

4. KAJIAN PENGEMBANGAN

4.1. Dasar Teori

4.1.1. Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat dikenal pula dengan nama diagram *fishbone* (diagram tulang ikan) atau diagram *ishikawa*. Diagram ini digunakan untuk merangkum semua kemungkinan penyebab dari adanya variasi dalam proses atau masalah-masalah yang lain. Dengan diagram ini semua penyebab-penyebab variasi atau penyebab-penyebab dari masalah kualitas akan terorganisir menjadi kategori-kategori yang logis. Diagram ini akan sangat membantu sebuah tim untuk memfokuskan perhatian pada kemungkinan penyebab yang berbeda dan oleh karena itu diagram ini merupakan alat yang sangat berguna dalam membangkitkan dan mengatur usaha-usaha peningkatan sebuah proses.

4.1.2. Diagram *Pareto*

Pareto berarti ‘*prioritization*’ (*prior* = unggul, nomor satu; *prioritization* = pengurutan dari yang paling unggul). Analisa *pareto* mengurutkan data-data yang terjadi berdasarkan tipe, kategori atau klasifikasi yang lainnya. Alat ini membantu kita untuk fokus pada sesuatu yang penting.

4.1.3. Analisa Keputusan

4.1.3.1. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan suatu teknik pengambilan keputusan yang memasukkan kriteria ganda baik yang bersifat nyata (*tangible*), tidak nyata (*intangible*), kuantitatif maupun kualitatif yang memperhitungkan juga adanya konflik ataupun perbedaan-perbedaan pendapat. Metode tersebut merupakan bagian dari teknik *Multiple Attribute Decision Making* (MADM).

MADM adalah kategori dari *Multi Criteria Decision Making* yang menyangkut masalah pemilihan, dimana analisa matematis tidak terlalu banyak

dibutuhkan atau dapat digunakan untuk pemilihan hanya terhadap sejumlah kecil alternatif saja.

Multi Criteria Decision Making (MCDM) merupakan teknik pengambilan keputusan dari berbagai pilihan alternatif. Unsur-unsur yang terdapat dalam MCDM adalah:

1. *Attribute*

Attribute dalam hal ini adalah untuk menerangkan, memberikan ciri kepada suatu obyek. Misalnya mengenai tinggi, panjang, lebar dan sebagainya.

2. *Obyektif*

Obyektif dalam hal ini menyatakan arah perbaikan atau kesukaan terhadap *attribute*, misalnya memaksimalkan umur, meminimalkan harga dan sebagainya.

3. *Goal*

Goal ditentukan terlebih dahulu sebelumnya.

Pada metode AHP ada beberapa aksioma yang harus diperhatikan:

1. *Reciprocal condition axiom*

Aksioma ini menyatakan bahwa suatu alternatif dengan alternatif lain bersifat berkebalikan. (jika alternatif A = n maka alternatif B = $1/n$)

2. *Homogeneity*

Aksioma ini menjelaskan bahwa dalam membandingkan suatu elemen haruslah seimbang.

3. *Dependence*

Aksioma ini memperbolehkan perbandingan antara sekumpulan elemen dengan sekumpulan elemen lainnya pada level yang lebih tinggi. Perbandingan pada level bawah tergantung pada elemen di level atas.

4. *Expectation*

Aksioma ini menyatakan bahwa suatu perubahan pada struktur akan membutuhkan suatu evaluasi baru daripada hieraki.

Dalam AHP terdapat 4 prinsip sebagai petunjuk, yaitu:

1. *Decomposition*

Mengetahui dan merumuskan masalah apa saja yang sedang dihadapi dan mencari faktor-faktor yang mempengaruhi masalah tersebut.

2. *Comparative judgments*

Penilaian dengan cara membandingkan antara faktor yang satu dengan yang lain.

3. *Syntesis of priorities*

Membuat suatu prioritas sebelum mengambil keputusan.

4. *Sensitivity Analysis*

Menganalisa hasil dari metode AHP apakah telah sesuai dengan intuisi pembuat.

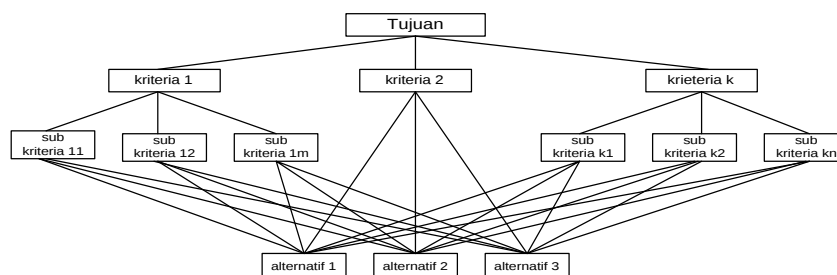
4.1.3.2. Struktur Hierarki

Hubungan antara 4 prinsip diatas akan disajikan dalam bentuk hierarki, artinya tersusun atas beberapa level, dimana setiap level terdapat beberapa kriteria.

Keuntungan daripada hierarki tersebut adalah:

1. Pernyataan secara hierarki dari suatu sistem dapat digunakan untuk menerangkan bagaimana perubahan bobot prioritas pada level atas akan mempengaruhi elemen pada level-level dibawahnya.
2. Dengan membuat level-level. Dengan membuat level-level tersebut pengambil keputusan dapat memfokuskan perhatiannya hanya pada sekelompok kecil kriteria, sehingga keputusan yang diambil dapat lebih realistis terutama untuk sistem yang kompleks.

Sehingga secara umum struktur hierarki dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.4
Struktur Hierarki

4.1.3.3. Perbandingan Berpasangan (*Pairwise Comparison*)

AHP menggunakan skala 1-9 untuk perbandingan berpasangan, dimana:

- 1 = *equal importance*, dimana 2 kriteria memberikan kontribusi yang sama terhadap level diatasnya.
- 3 = *moderate importance*, dimana satu kriteria lebih sedikit diunggulkan daripada yang lain.
- 5 = *essential, strong importance*, dimana satu kriteria lebih diunggulkan daripada yang lain.
- 7 = *demonstrated importance*, dimana satu kriteria jauh lebih diunggulkan atau lebih penting.
- 9 = *extreme importance*, dimana keunggulan satu kriteria yang tidak dapat dipertanyakan lagi.

Nilai 2,4,6,8 adalah *grey area*, yaitu nilai-nilai diantaranya (pada saat diperlukan suatu kompromi).

Jika terdapat n kriteria maka akan terdapat $\{n(n-1)\}/2$ perbandingan berpasangan. Jika $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ adalah himpunan kriteria-kriteria atau alternatif dimana nilai-nilai perbandingan diberikn dalam matriks A sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ M & M & & M \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Dimana:

- $a_{ii} = 1, \forall i$
- jika $a_{ij} = a$ maka $a_{ji} = 1/a, a \neq 0$
- jika C_i dinyatakan sama pentingnya (*equal importance*) terhadap C_j maka $a_{ij} = a_{ji} = 1$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & a_{22} & L & a_{2n} \\ M & M & & M \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & L & a_{nn} \end{bmatrix}$$

4.1.3.4. Normalisasi

Pada normalisasi dapat digunakan 3 cara, yaitu:

1. Rata-rata Aritmatik.
2. Rata- rata geometrik.
3. Penjumlahan elemen baris.

4.1.3.5. Pembobotan

Dalam matriks *pairwise comparison* dapat dicari bobot dari tiap-tiap kriteria atau alternatif, yaitu W_i . W_i dapat diperoleh dengan menormalkan rata-rata geometri.

$$W_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Sedangkan $l \max$ dapat dicari dengan menggunakan penjumlahan dari perkalian antara bobot dengan penjumlahan masing-masing kolom dari matriks tersebut.

Tabel 4.1

Tabel matriks dengan ordo 3 X 3

Matriks	A1	A2	A3	Normalization	Weight
A1	A11	A12	A13	N1	W1
A2	A21	A22	A23	N2	W2
A3	A31	A32	A33	N3	W3
	J1	J2	J3	Nt	
$l \max$	$(J1 \times W1) + (J2 \times W2) + (J3 \times W3)$				

$$J1 = A11 + A21 + A31 \dots\dots\dots (4.2)$$

$$J2 = A12 + A22 + A32 \dots\dots\dots (4.3)$$

$$J3 = A13 + A23 + A33 \dots\dots\dots (4.4)$$

$$Nt = N1 + N2 + N3 \dots\dots\dots (4.5)$$

4.1.3.6. Indek Konsistensi

Merupakan ukuran konsistensi dari suatu perbandingan, yang dinyatakan dengan CI.

$$CI = \frac{(I_{\max} - n)}{n - 1} \dots\dots\dots (4.6)$$

4.1.3.7 Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi (CR) menyatakan seberapa besar derajat *inconsistency* dari penetapan nilai perbandingan antar kriteria yang telah dibuat.

