatan ini termasuk kebutuhan-kebutuhan dari setiap jenisnya, jadwal terima untuk bahan yang sudah dipesan serta perkiraan jumlah

ditangan yang siap untuk dipakai, termasuk lead-time untuk setiap jenisnya.

Secara diagrama, system perencanaan kebutuhan bahan (MRP) dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Sistem MRP

## 2.2. ISTILAH DALAM SISTEM MRP

Istilah yang dipergunakan dalam sistem MRP adalah sebagai berikut :

### 1. Kebutuhan Gross (*Gross Requirements*)

Perkiraan permintaan total dari setiap komponen/sub-komponen atau bahan baku setiap periode tertentu. Untuk barang jadi, jumlah permintaannya sama dengan angka-angka yang ada dalam jadwal untuk produksi (*master schedule*).

### 2. Ditangan (*On Hand*)

Perkiraan jumlah sediaan yang akan ditangan (siap pakai) pada awal dari setiap periode.

3. Kebutuhan Netto (*Net Requirement*)

Selisih antara kebutuhan gross dengan jumlah sediaan ditangan untuk setiap periode waktu.

4. Jadwal Terima (*Planned order receipts*)

Rencana datangnya sejumlah komponen yang telah dipesan dan diperkirakan tibanya sebelum periode penggunaannya.

5. Rencana Pelaksanaan Pesanan (*Planned order Releases*)

Jumlah setiap komponen/sub-komponen/bahan baku yang direncanakan **untuk diadakan**, agar setiap periode perencanaan, jumlah tersebut sudah tersedia/siap pakai dan cukup untuk memenuhi setiap kebutuhan gross dalam periode tersebut.

### 2.3 SIM UNTUK PENGENDALIAN DAN REVISI

Seperti dijelaskan tersebut di atas, bahwa masukan (input) sistem MRP terdiri dari Jadwal Induk Produksi, Daftar Struktur Produk dan Catatan Sediaan.

### 2.4 PERUBAHAN PADA INPUT

Apabila terjadi perubahan dalam **ketiga** masukan sistem MRP, misalnya :

1. Perubahan kuantitas, jenis barang yang direncanakan diproduksi, akan sangat mempengaruhi system MRP ini, sehingga kemungkinan system ini mengalami revisi dan penyesuaian-penyesuaian.
2. Perubahan desain pada produk, juga akan berpengaruh terhadap BOM besertajumlah komponen-komponennya. Hal ini akan berpengaruh terhadap system yang harus direvisi/disesuaikan.
3. Kerusakan-kerusakan/kehilangan/kadaluwarsanya sediaan juga bisa berpengaruh sama.

### 2.5 INFORMASI DARI OUTPUT

Dari segi keluaran (output) setiap periode atau tergantung dari kebutuhan dibuat laporan-laporan yang isinya dapat merupakan umpan balik untuk diadakan revisi/penyesuaian ataupun tidaknya dari sistem MRP.

### 1. Laporan Permintaan Pengadaan

Laporan ini berisi info-info atas setiap jumlah komponen/sub-komponen/bahan baku yang perlu diadakan untuk periode-periode yang telah direncanakan dilengkapi dengan *lead time* untuk setiap barang tersebut.

### 2. Laporan Jadwal Pengadaan dan Realisasinya

1. Memberikan jumlah yang telah dipesan
2. Untuk barang-barang apa saja
3. Memberikan jumlah dan jenis barang yang akan dipesan
4. Memberikan gambaran *lead time* nyatanya untuk setiap barang tersebut.

### 3. Laporan Jadwal Pembuatan Komponen-Komponen

Apabila ada barang-barang yang dibuat sendiri atau oleh sub-kontraktor, laporan-laporan yang berisi kapan, dengan jumlah berapa untuk yang akan, sedang dan sudah dibuat, merupakan *feedback* yang penting untuk pengendalian.

### 4. Jadwal-Jadwal Lain yang diperlukan adalah :

1. Laporan pengiriman dari *supplier*/sub-kontraktor
2. Laporan jadwal penerimaan barang, dan barang-barang yang sudah tiba.
3. Laporan jadwal pengangkutan/pengapalan barang-barang tersebut.

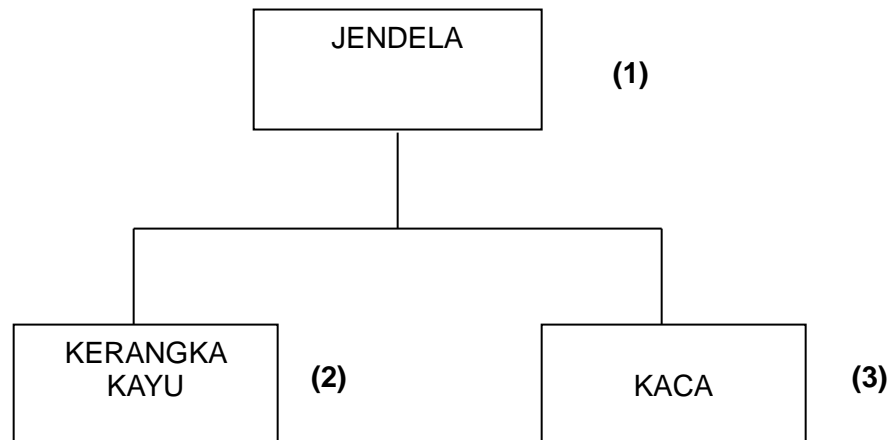
## III. STUDI PENERAPAN SISTEM MRP

Dalam suatu pabrik *sub-assembly* jendela dan pintu dengan kerangka kayu dan kaca mendapat pesanan untuk membuat jendela dengan jadwal sebagai berikut : memproduksi 100 buah yang di-delivery pada minggu ke-4, dan memproduksi 150 buah yang di-delivery pada minggu ke-8.

### 1. Rencana Produksi dan *Delivery*

Minggu Ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jumlah :				100				150	

## 2. *Bill of Material (BOM)*



Gambar 3. Bill of Material

## 3. **Catatan Sediaan**

Dari catatan sediaan mendapat info bahwa setiap kaca sebanyak 70 buah yang dapat dipakai untuk memenuhi sebagian dari produk pesanan pertama, yaitu yang 100 buah.



4. Time Phasing Dalam Sistem MRP

Minggu Ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Jumlah :				100				150	
<b>JENDELA : Selesai pada minggu ke-3 &amp; ke-7 Leat Time = 1 minggu</b>									
Gross Requirements				100				150	
On Hand									
Net Requirements				100				150	
Planned order receipts			↓	100			↓	150	
Planned order releases			100				150		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span>2 x</span> <span>↓</span> <span>2 x</span> </div>									
<b>KERANGKA KAYU : Leat Time = 2 minggu</b>									
Gross Requirements			200				300		
On Hand									
Net Requirements			200				300		
Planned order receipts	↓		200			↓	300		
Planned order releases	200					300			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span>4 x</span> <span>↓</span> <span>4 x</span> </div>									
<b>KACA : Leat Time = 1 minggu</b>									
Gross Requirements			400				600		
On Hand	70	70	70						
Net Requirements			330				600		
Planned order receipts		↓	330				↓	600	
Planned order releases		330					600		

#### IV. KESIMPULAN

MRP diterapkan pada manajemen sediaan untuk kebutuhan yang sifatnya *independent demand*. Pengendalian diterapkan pada seluruh item. Sasaran utama pada sistem MRP ialah dilakukannya koordinasi seluruh sediaan untuk menetapkan jumlah dan waktu yang dibutuhkan secara tepat.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Bedworth and Bailey, Integrated Production Control System, John Weley and Sons, Inc., New York, 1991.
2. Fogarty, D.W., Blackstone, J.H. dan Hoffman, T.R., Production and Inventory Management, South-Western Publishing Co., Cincinnati, 1991.

\* *Dosen Teknik Industri Universitas Darma Persada*

## ANALISIS KERUSAKAN PADA POROS PENGHUBUNG KOMPRESOR TORAK

Asyari Darius\*

### Abstrak

*Kompresor adalah merupakan alat vital pada suatu sistem proses seperti pabrik pengilangan minyak. Kerusakan pada alat ini bisa menyebabkan terganggunya produksi. Salah satu komponen yang sering rusak pada kompresor adalah poros penghubung. Pada penelitian ini, dianalisis kerusakan dan penyebab kerusakan yang terjadi pada poros penghubung kompresor daya besar. Jenis kerusakan yang dominan ditemui adalah perpatahan pada poros. Dari analisa ternyata penyebab kerusakan dari poros ini adalah lebih besarnya beban yang diterima poros dari pada kekuatan materialnya. Dari perhitungan didapatkan bahwa beban yang ditanggung poros berupa tegangan geser sebesar 77,26 MPa, sedangkan tegangan geser ijin bahan hanya 41,7 MPa. Untuk mencegah kerusakan maka diameter poros harus diperbesar. Dari perhitungan diperoleh diameter poros yang aman adalah sebesar 210 mm atau lebih, lebih besar dari diameter awal yaitu 168 mm. Cara pencegahan lainnya adalah dengan menggunakan material yang mempunyai tegangan geser ijin di atas tegangan geser beban yang bekerja.*

**Kata Kunci :** kerusakan kompressor, kerusakan poros, perawatan kompresor.

### I. PENDAHULUAN

Kompresor adalah salah satu alat yang vital terutama pada pabrik pengilangan minyak. Kerusakan pada salah satu kompressornya memberikan pengaruh besar terhadap unjuk kerja pabrik secara keseluruhan.

Kompresor biasanya digerakkan oleh penggerak luar seperti motor listrik, motor bakar atau turbin. Untuk meneruskan daya dari penggerak ke kompresor bisa dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan menggunakan poros penghubung.

Poros penghubung ini tidak luput juga dari kerusakan selama pemakaiannya. Oleh sebab itu penulis mencoba untuk meneliti gangguan-gangguan kerusakan yang terjadi pada poros penghubung ini dan cara untuk mengatasi kerusakan tersebut.

Dengan diketahui penyebab-penyebab kerusakan yang timbul, maka di dalam operasi selanjutnya bisa dicegah timbulnya kerusakan sehingga kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh tidak beroperasinya peralatan karena terjadinya kerusakan bisa dihindari.

Kompresor yang akan diteliti disini adalah jenis kompresor daya besar yang terdapat pada salah satu kilang produksi minyak milik salah satu perusahaan minyak di tanah air.