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (4.7)$$

Nilai $CR \leq 0.1$ masih dapat ditoleransi jika $CR > 0.1$ maka penetapan nilai perbandingan antar kriteria yang telah dibuat perlu direvisi.

4.1.4. Keandalan (*Reliability*)

4.1.4.1. Pengertian tentang Kerusakan

Suatu alat atau mesin dikatakan rusak apabila mesin atau alat tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Langkah yang diambil apabila menemukan adanya kerusakan peralatan atau mesin adalah dengan melakukan perbaikan peralatan atau mesin tersebut. Langkah pertama dalam melakukan perbaikan adalah dengan mencari penyebab kerusakan tersebut, kemudian menganalisa penyebab tersebut dengan seksama. Langkah berikutnya adalah dengan melakukan tindakan perbaikan yang telah diputuskan untuk diterapkan serta memastikan bahwa tindakan perbaikan yang diambil tersebut adalah tindakan yang paling tepat dengan mengadakan pemgontrolan secara periodik.

Dari langkah-langkah tersebut maka dapat dikatakan bahwa jika suatu peralatan atau mesin mengalami kerusakan, terutama untuk proses produksi yang kontinyu, maka akan menimbulkan kerugian yang tidak sedikit baik dari segi biaya maupun waktu. Dari pemikiran ini maka cara terbaik untuk menghindari terjadinya kerusakan peralatan atau mesin adalah dengan melakukan tindakan pencegahan, yang sering juga disebut sebagai *preventive maintenance*.

4.1.4.2. Pengertian tentang Perawatan/ *Maintenance*

Perawatan merupakan suatu kegiatan/ aktivitas pemeliharaan, menjaga fasilitas/ peralatan perusahaan serta mengupayakan untuk mengadakan suatu perbaikan / pergantian komponen yang diperlukan supaya tercapai suatu keadaan operasi produksi yang sesuai dengan target yang ditetapkan. Juga dapat diartikan sebagai tindakan yang harus dilakukan untuk memelihara, merawat, mereparasi, atau memperbaiki bagian yang diperlukan dari peralatan / mesin yang ada dengan adanya perawatan yang terencana maka peralatan / mesin yang ada dapat terjaga fungsinya sehingga kegiatan produksi dapat berjalan dengan baik.

a. Tujuan dari Perawatan/ *Maintenance* adalah :

- Mendukung kelancaran kegiatan produksi agar dapat mencapai target produksi serta memenuhi *demand* sesuai yang direncanakan.
- Menjaga kualitas produksi agar sesuai dengan standart yang ditetapkan.
- Mengurangi biaya *overhead* perusahaan yang diakibatkan oleh adanya kerusakan peralatan / mesin.
- Mengurangi resiko terjadinya kecelakaan kerja yang dapat terjadi

b. Peranan dari Perawatan/ *Maintenance*

Perusahaan seringkali menganggap remeh untuk kegiatan perawatan, sering juga sering dipandang sebagai kegiatan yang akan mengganggu operasi proses karena ada beberapa peralatan/ mesin yang memerlukan berhentinya proses produksi untuk mengadakan perawatan/ *maintenance*. Sebetulnya kegiatan perawatan/ *maintenance* sangat mendukung dalam kelancaran proses produksi, pencapaian *volume* produksi serta efisiensi proses. Dengan adanya perawatan yang rutin akan dapat memperkecil kemungkinan untuk terjadinya kemacetan yang diakibatkan oleh rusaknya peralatan/ mesin yang digunakan. Perawatan meliputi pergantian komponen, pelumasan (*lubrication*), pengecekan kondisi mesin serta menjaga kebersihan lingkungan di sekitar peralatan / mesin.

c. Jenis-jenis dari Perawatan/ *Maintenance*

Perawatan terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu:

- *Preventive maintenance*, adalah kegiatan pemeliharaan, perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga serta memberi masukan mengenai kemungkinan penyebab terjadinya kerusakan.

Terbagi menjadi 2 bagian yaitu *Septematic maintenance* dan *Condition based maintenance*. *Septematic maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan / perawatan peralatan / mesin secara rutin dan teratur dengan mengadakan suatu jadwal yang tetap untuk kegiatan tersebut. Sedangkan *Condition based maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan untuk peralatan dan mesin yang tergantung pada analisa yang diambil, berdasarkan pada kondisi mesin / peralatan yang mengalami kerusakan. Kegiatan pemeliharaan ini biasanya dilakukan pada kondisi peralatan atau mesin yang apabila terjadi kerusakan, menimbulkan kerugian yang lebih besar dari *Septematic maintenance*.

- *Corrective maintenance*, adalah kegiatan pemeliharaan, perawatan yang dilakukan pada saat/ setelah terjadinya kerusakan pada peralatan / mesin sehingga peralatan tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Sering disebut dengan kegiatan perbaikan (*repair*).

4.1.4.3. Pengertian tentang Keandalan

Pengertian dari keandalan secara umum adalah kemampuan dari suatu peralatan atau komponen selama periode tertentu. Suatu peralatan atau komponen dapat dikatakan andal apabila peralatan / komponen tersebut dapat menjalankan fungsinya dengan baik selama periode yang diharapkan. Dapat juga berarti tingkat peluang dari suatu peralatan untuk menjalankan fungsi yang diharapkan dari alat tersebut secara memuaskan dalam kondisi dan waktu operasional tertentu dan sesuai dengan tujuan dari perancangan peralatan tersebut.

a. Tujuan pengujian keandalan

Pengujian keandalan dilakukan untuk mengetahui apakah suatu peralatan/ mesin dapat bertahan beroperasi secara memuaskan pada kondisi dan waktu tertentu. Pengujian keandalan dapat dilakukan pada beberapa tahap, yaitu:

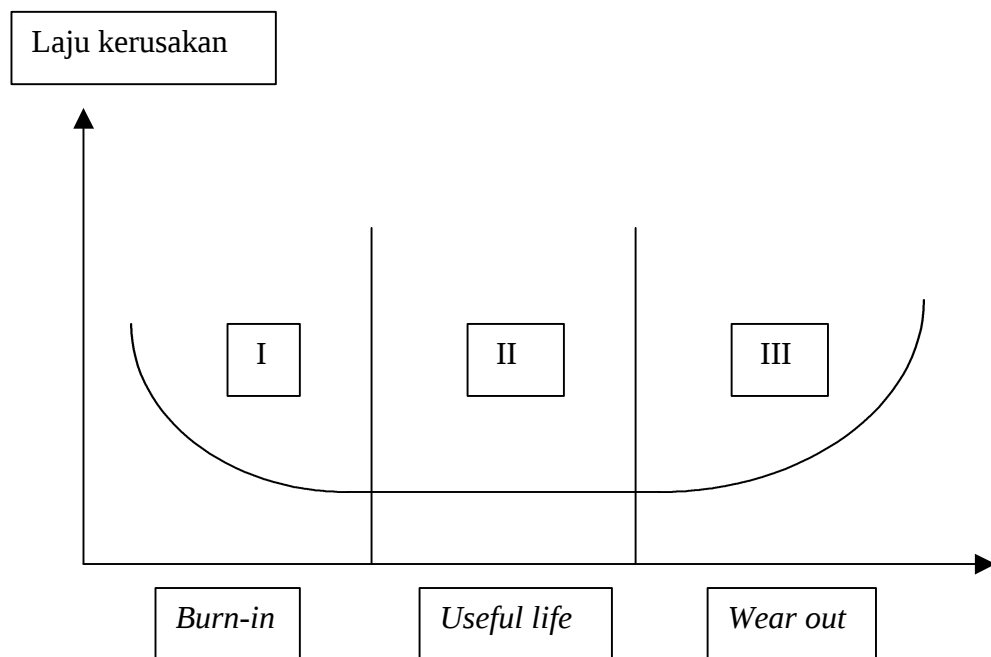
- Pengujian pada tahap perancangan, dilakukan pada *prototype* untuk menganalisa pola kegagalan dari sistem rancangan dan juga untuk memberi masukan mengenai perbaikan yang harus dilakukan.
- Pengujian pada tahap pabrikasi, dilakukan untuk mengetahui kualitas produk dan kesesuaiannya terhadap standart yang telah ditetapkan.
- Pengujian pada tahap operasional, dilakukan untuk menentukan laju kegagalan dan keandalan sistem, jadwal perawatan atau penggantian komponen yang diperlukan.