## II. TEORI

Pada penelitian ini akan dikaji lebih dalam penyebab kegagalan dari poros penghubung yang digunakan untuk menggerakkan kompresor. Kompresor yang digerakkan adalah jenis *reciprocating (resiprocal)*. Poros penghubung ini sendiri merupakan poros penggerak yang daya penggeraknya diberikan oleh turbin uap setelah melalui *gearbox* sebagai pereduksi putaran. Komponen ini termasuk komponen utama karena kegagalan poros ini akan menyebabkan unjuk kerja kompresor tidak optimal atau malah bisa tidak bekerja sama sekali.

Untuk mengetahui penyebab kerusakan poros, pertama kali perlu dihitung berapa besar momen puntir yang diterima oleh poros sehingga kemudian bisa dicari berapa besar tegangan geser yang terjadi.

Untuk mencari momen puntir poros, digunakan rumus berikut:

$$T = \frac{60P}{2\pi N} \quad (1)$$

dimana:  $T$  = momen puntir, Nm

$P$  = daya (W)

$N$  = rpm

Kemudian, untuk mendapatkan gaya tangensial dipakai rumus berikut:

$$F_t = \frac{T}{r} \quad (2)$$

dimana:  $F_t$  = gaya tangensial (N)

$r$  = jari-jari poros (m)

Tegangan geser yang terjadi:

$$\tau = \frac{F_t}{A} \quad (3)$$

dimana  $A$  = luas penampang poros

Tegangan geser dapat juga dicari dengan rumus:

$$T = \frac{\pi}{16} \tau d^3 \quad (4)$$

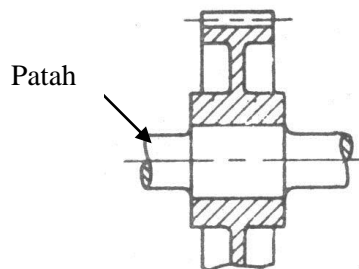
Kemungkinan lain yang menyebabkan kerusakan poros adalah kerusakan karena kelelahan (*fatigue*). Kelelahan adalah bentuk kegagalan yang terjadi pada struktur karena gaya dinamis dan berubah-ubah pada poros. Pada keadaan ini kegagalan bisa terjadi pada level tegangan dibawah tegangan tarik atau tegangan luluh beban statis. Pada tulisan ini tidak akan dibahas kerusakan karena kelelahan bahan.

### III. PEMBAHASAN

Kompresor yang diambil sebagai sampel penelitian adalah kompresor jenis *reciprocal* aksi ganda tiga tingkat yang masing-masing tingkat terdiri dari dua silinder. Ada tiga buah kompresor yang diambil sebagai sampel yang diproduksi oleh Ingersoll Rand. Kompresor-kompresor ini digunakan untuk mengkompresi gas hidrogen ( $H_2$ ). Data-data kompresor adalah sebagai berikut:

- Tekanan hisap ( tkt 1) :  $135,24 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
- Kapasitas inlet :  $3428,5 \text{ m}^3 / \text{hr}$
- Tekanan buang ( tkt 3) :  $1964,23 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

Dari data-data kerusakan, poros yang sering mengalami kerusakan adalah poros antara (*intermediate shaft*) dimana kerusakannya berupa perpatahan. Lokasi perpatahan yang terjadi ditemukan pada diameter poros yang terkecil (Gambar 1).



Gambar 1. Poros Intermediate.

Poros yang mengalami kerusakan adalah poros yang difabrikasi sendiri. Dimana dalam pabrikan material yang digunakan adalah AISI 4340 dengan spesifikasi sebagaimana dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia AISI 4340 dalam Wt%<sup>[5]</sup>.

C	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	P	S	Si
0,37 – 0,43	0,7 – 0,9	96	0,7	0,2 – 0,3	1,83	0,035 max	0,04 max	0,23

Kekuatan Tarik	: 931 MPa
Kekuatan Luluh	: 834 MPa
Elongasi	: 20,5 %
Modulus Elastisitas	: 205 MPa

Data-data poros yang diperlukan untuk perhitungan adalah sebagai berikut:

- Daya yang ditansmisikan,  $P = 6725$  kW
- Rpm,  $N = 894$
- Diameter poros,  $d = 168$  mm
- Material : AISI 4340

- Momen Puntir:

$$T = \frac{60P}{2\pi N} = \frac{60 \times (6725 \times 10^3)}{2\pi \times 894}$$

$$= 71.896,79 \text{ Nm}$$

- Gaya Tangensial:

$$F_t = \frac{T}{r}$$

$$= \frac{71896,79}{(0,168 / 2)} = 855.914,17 \text{ N}$$

- Tegangan geser:

Luas penampang poros:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times (0,168)^2$$

$$= 0,0222 \text{ m}^2$$

Tegangan geser:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F}{A} = \frac{855914,17}{0,0222} = 38.554.692,19 \text{ Pa} \\ &= 38,55 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tegangan geser karena Momen Puntir:

$$\begin{aligned}T &= \frac{\pi}{16} \tau d^3 \\ \tau &= \frac{16T}{\pi d^3} \\ &= \frac{16 \times 71896,79}{\pi \times (0,168)^3} = 77.263.075,26 \text{ Pa} \\ &= 77,26 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Untuk material AISI 4340, dari rujukan, diperoleh data-data:

- Tegangan luluh,  $\sigma_t = 834 \text{ Mpa}$

Tegangan geser material:

$$\begin{aligned}\tau &= 0,5 \times \sigma_t = 0,5 \times 834 \text{ MPa} \\ &= 417 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tegangan geser ijin bahan:

$$\begin{aligned}\bar{\tau} &= \frac{\tau}{SF} \quad : SF = \text{Safety Factor} = 10 \\ &= \frac{417}{10} = 41,7 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, tegangan geser yang terjadi ternyata berada di atas tegangan geser ijin bahan (77,26 vs 41,7 MPa), sehingga inilah yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan pada poros, karena bahan poros tidak kuat menerima beban yang bekerja.

Disamping itu, beban poros sewaktu-waktu juga dapat lebih tinggi dari keadaan normal,

dimana beban tinggi tersebut dapat disebabkan oleh kondisi hal-hal berikut ini:

- start-up kompresor dilakukan pada saat kompresor bertekanan tinggi
- terjadi kemacetan pada bantalan-bantalan poros
- timbulnya vibrasi karena beban kompresor berfluktuasi.

Untuk menghindari kerusakan yang sama di masa yang akan datang, maka dalam poros yang digunakan harus mempunyai kekuatan melebihi beban yang telah dihitung di atas. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan poros adalah dengan menaikkan diameter poros tersebut.

- Penentuan diameter poros:

$$T = \frac{\pi}{16} \tau d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{16 \times 71896,79}{\pi \times (41,7 \times 10^6)}} = \sqrt[3]{8,785 \times 10^3}$$

$$= 0,2063 \text{ m}$$

$$= 206,3 \text{ mm}$$

Jadi gunakanlah diameter poros dengan ukuran di atas 210 mm.

#### IV. KESIMPULAN

Dari pengamatan terhadap kerusakan pada poros penghubung kompresor daya besar yang digunakan untuk mengkompresi gas hidrogen, dijumpai bahwa sering terjadi perpatahan pada poros penghubung tersebut. Perpatahan yang terjadi biasanya dijumpai pada poros yang dipabrikasi sendiri, sementara poros orisinil dari pabrik pembuatnya dapat bertahan lama. Bahan poros pabrikasi ini biasanya menggunakan material baja AISI 4043. Setelah dilakukan analisis, dapat disimpulkan:

1. Poros tidak kuat menahan beban operasi dimana tegangan geser yang terjadi pada poros mencapai 77,26 MPa, sedangkan tegangan geser ijin material hanya 41,7 MPa.
2. Untuk meningkatkan kekuatan poros supaya tidak terjadi perpatahan, maka dapat dilakukan dengan menambah diameter poros. Dari perhitungan, maka diameter poros yang aman harus melebihi 210 mm. Sementara diameter awal poros adalah 168 mm.
3. Kekuatan poros juga dapat ditingkatkan dengan menggunakan material dengan tegangan geser ijin yang lebih tinggi daripada tegangan geser yang terjadi.



4. Perlu diperhatikan kondisi kompresor dalam beroperasi untuk mencegah kerusakan yang mungkin terjadi. Perhatikan kemacetan-kemacetan yang terjadi pada bantalan poros dan vibrasi, karena kondisi ini dapat menaikkan tegangan geser pada poros.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Callister, William D. Jr. *Material Science and Engineering, an introduction, 3<sup>rd</sup> edition*. John Willey & Sons, Inc, 1994.
2. Jack A. Collins. *Failure Materials in Mechanical Design, 2<sup>nd</sup> edition*. John Willey & Sons, Inc, 1992.
3. Khurmi R.S., J.K. Gupta. *A Text Book of Machine Design*. Eurasia Publishing House (Pvt.) LTD., 1980.
4. *Plant Problem & Solving Rotating Equipment di HCC Unit Kilang Pertamina UP DAK*, Pertemuan tahunan Inspeksi Teknik VII, Direktorat Pengolahan Pertamina, 1994.
5. <http://asm.matweb.com/>

\* Dosen Teknik Mesin Universitas Darma Persada

## TINJAUAN TEORITIS TENTANG PENENTUAN *MANUFACTURING LEAD TIME* DAN LAJU PRODUKSI DALAM INDUSTRI MANUFAKTUR

Herman Noer Rahman

### **Abstract**

*Production is an activity to transform a raw material into finished good. There are three types of production, Job Shop Production, Batch Production and Mass Production. It Needs Quantative approach to measure of performance of each type of production. This paper describes the concept of manufacturing lead time, production rate, and also brief effort to improve efficiency of such performances .*

### **I. PENDAHULUAN**

Di bidang perekonomian dijumpai perusahaan-perusahaan penghasil barang dan jasa. Bila hendak dikelompokkan lagi, maka industri dapat dibagi menjadi industri manufaktur dan industri proses. Industri manufaktur termasuk kelompok industri yang memproduksi item diskrit (satuan), sedang industri proses memproduksi barang yang dikategorikan kontinue seperti bahan kimia, plastik, produk petroleum, dan lain-lain. Cara lain mengklasifikasikan perusahaan adalah *basic producer, converter, atau fabricator*. Ketiganya menghubungkan mata rantai perubahan sumber daya alam dan bahan baku dasar menjadi barang siap dikonsumsi publik. *Basic Producer* mengubah bahan galian/alam menjadi bahan baku industri, sedang *Converter* adalah merupakan *Intermediate Link* dalam mengubah output dari *basic producer* menjadi berbagai produk industri dan barang konsumsi. Lain halnya dengan *Fabricator*, yaitu yang melakukan fabrikasi dan merakit produk akhir untuk langsung dipergunakan konsumen akhir. Dalam mengoperasikan pabrik, ditemukan tiga produksi, yaitu *Job Shop Production, Batch Production, dan Mass Production*. Pada *Job Shop* ciri yang ditemukan adalah volume produksi yang rendah, mengarah kepada memproduksi barang sesuai order yang spesifikasinya ditentukan konsumen. Variasi produk yang mampu dibuat besar. Mempunyai peralatan yang flexible dan aneka guna. Ciri yang ditemukan pada tipe *Batch Production* adalah memproduksi item dengan ukuran lot sedang, bisa hanya satu kali produksi atau pada interval waktu secara reguler. Tipe yang ketiga adalah kebalikan dari yang pertama, *Mass Production*, memproduksi produk serupa (identik) dengan laju produksi yang tinggi.

Untuk ketiga tipe produksi seperti diatas ada fungsi dasar yang harus ada untuk mengubah bahan baku bahan jadi. Untuk membuat produk diskrit, fungsi-fungsi tersebut adalah processing ( mengubah dari suatu keadaan keadaan lebih maju) , perakitan, material handling & storage, inspeksi /pengujian , serta pengendalian.

Untuk kepentingan menganalisa aktivitas perencanaan dan pengendalian produksi , ada beberapa pertanyaan harus dijawab yang menyangkut struktur organisasi : apakah kegiatannya mendapatkan tempat/ruang yang memadai, Apakah pekerja yang

bertanggungjawab dalam membuat keputusan yang diperlukan jelas orangnya dan memahami peranannya. Apakah pegawai bertanggungjawab dalam membuat keputusan yang akurat dan sistem informasi yang tepat waktu. Adakah sistem untuk mengidentifikasi ketika terjadi situasi yang tidak rutin dan cepat, apakah diperlukan keputusan yang tidak biasanya ? Adakah aktivitas organisasi yang berpengaruh terhadap fungsi perencanaan dan pengendalian produksi, dan apakah mereka bingung atau ada yang mensabotase keputusannya ?

Jika semua dari pertanyaan itu dapat terjawab dengan memuaskan, maka fungsi perencanaan dan pengendalian produksi dikatakan terorganisasi dengan baik.

Dalam rangka pengoperasian suatu sistem produksi perlu dihitung *manufacturing lead time*, yaitu waktu mulai bahan masuk ke dalam ruang produksi sampai produk jadi siap kirim. Ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan di ruang produksi sehingga bisa dilakukan untuk perencanaan operasi, keuangan ataupun dalam berhadapan dengan konsumen. Seltelah itu dipaparkan juga laju produksi dengan cara penghitungannya agar diketahui standard pengoperasian . Pembahasan dilengkapi dengan upaya perbaikan memperpendek *manufacturing lead time* atau mempercepat laju produksi dan ditutup dengan kesimpulan.

**II. PERHITUNGAN MANUFACTURING LEAD TIME**

Berikut diturunkan rumus penghitungan *manufacturing lead time* (MLT) dengan cara memperhatikan terlebih dahulu Situasi *Batch Production*, lalu untuk situasi lainnya dilakukan penyesuaian sesuai dengan keadaannya, terutama yang menyangkut jumlah yang diproduksi.( Groover, Mikell P, 1987)

Pada Situasi *Batch Production*, *manufacturing lead time* adalah penjumlahan waktu set up, waktu operasi dan waktu non operasi dari setiap urutan operasi., hal tersebut dapat ditulis:

$$\begin{aligned}
 \text{MLT} &= \sum (T_{su_i} + Q_{to_i} + T_{no_i}) \dots\dots\dots 1 \\
 T_{su_i} &= \text{Waktu set up urutan I} \\
 T_{o_i} &= \text{Waktu operasi urutan I} \\
 T_{no_i} &= \text{Waktu non operasi urutan I (handling, inspection, storage, delay)} \\
 Q_i &= \text{Jumlah unit dalam Batch} \\
 i &= \text{urutan operasi dalam proses : 1,2,3....., } n_m
 \end{aligned}$$

*Manufacturing lead time* dihitung pada saat material masuk ruang produksi, tidak memperhitungkan lamanya bahan tersebut disimpan dalam gudang penerimaan

Bila diasumsikan :

$$\begin{aligned}
 T_{su_1} &= T_{su_2} = \dots\dots\dots = T_{su_{n_m}} = T_{su} \\
 T_{o_1} &= T_{o_2} = \dots\dots\dots = T_{o_{n_m}} = T_o \\
 T_{no_1} &= T_{no_2} = \dots\dots\dots = T_{no_{n_m}} = T_{no}
 \end{aligned}$$

Maka persamaan 1 menjadi

$$\text{MLT} = n_m ( T_{su} + Q_{T_o} + T_{no} ) \dots\dots\dots 2$$

Untuk Situasi *Job Shop* ,  $Q = 1$ , karena jumlah produk biasanya hanya satu, maka rumus diatas menjadi:

$$MLT = nm ( Tsu + To +Tno).....3$$

Sedangkan untuk Situasi *Mass production*, ada modifikasi sedikit dari rumus diatas yang menjadi:

$$MLT = n_m ( Transfer Time + Longest To).....4$$

$n_m$  = Jumlah work station secara terpisah

### III. PERHITUNGAN LAJU PRODUKSI

Laju produksi untuk proses menufaktur individual atau operasi perakitan dinyatakan dalam jumlah produksi per jam

Situasi *Batch Production*:

Total waktu Batch untuk mesin tertentu :

$$\frac{Batch Time}{Machine} = Tsu + QTo$$

Bila diperhitungkan laju scrap  $q$  :

$$\frac{Batch Time}{Machine} = Tsu + \frac{QTo}{(1 - q)}$$

Rata –rata waktu produksi per unit produk untuk mesin tertentu :  $Tp$

$$Tp = \frac{Batch Time / Machine}{Q}$$

Laju produksi kebalikan dari  $Tp$  :

$$Rp = \frac{1}{Tp}$$

Untuk *Job Shop* →  $Q = 1$

$$Tp = Tsu + To \rightarrow Rp = 1 / Tp$$

Untuk *Mass Production*

Tipe *Quantity* :

$$Tp = To ( Tsu diabaikan )$$

Tipe *Flow* :

$$Tp = ( Transfer time + Longest operation Time )$$

## Upaya Perbaikan

Hopp J. Wallace, et al (1990) memberikan ulasan bagaimana metode penurunan *Manufacturing lead time*: a. Perhatikan *Work In Process* (WIP) b. Pertahankan bahan/part terus bergerak c. Sinkronkan produksi d. Penghalusan aliran kerja e. Hilangkan variability

- a. Perhatikan WIP: Kelebihan WIP adalah merupakan akar dari semua masalah/pemborosan, sama seperti Goldrat mengusulkan lindungi bottle neck. Menurut rumus Little (Askin and Standridge, 1993): *Work in Process (added inventor) = production rate x added flow time*. Artinya bila hendak mengidentifikasi komponen terbesar dari lead time adalah menemukan inventori terbesar
- b. Usahakan semua material terus bergerak: ini diambil dari konsep Continuous Flow Manufacturing, ide dasarnya mengusahakan produk/part selalu bergerak menuju penyelesaian (completion). Bila dipakai persamaan / rumus :  

$$\text{Flow time} = \text{run time} + \text{setup time} + \text{move time} + \text{Queue time} + \text{wait for part time} + \text{wait to move time}$$
 Dari persamaan tersebut perhatian utama ditujukan pada pengurangan waktu antri, menunggu parts, dan waktu menunggu untuk bergerak.
- c. Sinkronisasi antara fabrikasi dengan perakitan. Kecepatan, keperluan bahan dan berbagai perubahan dikeduanya perlu jauh-jauh waktu diinformasikan agar didapat sinkronisasi.
- d. Variability karena *rework*, *down time*, dan kurang konsistennsy metode produksi dalam hal rata2 dan variansi flow time

Lebih jauh lagi, Danny J. Johnson (2003) membahas tentang kerangka bagaimana mengurangi MLT, yaitu bahwa Faktor-faktor yang harus diperhatikan, adalah waktu set up, waktu proses per part, waktu pindah/move, ukuran batch produksi, ukuran batch transfer, variability kedatangan bahan, variability proses, utilisasi dan ketersediaan sumberdaya

Pendekatan yang lebih modern dalam hal ini adalah dengan menerapkan prinsip lean manufaktur agar tercipta perbaikan efisiensi produksi (lihat Auston Marmaduke Kilpatrick, 1997)

## IV. KESIMPULAN

Pendekatan untuk merancang sistem produksi diatas sebetulnya menggunakan pendekatan sistem tradisional yang Langkah-langkahnya meliputi penetapan tujuan, struktur sistem dan penetapan batasan sistem, Tentukan komponen utama utama yang membentuk sistem, Lakukan pengkajian yang mendetail pada komponen yang masih dalam keseluruhan sistem, Sintesis komponen yang sudah dianalisa menjadi suatu

sistem yang utuh .Uji sistem sesuai dengan kriteria performansi. Pada tulisan ini dibahas beberapa kriteria performansi sistem produksi di antaranya *manufacturing lead time* dan laju produksi. Kesemuanya adalah sebagian teknik yang dipakai dalam sistem produksi dengan memanfaatkan model matematis, yaitu rumus-rumus dan notasi yang mewakili keadaan nyata suatu keadaan pabrik.

Pada penentuan *manufacturing lead time* dapat diketahui berapa lama bahan mengalami proses di lantai produksi, dan pada penentuan laju produksi dapat diketahui berapa banyak produk dihasilkan per satuan waktu.