b. Pola-pola kerusakan

Terdapat 3 periode laju kerusakan yaitu:

- Periode *Burn-in/ infant mortality/ debugging*, periode dimana laju kerusakan produk semakin menurun seiring bertambahnya waktu. Biasanya dialami oleh produk pada masa produksi sebelum diedarkan ke pasar/ terpakai. Kerusakan ini bisa disebabkan oleh : prosedur pengendalian kualitas yang jelek, kualitas bahan tidak sesuai standart, proses produksi tidak berjalan dengan benar. Salah satu acara penanganannya adalah dengan membuat suatu perencanaan sistem kualitas penggunaan yang baik.
- Periode *Useful life/ masa penggunaan*, periode dimana laju kerusakan cenderung stabil atau konstan. Kerusakann yang terjadi tidak dapat diperkirakan atau sering disebut dengan *random failures/* kerusakan secara acak, yang biasanya disebabkan oleh: beban melebihi batas, perubahan lingkungan secara tiba-tiba.
- Periode *Wear-out* , periode dimana laju kerusakan yang terjadi semakin lama semakin meningkat. Biasanya disebabkan oleh: kurangnya perawatan terhadap peralatan, korosi atau gesekan, *overhaul*. Langkah penanganan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan sistem *preventive maintenance*, penggantian komponen secara teratur.

Kurva yang menunjukkan ketiga tahapan periode kerusakan tersebut disebut dengan “*Bathtup-Curve*”, dimana tergambar pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.2
Bathup Curve

c. Konsep *Avaibility* (Ketergunaan)

Avaibility/ ketergunaan dapat diartikan sebagai peluang suatu peralatan atau komponen pada saat $t = 0$ berada pada kondisi yang tetap. Untuk mencapai kondisi yang diinginkan pada waktu t , peralatan tersebut tidak boleh mengalami kegagalan selama jangka waktu t tersebut. Peralatan tersebut sudah harus diperbaiki sehingga pada saat t yang ditentukan, peralatan tersebut dapat berfungsi kembali dengan baik.

d. Fungsi keandalan

Keandalan merupakan probabilitas peralatan atau komponen dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Nilai keandalan berkisar antara 0 sampai 1 dan dipengaruhi oleh waktu sebagai variabel pengacaknya, sehingga dapat ditulis suatu fungsi yang menyatakan keandalan peralatan tersebut yaitu:

$R(t)$ = probabilitas peralatan dapat berfungsi dengan baik selama $(0,t)$

$R(t) = P(\text{peralatan beroperasi pada waktu } t)$

X = menyatakan umur suatu peralatan, maka:

$F(t)$ = fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari umur/ *life time* peralatan

= fungsi distribusi kerusakan.

$$R(t) = P(x > t)$$

$$R(t) = 1 - P(x \leq t)$$

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots (4.8)$$

Fungsi dari peralatan (PDF) merupakan turunan dari CDF, yaitu:

$$f(t) = dF(t) : dt$$

$$f(t) = (-d(1-R(t))) : dt$$

$$f(t) = (-dR(t)) : dt$$

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt$$

$$R(t) = \int_t^\infty f(t)dt \dots\dots\dots$$

(4.9)

e. *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time Between Failure* (MTBF)

Mean life adalah rata-rata atau waktu ekspektasi dari terjadinya suatu kegagalan dari peralatan/ komponen identik yang beroperasi pada kondisi normal. *Mean life* ini sering juga disebut sebagai *Mean Time Between Failure* (MTBF) atau *Mean Time To Failure* (MTTF). MTBF digunakan untuk peralatan/ komponen yang telah diperbaiki atau yang dapat digunakan lagi setelah proses perbaikan yang disebabkan oleh adanya kerusakan/ kegagalan. MTTF digunakan untuk peralatan / komponen yang tidak dilakukan perbaikan dan sering juga digunakan untuk menyatakan suatu ekspektasi masa penggunaan peralatan, yang dinotasikan sebagai $E(t)$. Ekspektasi kerusakan tersebut dapat tuliskan dalam persamaan:

$$E(t) = \int_0^\infty t f(t) dt$$

Karena t selalu positif maka persamaan tersebut menjadi:

$$E(t) = \int_0^\infty t f(t) dt$$

$$E(t) = \int_0^\infty t dF(t)$$

$$E(t) = \int_0^\infty t d(1-R(t))$$

$$E(t) = - \int_0^\infty t dR(t) \dots\dots\dots$$

(4.10)

Dengan menggunakan bantuan integral parsial maka persamaan tersebut menjadi:

$$u \cdot v = u \cdot v - \int u \cdot dv$$

Misalkan : $u = t$ dan $v = R(t)$

$$du = dt \quad \text{dan} \quad dv = dR(t)$$

$$E(t) = -t R(t) + \int_0^t R(t) dt$$

$$E(t) = \int_0^t R(t) dt$$

Maka :

$$MTTF = E(t) = \int_0^t R(t) dt \dots\dots\dots$$

(4.11)

f. *Mean Time To Repair* (MTTR)

Mean Time To Repair atau dapat juga disebut *Mean Correvtive Maitenance Time* (**Mct**) adalah nilai yang mempresentasikan rata-rata aritmatik dari siklus perbaikan-perawatan/ *maintenance* yang individual untuk sejumlah tindakan perbaikan-perawatan selama tahap penggunaan komponen tersebut, atau lebih sederhana adalah perkiraan waktu siklus untuk menentukan kapan dilakukan perawatan/ perbaikan.

Pada umumnya mempunyai 3 jenis distribusi yaitu : Distribusi normal, Distribusi Lognormal dan Distribusi Eksponensial.

- Distribusi normal biasanya terjadi pada komponen mekanik dan elektro-mekanik, biasanya merupakan konsep perawatan dengan penggantian komponen. Misalkan T adalah waktu yang diperlukan untuk memperbaiki suatu komponen, yang diukur dari waktu terjadinya kerusakan. Variabel T biasanya tidak sama panjangnya satu dengan yang lain, atau bisa juga disebut variabel acak. Dan diketahui mempunyai fungsi probabilitas kepadatan (*probability density function*) yaitu: $h(t)$, maka dapat diperoleh fungsi distribusi kumulatif (*cumulative distribution function*), yang menyatakan probabilitas bahwa perbaikan tersebut akan selesai dalam jangka waktu T , adalah:

$$\Pr \{ T \leq t \} = H(t) = \int_0^t h(t') dt' \dots\dots\dots(4.12)$$

Rumus umum dari MTTR adalah :

$$\int_0^{\infty} t h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \dots\dots\dots(4.13)$$

Untuk memperoleh nilai varians dari distribusi perbaikan, dapat digunakan rumus:

$$s^2 = \int_0^{\infty} (t - MTTR)^2 h(t) dt \dots\dots\dots ..$$

(4.14)

- Distribusi eksponensial biasanya terjadi pada peralatan elektronik yang mempunyai kemampuan uji tingkat tinggi serta sering mengalami penggantian komponen. Namun seringkali menunjukkan hasil yang kurang baik. Rumus untuk fungsi distribusi kumulatif (*cumulative distribution function*), yang menyatakan probabilitas bahwa perbaikan tersebut akan selesai dalam jangka waktu T , adalah:

$$H(t) = \int_0^t \frac{e^{-t'/MTTR}}{MTTR} dt' = 1 - e^{-t/MTTR} \dots\dots\dots ..$$

(4.15)

dimana $r = 1/MTTR \dots\dots\dots ..$

(4.16)

r = laju dari perbaikan (*repair rate*) yang menyatakan jumlah perbaikan per satuan waktu

- Distribusi lognormal biasanya terjadi pada peralatan elektronik yang tidak mempunyai kemampuan uji tingkat tinggi serta mempunyai durasi waktu perawatan yang tidak sama. Bisa juga terjadi pada peralatan elektromekanik yang mempunyai waktu perbaikan yang bervariasi. Fungsi probabilitas kepadatan (*probability density function*) dari distribusi lognormal ini adalah :

$$h(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot t \cdot s} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \frac{[\ln(t/t_{med})]^2}{s^2} \right\} \quad t > 0 \dots\dots\dots ..$$

(4.17)

dimana t_{med} adalah median dari waktu perbaikan dan s adalah shape parameter.

Sedangkan untuk fungsi distribusi kumulatif (*cumulative distribution function*), yang menyatakan probabilitas bahwa perbaikan tersebut akan selesai dalam jangka waktu T , adalah:

$$\Pr \{ T \leq t \} = H(t) = f\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \dots\dots\dots (4.18)$$

Dimana ϕ adalah *standardized normal cumulative distribution*.

Sehingga rumus MTTR untuk distribusi ini adalah:

$$MTTR = t_{med} \cdot e^{s^2/2} \dots\dots\dots (4.19)$$

$$MTTR = e^{[(\hat{\lambda} + \hat{\phi})/2]} \dots\dots\dots (4.20)$$

Laju perbaikan atau *Repair rate* dan waktu untuk perbaikan dapat digunakan untuk menunjang rumus :

$$P_r = 1 - P_{no\ repair} = 1 - e^{-\hat{\lambda}\hat{\phi}} \dots\dots\dots (4.21)$$

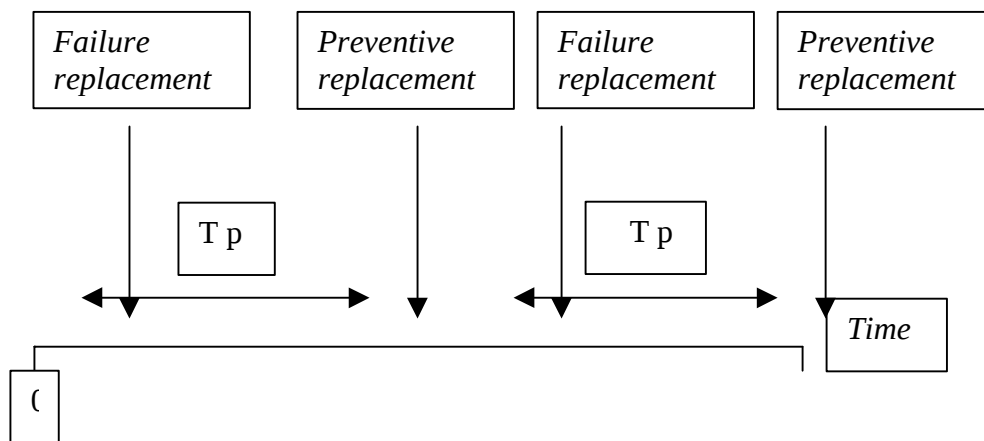
Dimana P_r adalah probabilitas untuk menyelesaikan tindakan perbaikan dalam jangka waktu yang ditetapkan sebelumnya. $P_{no\ repair}$ adalah probabilitas tindakan perawatan tidak terpenuhi dalam waktu yang ditentukan. $\hat{\lambda}$ adalah *repair rate* dan $\hat{\phi}$ adalah interval waktu yang ditentukan untuk perbaikan.

4.1.4.4. Keputusan untuk mengadakan Penggantian (*Replacement Decision*)

Keputusan penggantian yang dilakukan pada laporan ini bertujuan untuk mengembalikan komponen / peralatan ke kondisi awalnya, sehingga asumsi yang digunakan adalah setelah dilakukan kegiatan penggantian maka peralatan/komponen akan berjalan seperti kondisi pada saat peralatan tersebut masih baru. Biaya-biaya yang timbul akibat adanya kegiatan penggantian ini diasumsikan tetap dan distribusi kegagalan yang terjadi juga diasumsikan tetap. Keputusan yang diambil tidak menyangkut perubahan peralatan / komponen dengan karakteristik yang lebih tinggi dari peralatan yang sudah ada sekarang.

a. Model penggantian yang optimal

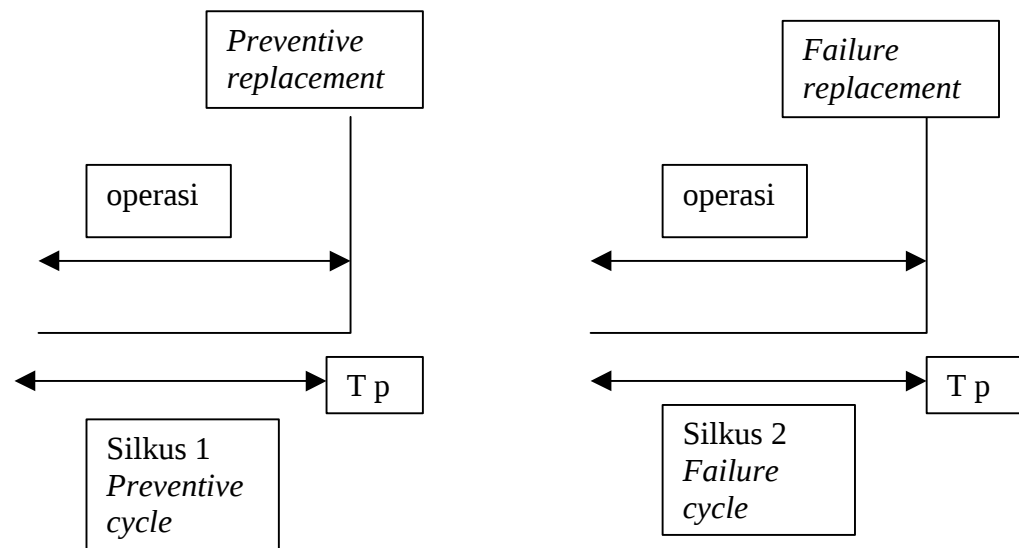
Model yang digunakan adalah melakukan tindakan penggantian komponen secara *preventive* segera sesudah terjadi *failure replacement*, selang waktu t_p diukur dari saat dilakukannya *failure replacement*.



Gambar 4.3
Pembentukan Model

Pembentukan model :

- C_p adalah biaya penggantian *preventive*, meliputi biaya kehilangan produksi per jam dan harga komponen per unit yang mengalami penggantian
- C_f adalah biaya *failure replacement*, meliputi biaya kehilangan produksi per jam dan harga komponen per unit yang mengalami penggantian.
- $F(t)$ adalah fungsi kepadatan probabilitas dari waktu kerusakan mesin
- Penggantian peralatan / komponen dilakukan melalui preventive maintenance setelah mencapai umur tertentu (T_p) dan juga saat ditemukan adanya failure (kerusakan).
- Tujuan dari pembentukan model ini adalah meminimalisasi total penggantian per satuan waktu
- Dalam model ini terdapat 2 kemungkinan yaitu: penggantian komponen dikarenakan umur penggunaan yang telah habis (*preventive maintenance*) dan penggantian komponen karena mengalami kerusakan sebelum T_p (*failure replacement*)



Gambar 4.4

Siklus *Preventive and Failure Replacement*

Perhitungan Biaya Total adalah:

TC (tc) = (Total biaya penggantian komponen yang diperkirakan per siklus) :
(panjang siklus yang diperkirakan)

= (Total *expected replacement cost per cycle*) : (*expected cycle length*).

Total *expected replacement* dari 1 siklus *preventive cost per cycle* adalah:

= (biaya dari 1 siklus *preventive* x peluang dari siklus *preventive*) + (biaya dari 1 siklus *failure*)

$$= (C_p * R(t_p)) + (C_f * (1 - R(t_p))) \dots \dots \dots (4.22)$$

Expected cycle length adalah:

= (ekspektasi dari 1 siklus *preventive* x peluang siklus *preventive*) + (ekspektasi panjang dari 1 siklus *failure* x peluang siklus *failure*)

$$= (t_p * R(t_p)) + (ekspektasi panjang 1 siklus failure * (1 - R(t_p))) \dots \dots \dots (4.23)$$

dimana ekspektasi panjang 2 siklus *failure* * peluang terjadinya 1 siklus failure adalah:

$$\int_t^t f(t) dt \dots\dots\dots (4.24)$$

4.1.5. Peramalan

Peramalan didefinisikan sebagai suatu proses perkiraan permintaan di masa yang akan datang dengan menggunakan data masa lalu dalam hal jumlah, waktu, kualitas dan tempat. Peramalan merupakan jembatan antara perusahaan (sistem) dengan lingkungannya (konsumen), dimana peramalan ini merupakan dasar dari segala jenis perencanaan bagi perusahaan (produsen) dan sangat diperlukan dalam suatu lingkungan (kondisi pasar konsumen) yang tidak stabil.

4.1.5.1. Metode Peramalan secara Umum

Pada dasarnya ada dua metode peramalan, yaitu:

1. Kualitatif, terbagi menjadi 2, yaitu:

a. *Exploratory methods.*

Berawal dari masa lalu dan saat ini, kemudian bergerak ke masa depan dalam melakukan peramalan (contoh : *Delphi methods, S-curve methods, Morphological Research*).

b. *Normative methods.*

Melakukan peramalan dengan menentukan tujuan di masa yang akan datang terlebih dahulu, baru kemudian kembali ditinjau apakah hal ini dapat diterima. Metode ini dibatasi oleh sumber daya dan teknologi yang sesuai (contoh: *Decision Matrics, Relevance Trees, System Analysis*).