## V. DAFTAR PUSTAKA

1. Groover, Mikell P, Automation,Production Systems,and Computer Integrated Manufacturing,Prentice Hall International, Inc, New Jersey, 1987
2. Gerhwin, Stanley B., Manufacturing Systems Engineering, Prentice Hall International, Inc, New Jersey, 1990.
3. Elsayed EA, Boucher TO, Analysis and Control of Production systems, Prentice Hall International, Inc, New Jersey, 1994.
4. Danny J. Johnson , A Framework for Reducing, Manufacturing Throughput Time,*Journal of Manufacturing Systems*,Vol. 22/No. 4, 2003
5. Hopp J. Wallace,et al, Practical Srtategies for Lead Time reduction, et al., Northwestern university, Rvanston IL, *Manufacturing Review vol 3, no 2, June* ,1990
6. Auston Marmaduke Kilpatrick ,Lean Manufacturing Principles:A Comprehensive Framework for Improving ProductionEfficiency Master thesis, Master of Science in Mechanical Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, 1997
7. Askin, Ronald G, Standridge, Charles R.; "Modeling And Analysis Of Manufacturing Systems", John wiley & Sons, Inc, 1993

\* Dosen Teknik Industri Universitas Darma Persada

## PENGENALAN SUARA PEMBICARA MENGGUNAKAN METODE *DYNAMIC TIME WARPING*

Suzuki Syofian\*, Silvia Oktarina\*\*

### **Abstract**

*The world of technology is vast and endless. Lately, it has been developing rapidly in many of its distinct fields, especially in the field of biometric. the software developed for this final project is just one fragment of an biometric application. it replicates the auditory system of a human being to indentify a speaker based on his/her voice, which is used as the input to the software.*

*This application was developed using LPC (Linear Predictive Coding), also supported by DTW (Dynamic Time Warping) method. LPC converts a sound signal so that needs many step in the speaker identification Pre-Emphasize Filter, Frame Blocking, Frame Windowing, Auto Corellation Analysis, LPC Analysis dan Cepstral Coeffisient into several data vector which provide useful information in the speaker identification process. therefore, the support the Dynamic Time Warping method for speaker identification process. the software uses the Object Oriented Programming (OOP) concept and programmed in Borland Delphi 7.0.*

*The application was tested on 10 people, each person was told to pronounce a set of 3 times predetermined words correctly, the test result showed that this application has accuracy rate of 65% to 99% in speaker identification. the parameter values used both LPC and Dynamic Time Warping methods highly contribute to affecting the aplication's accuracy rate.*

**Keywords:** *Dynamic Time Warping, Linear Predictive Coding, Speaker Recognition*

### **I. PENDAHULUAN**

Salah satu teknologi yang dikembangkan menggunakan sistem komputer adalah teknologi biometrik. Teknologi biometrik adalah sistem yang menggunakan bagian tubuh manusia untuk melakukan pengenalan . Jenis sistem biometrik yang sudah tersedia sekarang antara lain pengenalan sidik jari, pengenalan wajah, pengenalan retina, geometri lengan, geometri jari, pengenalan telapak tangan, pengenalan pembicara dan pengenalan tanda tangan. Salah satu bidang dalam sistem biometrik yang mengalami peningkatan adalah sistem pengenalan suara pembicara.

Teknologi pengenalan suara pembicara telah dikembangkan di dalam riset selama lebih dari empat dekade. Hal ini menjadi perhatian yang cukup besar bagi para ilmuan sebab dengan teknologi ini manusia akan mampu berinteraksi dengan mesin sebagaimana halnya berinteraksi dengan sesama manusia.

Pengenalan suara pembicara atau *Speaker Recognition* dapat berfungsi sebagai *speaker identification* maupun *speaker verification*. *Speaker identification* adalah proses mengenali secara otomatis siapa saja yang berbicara dengan menggunakan informasi yang spesifik dari suara pembicara termasuk gelombang suaranya. Tidak seperti *speaker verification* yang menerima atau menolak klaim identitas dari pembicara, sistem ini akan mengidentifikasi pembicara dari satu set model yang sudah tersedia.

Metode pengenalan suara pembicara mampu mengetahui identitas pembicaranya karena setiap manusia memiliki ciri suara yang berbeda-beda. Metode ini mengambil suara dari pembicara kemudian memproses dan mencocokkan faktor-faktor uniknya, sehingga akan dihasilkan suatu keputusan apakah suara tersebut dapat dikenali sebagai pembicara atau tidak. Salah satu cara pengenalannya adalah dengan menggunakan metode *Dynamic Time Warping*.

Pada metode *Dynamic Time Warping* (DTW), proses sistem pengenalan suara pembicara dilakukan dengan menggunakan sistem *text dependent*, yang memadukan beberapa pemrosesan yaitu proses *Linear Predictive Coding* (LPC) dan selanjutnya akan dilakukan pengenalan atau pencocokan dengan menggunakan algoritma DTW sehingga menghasilkan pemadanan suara yang berbasis pada jarak euclidiannya.

Adapun maksud dan tujuan dalam pembuatan Penelitian ini adalah untuk membuat aplikasi pengenalan suara pembicara menggunakan metode *Dynamic Time Warping*, yang dapat digunakan sebagai sistem keamanan yang berguna untuk meningkatkan keamanan suatu sistem dengan mengharuskan seseorang untuk mengucapkan suatu kata rahasia disamping mengetik kode atau menggunakan sidik jari. sehingga dengan program aplikasi pengenalan pembicara ini, penggunaan data oleh orang-orang yang tidak mempunyai wewenang dalam suatu perusahaan ataupun instansi-instansi pemerintahan dapat dicegah.

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Bahasa pemrograman untuk algoritma pengenalan suara pembicara adalah Borland Delphi7.
2. Perekaman untuk pengambilan sampel-sampel suara dilakukan melalui mikrofon dengan menggunakan aplikasi Wavesurfer 1.8.5, karena menyediakan fasilitas pengeditan dan penyimpanan dalam bentuk *file*.
3. Sistem ini akan menerima *input* berupa suara yang hanya dibatasi untuk *file* suara dengan format wav saja.
4. *File* suara wav yang disediakan dalam data sebanyak sepuluh *file*, *file* tersebut berasal dari suara sepuluh orang berbeda yang mengucapkan namanya masing-masing.
5. Frekuensi sampling yang digunakan adalah 22050 Hz dengan *bit rate* adalah 8 dan *mono*.
6. Setiap periode perekaman maksimal 1 detik dan tidak lebih.

### **Linear Predictive Coding (LPC)**

*Linear Predictive Coding* (untuk selanjutnya, disingkat sebagai LPC) adalah metode yang digunakan untuk

mengambil ciri dari suara karena kemudahan pengimplementasiannya pada perangkat lunak yang membutuhkan perhitungan matematis yang lebih singkat dari metode-metode yang dikenal sebelumnya.

LPC digunakan dalam proses penyadapan karakteristik suara untuk memperoleh cepstral suara. Cepstral adalah hasil perhitungan dari sinyal spektrum.



### Dynamic Time Warping (DTW)

*Dynamic Time Warping* (DTW) merupakan cara untuk membandingkan pola suara dalam menentukan kesamaan jarak antara pola-pola yang berbeda. Untuk membandingkan dua pola suara akan diperlukan nilai koefisien cepstral dari setiap suara. Nilai tersebut didapatkan dari proses sebelumnya, yaitu *Linear Predictive Coding* (LPC).

Misalkan terdapat dua data Q dan C, dengan panjang masing - masing n dan m, dimana :

$$Q = q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n \quad (12)$$

$$C = c_1, c_2, \dots, c_j, \dots, c_m \quad (13)$$

Untuk membandingkan dua rangkaian data spektral menggunakan *Dynamic Time Warping* (DTW) maka harus diciptakan matrix N x M dengan ( $i^{th}$ ,  $j^{th}$ ) elemen matrix mengandung jarak  $d(q_i, c_j)$  antara dua titik  $q_i$  dan  $c_j$ .

Untuk menghitung jarak tersebut digunakan *Euclidian Distance* (Eamonn J.Keogh dan Michael J.Pazzani: 2005):

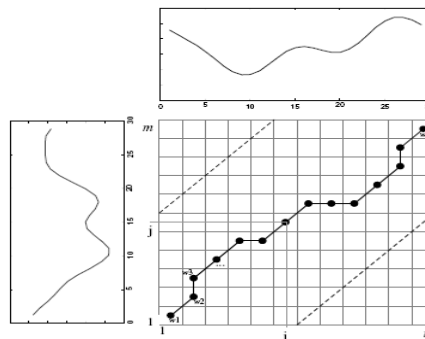
$$d(q_i, c_j) = (q_i - c_j)^2 \quad (14)$$

Elemen  $k^{th}$  dari W didefinisikan sebagai  $w_k = (i,j)_k$  sehingga :

$$W = w_1, w_2, \dots, w_k, \dots, w_K$$

W = *warping path*, yaitu jalur yang terbentuk pada matriks hasil penggabungan data Q dan C.

Contoh gambar *warping path* antara pola *template* dan *testing* dapat dilihat pada Gambar dibawah ini;



Gambar 1. *Warping Path*

Beberapa langkah yang dibutuhkan untuk membentuk jalur pelengkungan:

- *Boundary conditions* :  $w_1 = (1,1)$  dan  $w_K = (m,n)$ , jalur kelengkungan harus dimulai dan diakhiri dalam diagonal yang terbentuk dalam matrix.
- *Continuity* : diberikan  $w_k = (a,b)$  maka  $w_{k-1} = (a',b')$  dengan  $a-a' \leq 1$  dan  $b-b' \leq 1$ .
- *Monotonicity* : diberikan  $w_k = (a,b)$  maka  $w_{k-1} = (a',b')$  dengan  $a-a' \geq 0$  dan  $b-b' \geq 0$ .

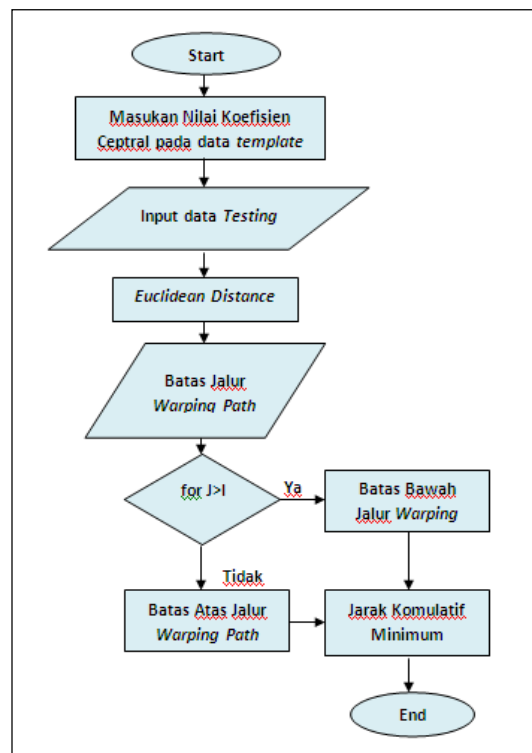
### Dynamic Programming

*Dynamic Programming* (DP) digunakan untuk memecahkan masalah deteksi pengurutan, kemampuan penggunaan pola pengenalan wicara dan masalah waktu penjajaran dan normalisasi. Ada dua tipe masalah penggunaan *Dynamic Programming*,

yaitu :

1. Masalah jalan optimal, dengan menganggap sekumpulan titik mulai dari 1 sampai dengan N, yang dihubungkan dengan pasangan setiap dari titik (i,j). Representasi perpindahan secara langsung dari titik ke 1 ke titik lainnya. Rentetan perpindahan tersebut tidak mempunyai bilangan yang ditetapkan dari transisi satu titik ke titik lainnya, hal ini disebut rentetan keputusan asinkron.
2. Masalah keputusan rentetan sinkronisasi, terdapat perbedaan dari satu sinkronisasi yang beraturan dari proses keputusan.