2. Kuantitatif, terbagi menjadi 2 yaitu:

a. *Kausal*

Metode ini memperkirakan jumlah *demand* di masa yang akan datang berdasarkan informasi kondisi-kondisi faktor penyebabnya di masa lalu.

b. *Time Series*

Metode ini berpatokan pada prinsip utama, yaitu *demand* sekarang dipengaruhi oleh *demand* masa lalu.

4.1.5.2. Input Dalam Sistem Peramalan

Input dalam peramalan bisa berupa data internal maupun data eksternal.

1. Data Internal

Merupakan data yang diperoleh dari dalam perusahaan sendiri. Data ini terdiri atas:

- a. Data Historis, yaitu data permintaan.
- b. Data *Subjective*, yaitu data yang berasal dari para karyawan perusahaan yang mempunyai sensitivitas tinggi terhadap perilaku konsumen (contoh: *salesman*).
- c. *Internal Survey*, yaitu dapat berupa kuesioner.

2. Data Eksternal

Merupakan data yang berasal dari luar perusahaan, misalnya kondisi ekonomi, kondisi sosial politik, kondisi teknologi yang diperkirakan akan mempengaruhi besarnya permintaan.

4.1.5.3. Pola Data

Ada empat pola data yang dikenal, yaitu:

1. *Stasioner*

Data yang ada cenderung tidak menunjukkan peningkatan atau penurunan selama selang waktu tertentu (stabil).

2. *Trend*

Data yang ada menunjukkan peningkatan atau penurunan secara teratur dalam jangka waktu yang panjang (biasanya dalam 5 sampai 10 tahun).

3. *Seasonal*

Data berpola berulang karena dipengaruhi oleh faktor *seasonal*, seperti mingguan, bulanan, tahunan dan lain sebagainya.

4. *Cyclinal*

Data menyimpang dari *demand* yang sebenarnya terhadap *trend* dan *seasonal* karena dipengaruhi oleh kondisi ekonomi secara umum dalam jangka panjang. Pola ini tidak mempunyai periodisasi yang tetap dan sangat sulit untuk diprediksikan sebelumnya.

5. Random atau *Noise*

Data menunjukkan suatu pola tak teratur karena hal-hal operasional di luar kontrol atau fluktuasi dari *demand* yang disebabkan karena interaksi berbagai faktor yang ada di lapangan. Pola ini sangat sulit untuk diprediksikan sebelumnya.

4.1.5.4. *Criteria Performance*

1. *Accuracy*

Dihitung berdasarkan $\sum error^2$.

$$Error = Demand \text{ sebenarnya} - Forecast = y - y'$$

2. Kepekaan dan Kestabilan

Peka berarti peramalan harus dapat mendeteksi perubahan-perubahan yang mungkin akan terjadi. Sedangkan stabil berarti peramalan harus tidak terpengaruh oleh fluktuasi- fluktuasi semu.

5. Obyektif

4.1.5.5. Periode Peramalan

Ada tiga panjang periode peramalan yang dipakai sesuai dengan kebutuhan, yaitu:

1. *Short range*, periode ini paling teliti, berkisar antara 1 jam sampai 1 tahun.
2. *Medium range*, periode ini berkisar antara 1 tahun sampai 5 tahun.
3. *Long range*, periode ini dipakai untuk periode peramalan diatas 5 tahun.

4.1.5.6. Metode Peramalan Yang Digunakan

Ada lima metode peramalan yang digunakan dalam laporan ini, yaitu: *Simple Average*, *Weighted Moving Average*, *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing* dan *Winter*.

1. *Moving Average*

Pada metode regresi diasumsikan bahwa terdapat hubungan antara variabel independen dan variabel dependen dan hubungan tersebut senantiasa stabil dari waktu ke waktu. Untuk menggunakan regresi, nilai dari variabel independen dari peramalan harus diketahui terlebih dahulu. Jika pada beberapa contoh tertentu dimana variabel independennya adalah waktu, ini

tidak akan menyebabkan timbulnya masalah rumit. Akan lebih mudah menggunakan suatu model *Moving Average*.

2. *Simple Average*

Metode ini digunakan bila terdapat data masa lalu yang cenderung stabil.

Rumus umum:

$$\text{Simple Average} = \frac{\sum_{t=1}^n f(t)}{n} \dots\dots\dots(4.25)$$

$f(t)$ = nilai aktual pada periode t

n = banyaknya data yang dipakai sebagai acuan peramalan.

Jadi pada dasarnya, metode *Simple Average* ini mengasumsikan bahwa semua data masa lalu yang ada mempunyai bobot atau pengaruh yang sama pada hasil peramalan di masa yang akan datang.

3. *Weighted Moving Average*

Metode ini digunakan bila terdapat pola data masa lalu yang *seasonal*, dan biasanya *trend* yang ada diabaikan. Disamping itu, metode ini digunakan bila data terbaru lebih besar pengaruhnya terhadap jumlah *demand* pada periode mendatang, daripada data terdahulu. Oleh karena itu dilakukan pembobotan data-data yang ada dengan tujuan untuk memberi pengaruh lebih besar pada data terbaru terhadap hasil peramalan mendatang.

Rumus umum:

$$\text{WMA} = \frac{\sum_{j=1}^n (C_j \times F_j)}{\sum_{j=1}^n C_j} \dots\dots\dots(4.26)$$

C_j = pembobotan

N = banyaknya data yang dipakai sebagai acuan peramalan

F_j = nilai aktual.

4. *Exponential Smoothing*

Exponential Smoothing adalah suatu teknik matematika yang menggunakan prinsip yang sama dengan N -periode *Moving Average*, tetapi metode ini hanya

membutuhkan lebih sedikit perhitungan daripada metode *Moving Average*. Selain itu, metode ini tidak membutuhkan data masa lalu yang banyak atau yang panjang. Data yang dibutuhkan hanya data saat ini (data-data terbaru). *Exponential Smoothing* berguna khususnya untuk *short-term forecasting*.

5. *Single Exponential Smoothing*

Metode ini digunakan bila data masa lalu yang ada cenderung konstan (tidak memiliki *significant trend*). *Smoothing Characteristic* diatur oleh nilai *smoothing factor* α ($0 \leq \alpha \leq 1$). Tujuan penggunaan α adalah memberi penekanan terhadap data terbaru.

Rumus umum:

$$\hat{X}_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) \hat{X}_{t-1} \dots \dots \dots (4.27)$$

α = *smoothing factor*

X_t = nilai aktual untuk periode t

$\hat{X}_t$ = nilai *forecasting* untuk periode t

6. *Double Exponential Smoothing*

Bila suatu *time series* berisi suatu pola *trend*, maka metode *Double Exponential Smoothing* dapat digunakan untuk menentukan hasil peramalan. Jadi data yang ada cenderung tidak menampilkan pola *seasonal*, *cyclic*, atau *irregular variation*, tetapi hanya mempunyai pola *trend*.

Rumus umum:

$$\hat{X}_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) \hat{X}_{t-1}$$

$$\hat{X}_t^{[2]} = \alpha X_t + (1 - \alpha) \hat{X}_t^{[2]} - 1$$

$$\hat{a}_{0,t} = 2 \cdot \hat{X}_t - \hat{X}_t^{[2]} \dots \dots \dots (4.28)$$

$$\hat{a}_{1,t} = \frac{\alpha}{b} (\hat{X}_t - \hat{X}_t^{[2]})$$

$$X_{t,t} = \hat{a}_{0,t} + \hat{a}_{1,t} \cdot t$$

)

Dimana:

X_t adalah nilai aktual untuk periode t.

$\hat{X}_t$ adalah nilai *forecasting* untuk periode t ($\hat{X}_t$ parameter pada metode *Single Exponential Smoothing*)

$\hat{X}_t^{[2]}$ adalah nilai *forecasting* untuk periode t ($\hat{X}_t^{[2]}$ parameter tambahan dalam metode *Double Exponential Smoothing*)

a adalah *smoothing factor*.

b adalah $1 - a$

$\hat{a}_0$ adalah estimasi nilai parameter a_0 (a_0 = parameter proses dalam metode *Double Exponential Smoothing*)

$\hat{a}_{0,t}$ adalah estimasi nilai parameter $\hat{a}_0$ pada periode t

$\hat{a}_1$ adalah estimasi nilai parameter a_1 (a_1 = parameter proses dalam metode *Double Exponential*)

$\hat{a}_{1,t}$ adalah estimasi nilai parameter $\hat{a}_1$ pada periode t

t adalah selisih antara periode *forecasting* dengan periode data terakhir

$X_{t,t}$ adalah hasil *forecasting* yang dikehendaki

7. Multiplicative Winter

Metode Winter digunakan untuk melakukan peramalan dengan data masa lalu yang menunjukkan pola *seasonal* dan *trend*.

Rumus umum:

$$\begin{aligned}\hat{X}_t &= (a_{0,t} + a_{1,t})C_t + e_1 \\ a_{0,t} &= a \left(\frac{X_t}{C_t - N} \right) + (1-a)(a_{0,t-1} + a_{1,t-1}) \dots\dots\dots(4.29) \\ a_{1,t} &= f(a_{0,t} - a_{0,t-1}) + (1-f)a_{1,t-1} \\ C_t &= g(X_t / a_{0,t}) + (1-g).C_{t,N}\end{aligned}$$

)

Dimana :

C_t = *factor seasonal*

$a_{0,t}$ = tingkat *exponential* dari proses pada akhir periode t

X_t = penjualan sesungguhnya pada periode t

N = periode yang dimaksud

$a_{1,t-1}$ = *trend* untuk periode $t-1$

a = *smoothing* konstan untuk a_0

Langkah-langkah perhitungan:

- *Slope*

$$S_1 = \frac{\left(\sum_{t=1}^N X_t \right)}{N}$$

$$S_2 = \left(\sum_{t=N+1}^{2N} X_t \right) \dots \dots \dots (4.30)$$

$$a_1 = \frac{S_2 - S_1}{N}$$

)

- *Level*

$$a_{0, 2N} = S_2 + a_1 \left(\frac{N-1}{2} \right) \dots \dots \dots (4.31)$$

)

- *Seasonal*

$$C_t = \frac{X_t}{(a_0 + a_{1,t})}$$

$$\frac{\sum C}{N} = 1 \dots \dots \dots (4.32)$$

)

- Normalisasi C_t

$$C_t = (C_t / C_t) \times \text{jumlah data} \dots \dots \dots (4.33)$$

- *Updating*

Langkah pertama adalah menentukan nilai a , b dan f , yang dalam hal ini ditentukan secara otomatis. Setelah itu nilai tersebut dimasukkan ke dalam rumus a_0 , a_1 dan C_t seperti tertera pada model Winter.

4.1.5.7. Perhitungan *Error*

Perhitungan *error* perlu dilakukan sebagai informasi yang dapat menyatakan keakuratan hasil *forecasting* dengan menggunakan metode yang ada. Metode yang digunakan untuk mencari *error*, antara lain:

1. MAD (*Mean Absolute Deviation*), yaitu rata-rata jumlah absolut dari selisih antara nilai aktual dengan nilai peramalan.

Rumus:

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{t=1}^n (f_t - h_t)}{n} \dots\dots\dots(4.34)$$

f_t = nilai aktual

h_t = nilai *forecasting*

n = banyaknya selisih

2. MSE (*Mean Square Error*), yaitu rata-rata jumlah dari selisih kuadrat antara nilai aktual dengan nilai peramalan.

Rumus:

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^n (f_t - h_t)^2}{n} \dots\dots\dots(4.35)$$

f_t = nilai aktual

h_t = nilai *forecasting*

n = banyaknya selisih

4.1.5.8. Hambatan-hambatan Dalam Peramalan.

Hambatan-hambatan yang sering dijumpai dalam melakukan peramalan antara lain:

1. Keterbatasan data yang tersedia, yang berarti keterbatasan metode peramalan, keterbatasan periode waktu peramalan dan validitas.
2. Keterbatasan waktu yang tersedia untuk melakukan peramalan.
3. Keterbatasan dana yang tersedia.
4. *Expertise*.

4.1.6. Fixed Order Quantity (FOQ)

4.1.6.1. Sejarah Fixed Order Quantity

Dalam perhitungan persediaan atau *inventory*, tujuan yang utama adalah menentukan berapa jumlah yang optimal untuk pemesanan yang dilakukan oleh perusahaan, yang sering disebut sebagai *Economic Order Quantity* (EOQ) sehingga dapat meminimasi biaya yang harus dikeluarkan.

Pertama kali EOQ dicetuskan oleh Ford Harris pada tahun 1995. Beliau adalah pemilik dari perusahaan otomotif yang terkenal dengan produk mobil dengan merk *Ford*. Beliau mendasarkan konsep tersebut pada asumsi:

1. Permintaan atau *demand* rata-rata untuk setiap *item* adalah konstan untuk sekarang dan di masa depan permintaan untuk 1 *item* tidak mempengaruhi produk yang lainnya.
2. *Item* yang diproduksi / dibeli dalam *lot*, tidak mengalami kendala terhadap isi dari setiap *lot* (tidak ada kerusakan atau hilang)
3. Tidak ada ketidakpastian permintaan dan penawaran, *lead time* , atau *stockout* yang muncul
4. Biaya yang terkait dalam konsep ini adalah Biaya penyimpanan dan Biaya pemesanan / biaya *Setup*.

Rumusan dari EOQ adalah:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2.D.S}{H}} \dots\dots\dots$$

(4.36)

Dengan D = permintaan untuk *item* tersebut

H = biaya penyimpanan

S = biaya *order*/ pemesanan (bila *item* dipesan dari pihak luar) atau biaya *setup* (bila *item* diproduksi sendiri)

Seiring dengan berkembangnya konsep-konsep yang ada, maka muncul suatu konsep yang merupakan pengembangan dari asumsi Ford dan analisa rumus EOQ, yang disebut dengan Model *Fixed Order Quantity* (FOQ).

Karakteristik FOQ yang dapat dikembangkan dari asumsi Ford dan analisa rumus EOQ adalah:

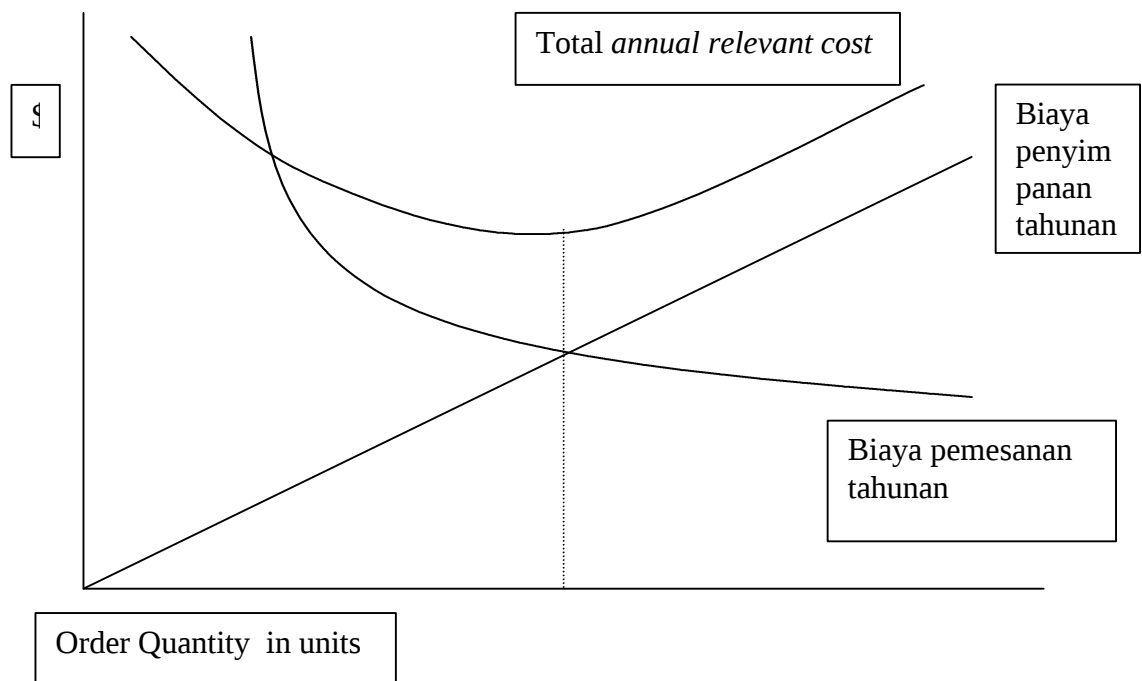
1. Permintaan atau *demand* untuk produk adalah konstan dan seragam dalam periode tertentu, namun apabila terjadi fluktuasi dari permintaan maka dapat digunakan metode *Forecasting*.
2. *Lead time* untuk produk tersebut adalah konstan
3. Harga per unit untuk produk tersebut adalah konstan
4. Biaya penyimpanan didasarkan atas rata-rata persediaan
5. Biaya simpan dan biaya pesan konstan
6. Semua permintaan dapat terpenuhi (tidak ada *Back order*)

4.1.6.2. Model FOQ

Perhitungan persediaan yang dilakukan apabila aktivitas pemesanan persediaan yang dilakukan oleh perusahaan dapat dilakukan tanpa harus menunggu pihak *supplier* datang ke perusahaan. Biasanya jumlah pemesanan bersifat konstan, atau atas persetujuan bersama antara pihak *supplier* dan perusahaan.