Maka dapat ditentukan dari jarak yang paling minimum, pola manakah yang paling mirip dengan *voice input*. Untuk menentukan bahwa suara yang diuji dikenali atau tidak akan dibatasi oleh persentase kesalahan minimum yang sudah ditentukan.



Gambar 2. Flowchart proses testing Dynamic Time Warping

### Pengujian Kotak Hitam (*Black-Box*)

Pengujian *black-box* adalah pengujian yang dilakukan untuk antarmuka perangkat lunak, pengujian ini dilakukan untuk memperlihatkan bahwa fungsi-fungsi bekerja dengan baik dalam arti masukkan yang diterima dengan benar dan keluaran yang dihasilkan benar-benar tepat, pengintegrasian dari eksternal data berjalan dengan baik (*file/table*).

Pengujian kotak hitam berusaha menemukan kesalahan dalam kategori sebagai berikut (R. Pressman, 2002:551) :

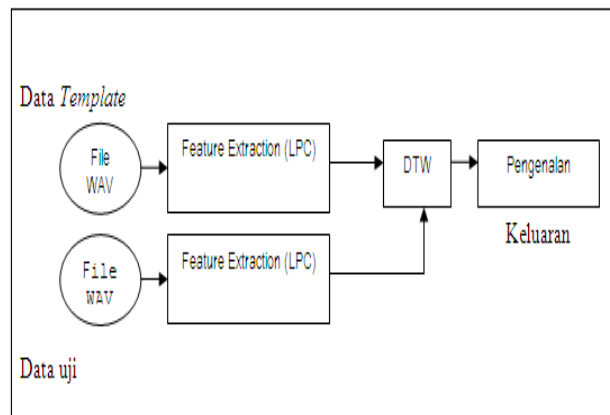
- a. Fungsi-fungsi yang tidak benar atau hilang.
- b. Kesalahan antarmuka (*interface*).

- c. Kesalahan dalam struktur data atau akses basis data eksternal.
- d. Kesalahan kinerja.
- e. Inisialisasi dan kesalahan terminasi.

## II. ANALISIS SISTEM

Tahapan analisis merupakan tahapan yang paling awal dalam membuat sebuah perangkat lunak. Pada tahapan ini dilakukan pengenalan sidik jari menggunakan metode *Dynamic Time Warping* adalah membandingkan suara yang masuk dengan suara yang telah disimpan sebelumnya, atau disebut sebagai data *template*. Suara yang baru masuk diproses terlebih dahulu sebelum dibandingkan dengan *template* yang sudah ada.

Sistem yang dirancang pada program ini adalah suatu program aplikasi pengenalan pembicara yang dapat mengenali suara seseorang yang telah direkam dalam format \*.wav dan selanjutnya diekstrak dengan menggunakan *Linear Predictive Coding* (LPC). Kemudian hasil dari proses LPC diproses menggunakan metode *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk melakukan pengenalan. Sistematisasi sistem yang dirancang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



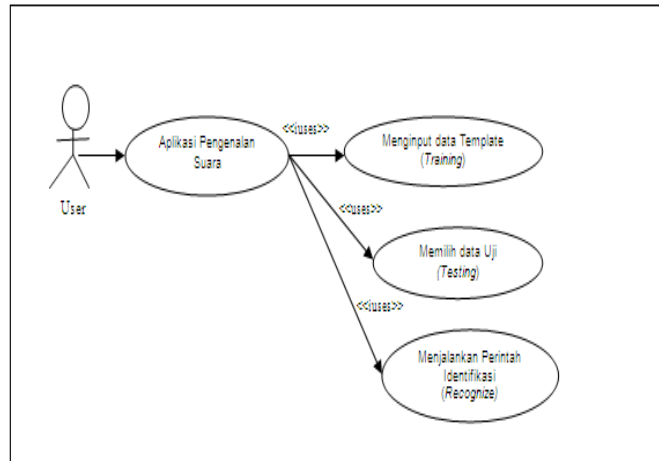
Gambar 3. Sistematisasi pengenalan suara

Pada gambar di atas dijelaskan bahwa kedua file yaitu data *template* dan data uji diproses dengan *Linear Predictive Coding* (LPC) untuk mendapatkan koefisien cepstral yang kemudian diproses oleh *Dynamic Time Warping* (DTW) untuk didapatkan jarak antara data *template* dengan data uji. Pada proses pengenalan, akan diambil jarak paling minimum antara data uji dan data *template* yang ditetapkan dan diputuskan apakah data uji tersebut cocok dengan salah satu data *template* yang ada dengan menggunakan ambang batas yang telah ditentukan

### Use Case Diagram Sistem Pengenalan Suara

*Use case diagram* mendeskripsikan interaksi tipikal antara para pengguna sistem dengan sistem itu sendiri, dengan memberi sebuah narasi tentang bagaimana sistem tersebut digunakan. Diagram ini menunjukkan fungsionalitas suatu sistem atau kelas dan

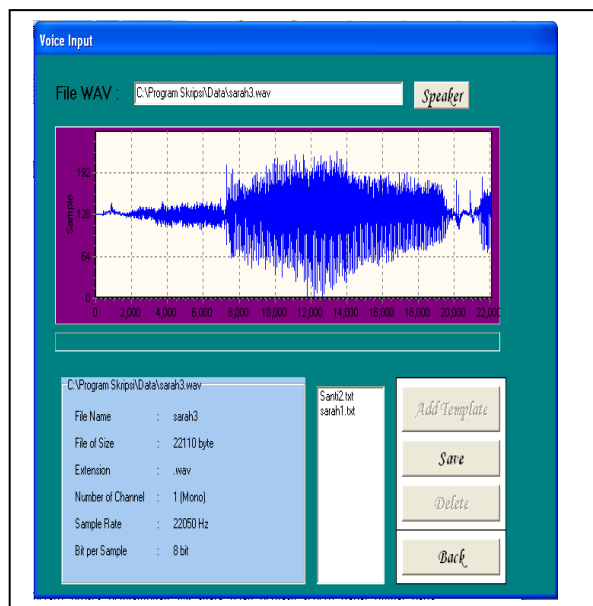
bagaimana sistem berinteraksi dengan dunia luar. *Use case diagram* sistem pengenalan suara menggunakan metode *Dynamic Time Warping (DTW)* secara umum dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini :



Gambar 5. Use case Diagram

**Pelatihan *Linear predictive Coding***

Pada tahap pelatihan merupakan suatu tahapan terpenting dalam menginput data *template*.suara yang diinput dari *file directory* kemudian *feature extraction* dengan *Linear predictive Coding (LPC)* merupakan proses mengekstraksi data hasil akuisisi sehingga dihasilkan data yang berdimensi lebih kecil, yang nantinya digunakan untuk merepresentasikan tiap-tiap pembicara.

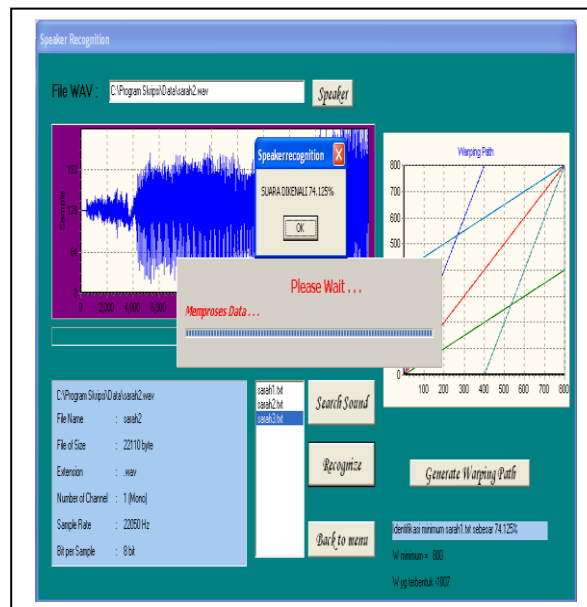


Gambar 4. Proses *Training*

Gambar Di atas merupakan proses pengambilan suara yang akan dijadikan data template, yang kemudian secara otomatis akan tersimpan dalam *template list*.

### Pengujian Dengan Metode *Dynamic Time Warping*

Proses pengujian merupakan tahap akhir dari proses menggunakan yang ada di dalam sistem pengenalan suara pembicara menggunakan *Dynamic Time Warping* (DTW). Pada tahap pengujian membandingkan data template yang sudah tersimpan dalam *template list* dan kemudian dibandingkan dengan data uji yang diambil dari *file directory*, dan dengan menggunakan metode DTW akan menghasilkan gambar *Warping Path* antara data template dengan data uji. Berikut hasil pengujian dari data suara yang diuji.



Gambar 7. Proses Testing

### III. HASIL

Hasil pengujian didapatkan dari hasil pengenalan suara pada bidang masukan. Pengujian yang dilakukan menggunakan sidik jari dengan metode *Dynamic Time Warping*. Berikut adalah tabel hasil pengujian:

Tabel 1. Tabel hasil pengujian

No	Voice Template (* .txt)	Nilai persentase kecocokkan (%)	Keputusan	File suara yang diuji (* .wav)
1	Agvie2	99.625	Dikenali	Agvie1
2	Fitri2	67.5	Dikenali	Fitri3
3	Irene1	66.875	Dikenali	Irene2
4	Lendra2	99.375	Dikenali	Lendra1
5	Luna3	85.5	Dikenali	Luna2
6	Resa3	54.75	Tidak Dikenali	Lendra3
7	San2	70.5	Dikenali	San3
8	Santi2	60.5	Tidak Dikenali	Reza1
9	Sarah1	70.375	Dikenali	Santi3
10	Silvie3	61.75	Tidak Dikenali	Sarah2

Berdasarkan data dari tabel pengujian di atas dengan 10 *file* suara yang diucapkan oleh 10 orang yang berbeda, dapat dilihat bahwa 7 dari 10 orang pembicara menghasilkan persentase kecocokkan lebih dari 65%. Dari hasil pengujian tersebut, dapat dikatakan bahwa program aplikasi telah berfungsi dengan baik, karena terbukti program aplikasi ini telah dapat mengenali *file* suara yang diuji.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kegunaan dari program aplikasi pengenalan pembicara ini adalah untuk mengenali suara seseorang dengan cara mengucapkan kata yang sama dengan menggunakan metode *Dynamic Time Warping* (DTW). Namun, berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan, didapatkan keterbatasan dari program aplikasi pengenalan suara pembicara ini, yaitu terbatas pada format *file* suara \*.wav yang panjangnya 1 detik dan tidak semua kata yang diucapkan oleh pembicara dapat dikenali dengan baik.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan pemaparan sebelumnya, maka didapat kesimpulan dari Aplikasi Pengenalan Suara Pembicara Menggunakan Metode *Dynamic Time Warping* , sebagai berikut.