Langkah yang dapat dilakukan adalah:

1. Menentukan berapa jumlah yang harus dipesan agar optimal sehingga biaya minimum
2. Menentukan kapan harus dilakukan pemesanan
3. Menentukan komponen biaya yang terkait serta menentukan total biaya akibat adanya aktivitas pemesanan dan penyimpanan.



Sumber : Mary Fleming M.K. , Managerial Acc. & Control Tehchiques for non Accountant

Gambar 4.5
Fixed Order Quantity Model

Gambar 4.5 diatas menjelaskan bahwa biaya simpan adalah variabel, yang berarti semakin banyak jumlah barang yang dipesan maka semakin besar pula biaya simpan yang harus ditanggungan oleh perusahaan. Biaya pemesanan bersifat variabel terbalik, artinya semakin banyak jumlah barang yang dipesan maka semakin sedikit biaya pemesanan yang ditanggung oleh perusahaan (semakin banyak jumlah barang yang dipesan maka semakin sedikit frekuensi pemesanan yang terjadi).

4.1.7. *Material Requiement Planning* (MRP)

4.1.7.1. Definisi *Material Requirement Planning* (MRP)

Material Requirement Planning adalah sebuah sistem informasi yang digunakan untuk merencanakan bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan

kuantitas dan komponen/ *item* yang telah ditetapkan sebelumnya dalam *Master Production Schedule*.

4.1.7.2. Tujuan Sistem *Material Requirement Planning*

Tujuan dari adanya Sistem MRP ini adalah mendukung perusahaan untuk dapat melakukan suatu tindakan yang sesuai dalam pengadaan bahan baku, yang meliputi pemesanan ulang bahan baku, penjadwalan kedatangan bahan baku, penyimpanan bahan baku, dan sebagainya dengan menggunakan acuan pada informasi yang diberikan oleh sistem MRP. Tujuan lain dari adanya sistem MRP ini adalah untuk dapat memenuhi kebutuhan bahan baku tepat pada waktu yang ditentukan dan meminimumkan penyimpanan berlebih dari bahan baku.

Menurut Harold T. Amrine, et al (1985: 417 – 413), Sistem MRP dimaksudkan untuk memberikan informasi mengenai :

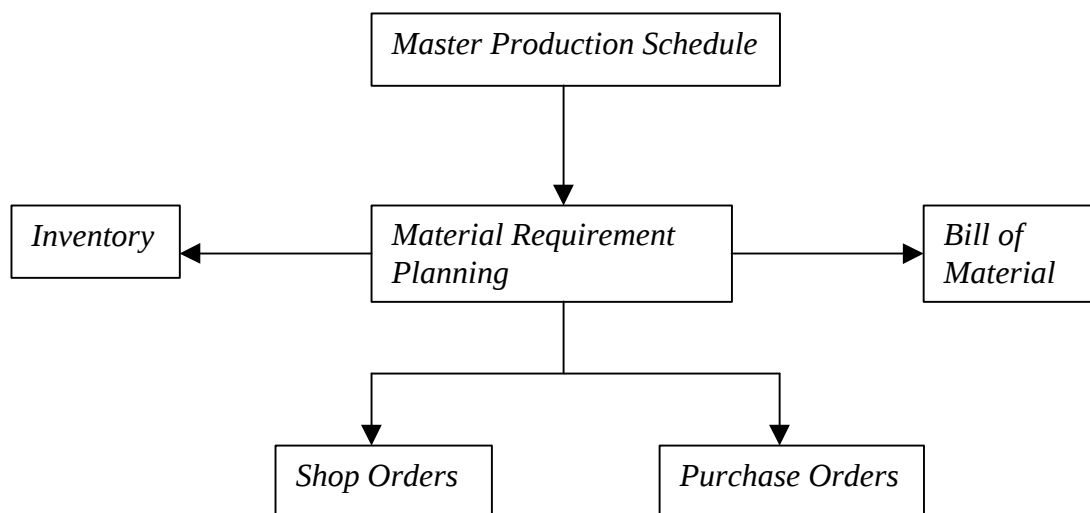
- a. Kebutuhan- kebutuhan persediaan yang berkurang, yang memerlukan pemesanan kembali.
- b. *Lead time* (waktu tenggang) produksi dan pengiriman bahan baku serta produk jadi ke pelanggan.
- c. Komitmen penyerahan produk yang tepat serta realistis kepada *customers*.
- d. Peningkatan efisiensi kegiatan operasi produksi.

Sistem MRP dapat mencapai tujuan ini melalui beberapa tahapan yaitu:

- a. Pengurangan persediaan. MRP dapat membantu untuk menentukan jumlah bahan baku yang dibutuhkan sehingga dapat memenuhi jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya. Hal ini membantu manajemen untuk menyediakan bahan baku tersebut tepat pada waktu yang ditetapkan, sehingga biaya penyimpanan dan persediaan yang berlebihan di gudang penyimpanan dapat dihindarkan.
- b. Pengurangan dalam tenggang waktu produksi dan pengiriman produk. MRP membantu mengidentifikasi bahan baku dan komponen yang diperlukan (jumlah dan kapan waktu pemenuhannya), kapan waktu penyediaannya, dan tindakan-tindakan yang diperlukan (pemesanan dan produksi) untuk memenuhi target yang ditetapkan. Keputusan – keputusan mengenai persediaan, pengadaan dan produksi yang dikoordinasi dengan baik dapat

membantu menghindari keterlambatan produksi dan memberikan prioritas kegiatan produksi yang memerlukan perhatian khusus.

- c. Komitmen pengiriman produk yang tepat. Perjanjian pengiriman yang tepat waktu dan realistis dapat meningkatkan kepercayaan *customers*, dan dengan MRP, divisi produksi dapat memberikan informasi yang tepat mengenai kemungkinan waktu pengiriman produk kepada pelanggan.
- d. Peningkatan efisiensi. Sistem MRP dapat membantu untuk mengoordinasi departemen-departemen yang terkait dalam penyediaan produk, sehingga kegiatan produksi dapat berjalan dengan baik dan dengan gangguan yang lebih sedikit. Informasi yang diberikan oleh sistem MRP mendorong dan mendukung peningkatan efisiensi produksi.



Sumber: S.C.Graves, A.H.G. Rinnooykan, p.h.Zipkin (1993 : 576)

Gambar 4.6
MRP Core

4.1.7.3. Input MRP

1. *Master Production Schedule* (MPS) / Jadwal Induk Produksi

Penyusunan MPS / Jadwal Induk Produksi dari produk jadi (*finished product*) yang berdasarkan permintaan aktual *customers* atau peramalan

permintaan merupakan langkah awal dalam pembuatan MRP. Jadwal Induk Produksi akan membantu dalam mengidentifikasi kapan *item* yang dipesan harus tersedia dan kapan waktu produksi untuk memenuhi target perusahaan

2. *Inventory records* / data persediaan komponen

Inventory records menggambarkan status dari komponen yang ada dalam persediaan (terpakai / habis, jumlah, dll). Data-data penting yang diperlukan adalah seperti penerimaan, pengeluaran, persediaan cadangan, waktu *lead time*, ukuran *lot* yang digunakan (apakah berdasarkan jumlah tertentu atau berdasarkan pada jumlah yang dibutuhkan) untuk setiap komponen yang ada. Penentuan *Lot sizing* untuk persediaan dipengaruhi oleh 2 faktor biaya yaitu biaya pemesanan (*ordering cost*) bila komponen dibeli dari *vendors* atau biaya produksi komponen (*setup cost*) bila komponen diproduksi sendiri dan biaya penyimpanan (*holding cost*). Tujuan dari penentuan ukuran *lot* tersebut adalah meminimumkan biaya persediaan yang meliputi gabungan dari biaya-biaya tersebut.