1. Metode *Dynamic Time Warping* cukup berhasil dalam mengidentifikasi suara, sehingga dapat digunakan sebagai sistem keamanan yang berguna untuk meningkatkan keamanan suatu sistem dengan mengharuskan seseorang untuk mengucapkan suatu kata rahasia disamping mengetik kode atau menggunakan sidik jari.

2. Pada aplikasi ini dibutuhkan tahap pelatihan (*training*) sebelum tahap identifikasi, karena jika tidak program akan meminta suara yang akan diidentifikasi melalui tahap pelatihan (*training*) terlebih dahulu.
3. Sebuah sistem pengenalan suara dapat dibangun dengan menggunakan analisis LPC sebagai pengekstraksi *feature* dan *Dynamic Time Warping* sebagai proses pengenalan atau pencocokan, dengan batas persentase keakuratan suara minimum adalah 65% yang berasal dari suara sepuluh orang berbeda yang mengucapkan namanya masing-masing.
4. Keadaan lingkungan dan nada pengucapan seseorang pada saat dilakukan perekaman suara sangat mempengaruhi tingkat keberhasilan dalam mengidentifikasi suara. Semakin berisik keadaan lingkungan pada saat perekaman suara maka tingkat keberhasilan pengenalan semakin rendah.

## V. DAFTAR PUSTAKA

1. MIT.DynamicTimeWarping&Search.  
<http://www.twocw.net/MIT/NR/rdonlyres/electrical-engineering-and-computer-science/6-345Automatic-Speech-RecognitionSpring2003/3FA11507-BE7B-429A-A374-D95F79DA7570/0/lecture9.pdf>,06 Desember 2006.
2. Nugroho, Eko. 2008."Biometrika Mengenal Sistem Indentifikasi Masa Depan". Yogyakarta : Penerbit Andi.
3. Prototipe(<http://www.asephs.web.ugm.ac.id/Artikel/RPL/RPL.pdf>) Keogh, Eamonn J. dan Pazzani, Michael J. 2005. "*Derivative Dynamic Time Warping*."[http://www.siam.org/meetings/sdm01/pdf/sdm01\\_01.pdf](http://www.siam.org/meetings/sdm01/pdf/sdm01_01.pdf).
4. Picone, Joseph. 2005. *ECE 8463: Fundamentals Of Speech Recognition*.  
[http://www.isip.msstate.edu/resources/courses/ece\\_8463.html](http://www.isip.msstate.edu/resources/courses/ece_8463.html)
5. Thiang, Hadi Saputra. 1999. "Sistem Pengenalan Kata dengan Menggunakan Linear Predictive Coding dan Nearest Neighbor Classifier". Jakarta: Universitas Kristen Petra.

\* Dosen Teknik Informatika Universitas Darma Persada

\*\* Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Persada





## **RISET PEMASARAN PRODUK-PRODUK PELEMBAB BERDASARKAN METODE ANALISIS FAKTOR DAN KLASTER DI JAKARTA TIMUR**

**Budi Sumartono\***

### **Abstrak**

*Pelembap merupakan salah satu produk skin care yang banyak digunakan oleh konsumen, khususnya wanita. Banyaknya polusi udara dan paparan sinar matahari yang terkena pada kulit manusia menyebabkan kulit menjadi tidak lembap dan kulit mudah mengalami tanda-tanda penuaan dini. pelembap pada umumnya digunakan untuk mengatasi, mencegah kekeringan serta menambah kelembapan pada kulit wajah.*

*Langkah riset pemasaran, dalam hal ini menggunakan metode analisis faktor dan metode analisis cluster. Metode analisis faktor bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang ada. Sedangkan metode analisis cluster bertujuan untuk mengelompokkan produk-produk dengan karakteristik tertentu dalam suatu segmen tertentu.*

*Penelitian ini menggunakan jumlah sampel sebanyak 60 responden. Terdapat 13 karakteristik yang diinginkan konsumen dalam memilih suatu merek pelembap. Hasil analisis faktor, menunjukkan terdapat 4 faktor, yaitu :*

*Faktor 1 terdiri dari karakteristik wangi pelembap, tidak membuat kulit teriritasi, mudah menyerap di kulit, tidak terasa lengket di kulit, tidak terasa berminyak di kulit dan terasa nyaman. Faktor 2 terdiri dari karakteristik image merek pelembap baik, bentuk sediaan pelembap dan kulit terasa lembap. Faktor 3 terdiri dari karakteristik harga pelembap murah dan kulit tampak lebih putih. Faktor 4 terdiri dari karakteristik disain kemasan menarik dan warna kemasan menarik. Sedangkan hasil segmentasi merek yang didapat adalah sebagai berikut : Cluster 1 beranggotakan merek Olay, Nivea dan La Tulipe dan cluster 2 beranggotakan merek Sariayu, Ponds, Biokos, Citra Hazeline dan Viva.*

**Kata kunci** : Riset pemasaran, analisis faktor, analisis cluster

### **I. PENDAHULUAN**

Perkembangan dunia industri dan arus globalisasi yang terjadi secara terus menerus akan selalu diwarnai oleh pergeseran ekonomi dan memberi dampak pada semua aspek kehidupan, dampak yang ditimbulkan oleh arus globalisasi adalah meningkatnya persaingan antar perusahaan, baik perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur maupun perusahaan yang bergerak dibidang jasa. Perusahaan yang ikut merasakan dampak dari arus globalisasi ini adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang kecantikan, salah satunya adalah PT. Martina Berto yang memproduksi kosmetik dan obat tradisional.

Kosmetik dan obat tradisional merupakan kebutuhan wanita yang penting dalam mempercantik dan memperindah wanita secara fisik. Hampir setiap saat kosmetik digunakan oleh para wanita di seluruh dunia, khususnya di Indonesia dalam menunjang aktifitas setiap hari. Obat tradisional yang berupa jamu dapat dikonsumsi untuk merawat

dan menjaga kesehatan, kecantikan tubuh. Peluang untuk memenuhi kebutuhan pasar yang sangat diminati konsumen tersebut, maka perusahaan-perusahaan di seluruh dunia bersaing agar produk-produk yang dihasilkan sesuai dengan keinginan konsumen.

Salah satu produk *skin care* yang paling banyak digunakan oleh konsumen adalah pelembap. Dengan adanya variasi jenis pelembap maka konsumen dapat memilih pelembap sesuai dengan masalah kulit mereka. Jenis produk pelembap yang ditawarkan sekarang ini beraneka ragam, dikarenakan tuntutan dari pasaran yang ada, contoh : pelembap *whitening*, pelembap anti *aging* dan pelembap SPF (*Sun Protector Factor*). Oleh karena itu peneliti akan merencanakan dan melakukan penelitian untuk produk pelembap yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi konsumen dalam memilih merek pelembap, mengelompokkan merek-merek pelembap atas segmen-segmen berdasarkan kesamaan karakteristik dan mengetahui karakteristik tiap merek pelembap yang diteliti terutama merek Sariayu dan Biokos.

## II. TEORI

### Riset Pasar

Kegiatan dalam melakukan analisis, perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian pemasaran, setiap produsen membutuhkan informasi yang akurat mengenai kebutuhan pelanggan, pesaing, penyalur dan kekuatan lain yang mempengaruhi pasar. Riset pemasaran berfungsi sebagai penghubung antara produsen dengan konsumen, sedangkan informasi dibutuhkan untuk mengidentifikasi dan menetapkan peluang dalam melakukan pemasaran seperti mengevaluasi tindakan-tindakan pemasaran, memantau kinerja pemasaran dan meningkatkan kinerja serta pemahaman tentang proses pemasaran tersebut. (Simamora, 2004, 21)

Proses yang biasa dilakukan dalam melaksanakan riset pemasaran agar tercapai tujuan yang diinginkan oleh produsen antara lain adalah menentukan tujuan dalam penelitian dan mencari permasalahan yang sedang terjadi, mengumpulkan dan menganalisis informasi yang didapat agar tepat mengenai sasaran, mengembangkan dan menginterpretasikan serta melaporkan hasil penelitian kepada pihak manajemen perusahaan. Kegiatan dalam melakukan analisis, perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian pemasaran, setiap produsen membutuhkan informasi yang akurat mengenai kebutuhan pelanggan, pesaing, penyalur dan kekuatan lain yang mempengaruhi pasar.

### Analisis Faktor

Analisis faktor adalah nama umum yang menunjukkan suatu kelas prosedur, utamanya dipergunakan untuk mereduksi data atau meringkas, dari variable yang banyak diubah menjadi sedikit variable (Supranto, 2004: 114). Dalam riset pemasaran mungkin terdapat banyak variabel, kebanyakan diantaranya saling berkorelasi dan harus direduksi sampai pada tingkatan yang dapat dikelola. Hubungan-hubungan antara himpunan-himpunan banyak variabel yang saling terkait diuji dan disajikan menurut beberapa faktor dasar. Analisis faktor digunakan untuk maksud-maksud berikut : (1) Mengidentifikasi dimensi dasar atau faktor, yang menjelaskan korelasi diantara himpunan-himpunan variabel. (2) Mengidentifikasi suatu himpunan yang lebih kecil dari variabel-variabel yang tidak saling berkorelasi untuk menggantikan himpunan asal variabel-variabel yang saling

berkolerasi dalam analisis banyak variabel berikutnya. (3) Mengidentifikasi suatu himpunan variabel-variabel penting yang lebih kecil dari sebuah himpunan yang lebih besar untuk digunakan dalam analisis banyak variabel berikutnya. Langkah-langkah Analisis Faktor: (1) Memformulasikan masalah, (2) Membuat matriks korelasi, (3) Menentukan metode analisis factor, (4) Menentukan jumlah factor, (5) Merotasikan faktor: Varimax, Quartimax, dan Equamax. (6) Menafsirkan Hasil.

### **Analisis Klaster.**

Analisis *cluster* adalah sebuah tehnik untuk mengklasifikasi objek atau kasus (responden) ke dalam kelompok yang relatif homogen, yang disebut klaster (Supranto, 2004: 142). Ini berbeda dari metode atau klasifikasi lainnya, seperti analisis diskriminan, dalam hal ini jumlah analisis kelompok dan karakteristik dari kelompok-kelompok didapat dari data dan tidak biasa diketahui sebelum dianalisis. Saat ini analisis *cluster* telah banyak dipakai untuk berbagai disiplin ilmu, seperti: ilmu analisis regional yang mengelompokkan penduduk berdasarkan demografi dan tingkat penghasilannya, penelitian pemasaran yang mengelompokkan pelanggan ke dalam segmen yang didasarkan pada perilaku konsumen dan pemakai produk. Langkah-langkah Analisis Cluster: (1) Penentuan Spesifikasi, (2) Pengambilan Sample, (3) Mendeteksi *Outliers*, (4) Memformulasikan Masalah, (5) Memilih Ukuran Jarak atau Ukuran Kesamaan, yaitu : asosiasi atau korelasi antar objek, dan kedekatan atau jarak antar objek. (6) Memilih Suatu Prosedur Pengelompokan, (7) Membuat Keputusan Tentang Jumlah Kelompok, (8) Menafsirkan dan Membuat Profil Kelompok, (9) Melakukan Pengkajian Keandalan dan Validitas.

### **Kuesioner**

Kuesioner adalah suatu daftar pertanyaan yang akan diberikan kepada responden berupa angket yang terdiri dari baris-baris dan kolom-kolom, sehingga diharapkan responden menjawab seluruh pertanyaan yang telah disediakan (Supranto, 2001, 27). Komponen-komponen inti dalam pembuatan kuesioner : (1) Adanya subjek penelitian, yaitu individu atau lembaga yang akan diteliti, (2) Adanya petunjuk pengisian kuesioner yang mudah dimengerti oleh responden, (3) Adanya ajakan atau permohonan peneliti kepada responden untuk mengisi kuesioner secara aktif dan objektif, (4) Adanya lembar pertanyaan dan pernyataan serta lebar untuk mengisi jawaban. Ada 3 jenis pertanyaan dalam kuesioner, yaitu :

- 0) Pertanyaan terbuka, yaitu responden bebas menjawab dengan kata-katanya sendiri dan dapat menyatakan ide-ide yang dianggap tepat.
- 1) Pertanyaan semi terbuka, yaitu bentuk pertanyaan yang jawabannya telah disediakan namun masih ada kemungkinan untuk jawaban tambahan.
- 2) Pertanyaan tertutup, yaitu pertanyaan yang telah disertai pilihan jawaban dimana responden tinggal memilih salah satu jawaban yang tersedia.

Jenis kuesioner yang digunakan dalam penelitian adalah kuesioner tertutup yang merupakan kuesioner yang terdiri dari pertanyaan dengan jawaban tertentu sebagai pilihan. Responden memilih jawaban yang paling sesuai dengan pendiriannya, namun tetap saja ada kelebihan dan kekurangannya.

**Uji Validitas.**

Pengujian untuk menunjukkan sejauhmana suatu alat dapat mengukur apa yang ingin diukur.

$$r = \frac{n \sum XiYi - [\sum Xi][\sum Yi]}{\sqrt{[n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2][n \sum Yi^2 - (\sum Yi)^2]}} \dots\dots\dots(1)$$

**Uji Reliabilitas.**

Indeks yang menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur dapat dipercaya atau dapat diandalkan.

$$\sigma_{b^2} = \frac{\sum Xi \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n} \dots\dots\dots(2)$$

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengumpulan Data**

Tabel 1. Merek-merek pelembap

No	Merek Pelembab	Jumlah Responden	%
1	Sariayu	10	100
2	La Tulipe	6	60
3	Ristra	2	20
4	Tul Jie	1	10
5	Revlon	1	10
6	Biokos	6	60
7	Ponds	10	100
8	Olay	7	70
9	Garnier	3	30
10	Mustika Ratu	5	50
11	Viva	7	70
12	Nivea	8	80
13	Citra	7	70

Tabel 2. Karakteristik pelembap (xi)

No	Alasan/ karakteristik	Jumlah Responden	%
1	Image produk/ iklan	5	50
2	Harga murah	9	90
3	Design kemasan menarik	8	80
4	Warna kemasan menarik	1	10
5	Bentuk sediaan pelembab	1	10
6	Tidak membuat iritasi kulit	7	70
7	Efek melembabkan	7	70
8	Efek memutihkan	3	30
9	Wangi pelembab	2	20
10	Mudah menyerap	7	70
11	Tidak lengket	1	10
12	Tidak berminyak	2	20
13	Nyaman di kulit	3	30

Dalam penelitian ini 8 merek pelembap saja ke dalam kuesioner utama karena persentasenya di atas 50% (Kaiser-Meiyer-Olkin = KMO), yaitu merek Sariayu, Ponds, Biokos, Olay, Citra Hazeline, Nivea, Viva dan La Tulipe. Sedangkan karakteristik yang didapat, seluruhnya dimasukkan kedalam kuesioner utama, karena peneliti menilai seluruh karakteristik ini penting untuk dijadikan variabel penelitian.

### Uji Validitas

Tabel 3. Perbandingan Nilai Korelasi

Variabel Penelitian	Nilai Korelasi @	Nilai r tabel (n=50, $\alpha=1\%$ )	Keterangan	Kesimpulan
X <sub>1</sub>	0.9602	$\alpha=1\% \rightarrow 0.3540$	r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>2</sub>	0.9656		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>3</sub>	0.9607		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>4</sub>	0.9758		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>5</sub>	0.9903		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>6</sub>	0.9944		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>7</sub>	0.9768		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>8</sub>	0.9860		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>9</sub>	0.9943		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>10</sub>	0.9985		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>11</sub>	0.9932		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>12</sub>	0.9917		r positif, hitung > r tabel	Valid
X <sub>13</sub>	0.9955		r positif, hitung > r tabel	Valid

Berdasarkan Tabel 3. seluruh nilai korelasi hasil perhitungan berada di atas angka kritik dengan taraf signifikansi 1%,  $n = 50$  sebesar 0,361 (Suharsimi, 1993: 326). Sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh variabel penelitian tersebut valid.

### Uji Reliabilitas

**Tabel 4. Perhitungan Nilai Alpha untuk Uji Reliabilitas**

RELIABILITY ANALYSIS-SCALE (ALPHA)				
Item-total S tatic				
	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Alpha if Item Deleted
X <sub>1</sub>	46.6346	27.3737	0.3258	0.8800
X <sub>2</sub>	46.9808	28.2937	0.2397	0.8834
X <sub>3</sub>	46.6923	28.8054	0.1478	0.8908
X <sub>4</sub>	45.7692	24.9261	0.6277	0.8608
X <sub>5</sub>	45.8846	24.3394	0.7809	0.8508
X <sub>6</sub>	45.6346	26.5109	0.6691	0.8602
X <sub>7</sub>	46.5577	28.2907	0.3308	0.8759
X <sub>8</sub>	46.0962	26.2063	0.5740	0.8639
X <sub>9</sub>	45.7885	24.8759	0.8410	0.8494
X <sub>10</sub>	45.6346	26.3149	0.9141	0.8536
X <sub>11</sub>	45.7500	25.6814	0.7590	0.8549
X <sub>12</sub>	45.7115	25.8563	0.6999	0.8575
X <sub>13</sub>	45.7115	26.3269	0.6604	0.8601
Reliability Coefficient = 0.8744				
N of cases = 52.0			N of items = 13	
Alpha = 0.8744				

Berdasarkan tabel 4., nilai alpha total adalah 0,8744 hal ini menunjukkan bahwa penelitian ini reliabilitasnya tinggi, karena nilainya di atas 0,60 (Nunnally, 1969).

### Analisa Faktor

**Tabel 5. Rotated Component Matrix**

Variable	Component Matrix			
	1	2	3	4
X <sub>1</sub>	0.165	-0.012	0.757	-0.292
X <sub>2</sub>	0.156	0.256	0.223	0.782
X <sub>3</sub>	-0.021	0.339	0.261	-0.756
X <sub>4</sub>	0.264	0.799	0.103	-0.143
X <sub>5</sub>	0.439	0.822	0.030	-0.056
X <sub>6</sub>	0.246	0.888	0.000	0.234
X <sub>7</sub>	0.085	0.089	0.756	0.290
X <sub>8</sub>	0.695	0.105	0.206	0.169
X <sub>9</sub>	0.629	0.460	0.406	-0.211
X <sub>10</sub>	0.760	0.487	0.286	-0.032
X <sub>11</sub>	0.854	0.382	-0.032	-0.037
X <sub>12</sub>	0.906	0.291	-0.151	0.037
X <sub>13</sub>	0.669	0.122	0.257	0.156

Extraction Method : Principal Component Analysis  
 Rotation Method : Varimax with Kaiser Normalization  
 a. Rotation converged in 7 iterations

Faktor 1 : karakteristik wangi pelembap, tidak membuat kulit teriritasi, mudah menyerap di kulit, tidak terasa lengket di kulit, tidak terasa berminyak di kulit dan terasa nyaman.

Faktor 2 : karakteristik image merek pelembap baik, bentuk sediaan pelembap dan kulit terasa lembap.

Faktor 3 : karakteristik harga pelembap murah dan kulit tampak lebih putih.

Faktor 4 : karakteristik design kemasan menarik dan warna kemasan menarik.

### Analisa Cluster

**Tabel 6. Karakteristik Cluster 1**

Merek	Variabel												
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>
M <sub>4</sub>	3.100	3.100	3.200	3.767	3.717	3.550	2.750	3.117	4.000	3.317	3.017	3.267	3.333
M <sub>6</sub>	3.333	3.217	3.333	3.300	3.617	3.850	3.833	3.700	3.600	3.283	3.500	3.400	3.367
M <sub>8</sub>	2.983	3.300	3.550	3.917	3.683	3.717	3.067	3.433	3.650	3.200	3.383	3.050	3.250
Rata-rata	3.139	3.206	3.361	<b>3.661</b>	<b>3.672</b>	<b>3.706</b>	3.217	3.417	<b>3.750</b>	3.267	3.300	3.239	3.317

**Tabel 7. Karakteristik Cluster 2**

Merek	Variabel												
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>
M <sub>1</sub>	3.683	3.517	3.417	3.217	3.717	3.650	2.517	2.450	3.800	3.433	3.517	3.233	3.550
M <sub>2</sub>	2.617	4.583	4.450	3.450	4.217	3.600	3.983	3.233	3.933	3.183	3.533	3.433	3.500
M <sub>3</sub>	3.483	4.050	4.183	3.767	4.000	3.633	3.000	2.983	3.683	3.517	3.500	3.200	3.450
M <sub>5</sub>	3.483	3.767	3.483	3.333	3.900	3.100	3.150	2.833	3.600	3.217	2.767	2.433	2.783
M <sub>7</sub>	4.250	3.000	2.800	3.000	3.433	3.917	3.067	3.517	3.583	3.717	3.650	3.650	3.783
Rata-rata	<b>3.739</b>	<b>3.606</b>	3.489	3.367	<b>3.778</b>	3.550	3.072	3.111	<b>3.622</b>	3.483	3.306	3.094	3.339

Nilai setiap variabel yang memiliki nilai *centroid*  $\geq 3,6$  akan dimasukkan sebagai karakteristik utama setiap cluster. Dalam hal ini, peneliti telah memberi warna merah pada *centroid* yang memiliki nilai di atas 3,6. Berdasarkan tabel di atas, maka dapat diketahui bahwa :

Cluster 1 beranggotakan merek Olay, Nivea dan La Tulipe. Mengandung variabel X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>, X<sub>6</sub> dan X<sub>9</sub>. Sedangkan variabel yang menjadi kekurangan dari cluster 1 adalah X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>7</sub>, X<sub>8</sub>, X<sub>10</sub>, X<sub>11</sub>, X<sub>12</sub> dan X<sub>13</sub>.

Cluster 2 beranggotakan merek Sari Ayu, Ponds, Biokos, Citra Hazeline dan Viva. Mengandung variabel X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>5</sub> dan X<sub>9</sub>. Sedangkan variabel yang menjadi kekurangan dari cluster 2 adalah X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>6</sub>, X<sub>7</sub>, X<sub>8</sub>, X<sub>10</sub>, X<sub>11</sub>, X<sub>12</sub> dan X<sub>13</sub>.

Adapun penjelasan mengenai karakteristik yang dimiliki setiap cluster dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 8. Karakteristik Utama setiap Cluster**

Cluster	Karakteristik Utama	
	Kelebihan	Kekurangan
Cluster 1 :		
Olay, Nivea dan La Tulipe	Image merek pelembap baik Bentuk sediaan pelembap Kulit terasa lembap Tidak membuat kulit teriritasi	Harga murah Design kemasan menarik Warna kemasan menarik kulit tampak lebih putih Wangi pelembap Mudah menyerap di kulit Tidak terasa lengket di kulit Tidak terasa berminyak di kulit
Cluster 2 :		
Sariayu, Ponds, Biokos, Citra Hazeline dan Viva	Harga pelembap murah Design kemasan menarik Bentuk sediaan pelembap Tidak membuat kulit teriritasi	Warna kemasan menarik Bentuk sediaan pelembap Kulit terasa lembap kulit tampak lebih putih Wangi pelembap Mudah menyerap di kulit Tidak terasa lengket di kulit Tidak terasa berminyak di kulit

**Tabel 9. Karakteristik Setiap Merek Pelembap**

Merek	Variabel												
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>
Sariayu	<b>3.683</b>	3.517	3.417	3.217	<b>3.717</b>	<b>3.650</b>	2.517	2.450	3.800	3.433	3.517	3.233	3.550
Ponds	2.617	<b>4.583</b>	<b>4.450</b>	3.450	<b>4.217</b>	<b>3.600</b>	<b>3.983</b>	3.233	3.933	3.183	3.533	3.433	3.500
Biokos	3.483	<b>4.050</b>	<b>4.183</b>	<b>3.767</b>	<b>4.000</b>	<b>3.633</b>	3.000	2.983	3.683	3.517	3.500	3.200	3.450
Olay	3.100	3.100	3.200	<b>3.767</b>	<b>3.717</b>	<b>3.550</b>	2.750	3.117	4.000	3.317	3.017	3.267	3.333
Citra Hazeline	3.483	<b>3.767</b>	3.483	3.333	<b>3.900</b>	3.100	3.150	2.833	<b>3.600</b>	3.217	2.767	2.433	2.783
Nivea	3.333	3.217	3.333	3.300	<b>3.617</b>	<b>3.850</b>	<b>3.833</b>	<b>3.700</b>	<b>3.600</b>	3.283	3.500	3.400	3.367
Viva	<b>4.250</b>	3.000	2.800	3.000	3.433	<b>3.917</b>	3.067	3.517	3.583	<b>3.717</b>	<b>3.650</b>	<b>3.650</b>	<b>3.783</b>
La Tulipe	2.983	3.300	3.550	<b>3.917</b>	<b>3.683</b>	<b>3.717</b>	3.067	3.433	<b>3.650</b>	3.200	3.383	3.050	3.250

Karakteristik utama setiap merek adalah variabel yang mengandung nilai rata-rata yang lebih besar daripada yang lain atau lebih tepatnya mempunyai nilai  $\geq 3,6$ . Sedangkan variabel yang mengandung nilai rata-rata  $< 3,6$ , merupakan karakteristik yang belum atau kurang dimiliki oleh merek tersebut.



Sehingga dapat diketahui kekurangan dan kelebihan karakteristik setiap merek, khususnya Sariayu dan Biokos. Kekurangan dan kelebihan karakteristik-karakteristik untuk pelembap merek Sariayu dan Biokos dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 10. Karakteristik Utama Sariayu**

Merek	Karakteristik	Nilai
Sariayu	Harga pelembap murah	<b>3.683</b>
	Design kemasan menarik	3.517
	Warna kemasan menarik	3.417
	Image merek pelembap baik	3.217
	Bentuk sediaan pelembap	<b>3.717</b>
	Kulit terasa lembap	<b>3.650</b>
	Kulit tampak lebih putih	2.517
	Wangi pelembap	2.450
	Tidak menyebabkan iritasi	<b>3.800</b>
	Mudah menyerap di kulit	3.433
	Tidak terasa lengket di kulit	3.517
	Tidak terasa berminyak di kulit	3.233
	Nyaman di kulit	3.550

**Tabel 11. Karakteristik Utama Biokos**

Merek	Karakteristik	Nilai
Biokos	Harga pelembap murah	3.483
	Design kemasan menarik	<b>4.050</b>
	Warna kemasan menarik	<b>4.183</b>
	Image merek pelembap baik	<b>3.767</b>
	Bentuk sediaan pelembap	<b>4.000</b>
	Kulit terasa lembap	<b>3.633</b>
	Kulit tampak lebih putih	3.000
	Wangi pelembap	2.983
	Tidak menyebabkan iritasi	<b>3.683</b>
	Mudah menyerap di kulit	3.517
	Tidak terasa lengket di kulit	3.500
	Tidak terasa berminyak di kulit	3.200
	Nyaman di kulit	3.450

#### IV. KESIMPULAN

Hasil analisis faktor dari 13 variabel yang mempengaruhi konsumen dalam memilih merek pelembap, yaitu: faktor 1 merupakan faktor yang banyak memiliki variabel, sehingga peneliti menyimpulkan bahwa faktor 1 mempunyai pengaruh yang kuat terhadap preferensi konsumen. Faktor *loading* terbesar pada karakteristik tidak terasa berminyak di kulit, dengan nilai faktor *loading* sebesar 0,906. Faktor 2 merupakan faktor kedua terpenting dan mempunyai faktor *loading* terbesar pada karakteristik kulit terasa lembab, dengan nilai faktor *loading* sebesar 0,888. Faktor 3 mempunyai faktor *loading* terbesar pada karakteristik harga pelembap murah, dengan nilai faktor *loading* sebesar 0,757. Faktor 4 mempunyai faktor *loading* terbesar pada karakteristik *design* kemasan menarik, dengan nilai faktor *loading* sebesar 0,782.

Sedangkan hasil analisis cluster dalam mengelompokkan merek-merek pelembap berdasarkan kesamaan karakteristik yang dimiliki, yaitu : *Cluster* 1, beranggotakan merek Olay, Nivea dan La Tulipe. Karakteristik utama yang dimiliki oleh *cluster* 1 adalah tidak membuat kulit teriritasi, dengan nilai 3,750. *Cluster* 2, beranggotakan merek Sari Ayu, Ponds, Biokos, Citra Hazeline dan Viva. Karakteristik utama yang dimiliki oleh *cluster* 2 adalah bentuk sediaan pelembap, dengan nilai 3,778.

Hasil analisis karakteristik setiap merek, yaitu: Sari Ayu mempunyai karakteristik utama, yaitu tidak membuat kulit teriritasi, dengan nilai 3,800, sedangkan kekurangannya adalah kulit tidak tampak lebih putih ketika menggunakan pelembap ini, dengan nilai 2,517. Biokos mempunyai karakteristik utama, yaitu warna kemasan menarik, dengan nilai 4,183, sedangkan kekurangannya adalah karakteristik wangi pelembap, dengan nilai 2,983.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Gerson, Richard F., ***Mengukur Kepuasan Pelanggan***, PPM, Jakarta, 1993.
2. Kotler, Philip, ***Manajemen Pemasaran, Marketing Manajemen, 9e***, PT Prenhallindo, Jakarta, 1998.
3. Malhotra, ***Marketing Research : An Applied Orientation***, fourth edition, Pearson Education, New Jersey, 2004.
4. Marzuki, ***Metodologi Riset***, Cetakan 7, BPFE UII, Yogyakarta, 2000
5. Simamora, ***Analisis Multivariat Pemasaran***, Cetakan pertama, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2005.
6. Supranto, ***Tehnik Pemasaran dan Ramalan Penjualan***, Rineka Cipta, Jakarta, 2001
7. Supranto, ***Analisis Multivariat: Arti & Interpretasi***, Rineka Cipta, Jakarta, 2004.
8. Suharsimi, ***Prosedur Penelitian***, Cetakan 11, Rineka Cipta, Jakarta, 1998

\* *Dosen Teknik Industri Universitas Darma Persada.*

## 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