Dalam sistem MRP perencanaan dan pengaturan lama *lead time* adalah penting, hal ini dikarenakan penetapan waktu merupakan ciri utama dari MRP. Jika *lead time* yang terencana lebih cepat / lama dari yang diperlukan, maka *item* tersebut akan tiba pada saat yang tidak tepat (terlalu cepat / lama). Hal ini dapat menyebabkan peningkatan biaya penyimpanan (apabila *lead time* terencana lebih panjang dari yang seharusnya) dan biaya *stock out* (apabila *lead time* terencana lebih pendek dari yang seharusnya).

Lead time dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

a. *Lead time manufacturing* / *lead time* produksi

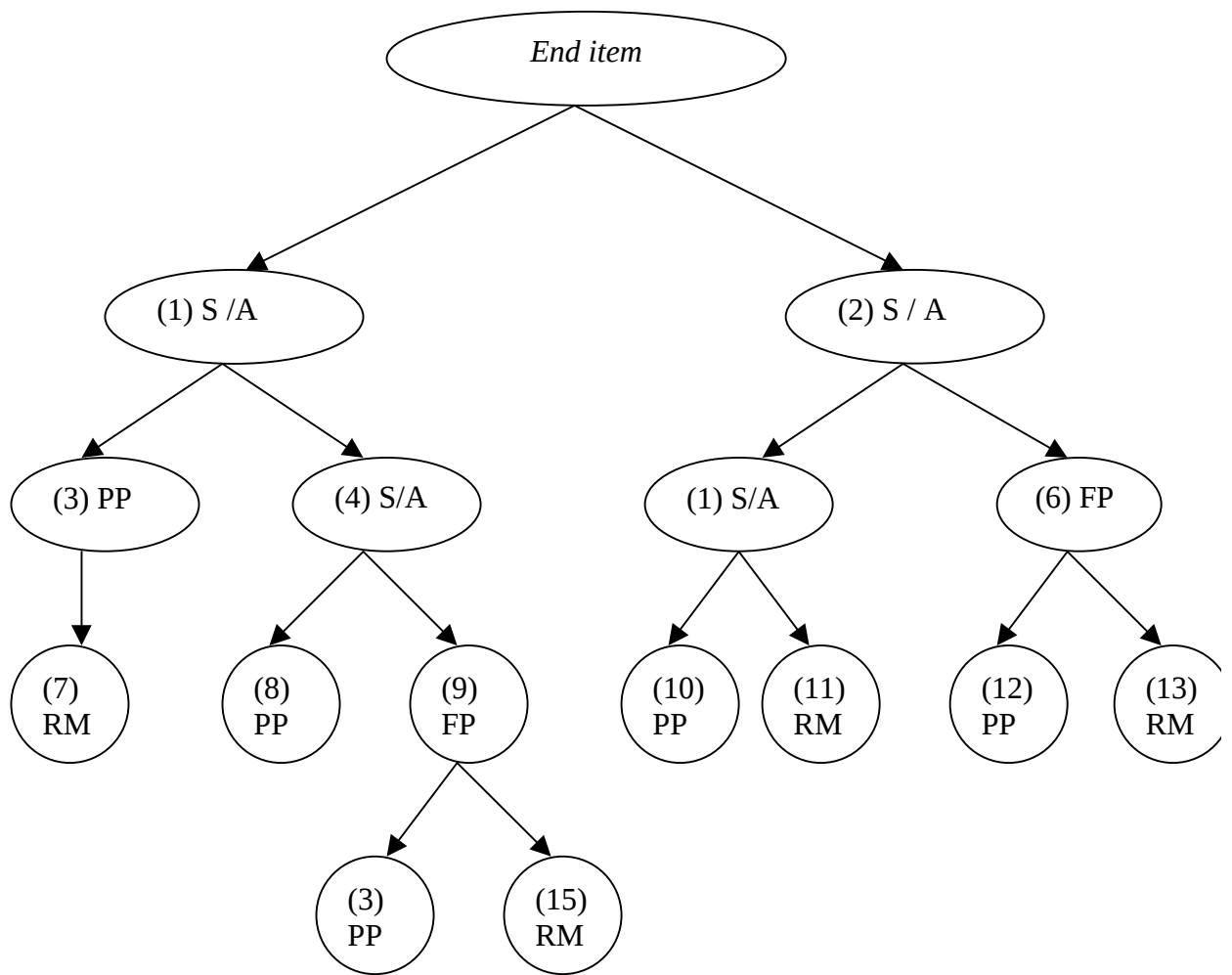
Lead time manufacturing adalah selang waktu antara barang mulai diproduksi sampai dengan barang tersebut selesai diproduksi (*finished product*). *Lead time* produksi terdiri dari *setup time* (waktu yang diperlukan untuk persiapan mesin/ *setup mesin*), waktu proses/ *processing time* (waktu yang diperlukan untuk memproses barang), waktu tunggu/ *waiting time* (waktu yang diperlukan sampai barang dipindahkan ke mesin berikutnya), dan waktu antrian/ *queue time* (waktu antrian barang sampai barang diproses oleh mesin tersebut).

b. *Lead time supplier (vendors)/ lead time ordering*

Lead time suppliers (vendors) adalah selang waktu antara barang tersebut mulai dipesan sampai dengan barang tersebut diterima, baik dari perusahaan lain/ *supplier* atau dari divisi lain di perusahaan yang sama

3. *Bill of Material (BOM).*

Bill of Material adalah daftar dari semua komponen yang mendukung terbentuknya produk akhir (*finished product*) dari awal sampai akhir proses per satuan unit produk akhir (1 unit produk jadi). Penyajian dalam BOM adalah struktur hierarkhis, dengan level terbatas, yang sering disebut level 0, menyatakan produk akhir. Angka dalam kurung yang menyertai tiap komponen menyatakan kebutuhan terhadap komponen tersebut untuk memproduksi satu unit komponen yang berada 1 level di atasnya. Model penyajian ini akan membentuk satu pohon (*tree*) sehingga disebut juga sebagai “ *Product Structure Tree* ”. Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi dapat diproduksi sendiri atau dibeli dari luar. BOM juga digunakan sebagai alat yang mewakili permintaan *material*.



Legend:

S / A = *Sub Assembly*

FP = *Fabricated Part*

PP = *Purchased Part*

RM = *Raw Material*

Gambar 4.7
A product Structure Tree

4.1.7.4. Output *Material Requirement Planning*

1. *Inventory Order Action*

Disini dapat dilakukan kegiatan pemesanan sehingga dapat mengetahui berapa jumlah pemesanan yang paling optimal dan bagaimana periode pemesanan yang akan dilakukan.

2. *Planned Order Schedule*

Planned Order Schedule merupakan suatu jadwal produksi yang berguna untuk mengetahui *material* apa saja yang akan dibuat sendiri atau bilamana *material-material* tersebut mulai diproses atau dilakukan pemesanan/ pembelian. Dengan demikian, diharapkan tidak ada penumpukan *material* dalam proses karena menunggu proses selanjutnya.

3. *Exception Report*

Penyusunan MRP yang baik dapat dijadikan pedoman atau titik tolak dalam menganalisa apakah aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam kegiatan produksi telah berjalan sesuai rencana, karena disini banyak terjadi penyimpangan-penyimpangan. Misalnya saja di bagian pembelian, dengan adanya laporan ini akan mudah diketahui dengan segera apabila terjadi pembelian yang tidak sesuai dengan yang dibutuhkan. *Report* ini juga bertujuan untuk penyusunan kembali jadwal yang telah ada (*reschedulling*).

4.1.7.5. Struktur Dasar MRP

Pada umumnya, struktur dasar MRP adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2
Contoh Struktur dasar MRP

Periode	0	1	2	3	4	5
<i>Gross requirement</i>						
<i>Scheduled receipts</i>						
<i>On hand inventory</i>						
<i>Net requirement</i>						
<i>Planned Order Receipts</i>						
<i>Planned Order Release</i>						

1. Gross Requirement (GR)

Untuk produk akhir, *Gross Requirement* menyatakan MPS sedangkan untuk komponen- komponen pada level berikutnya menyatakan jumlah yang dibutuhkan untuk memenuhi MPS (Produk akhir / *finished product*).

$$(GR)_t = \text{Planned order release dari komponen level di atasnya (parent)} \times \text{jumlah kebutuhan untuk 1 unit parent item.} \dots\dots\dots(4.37)$$

2. Scheduled Receipts (SR)

Komponen / *material* yang sudah dipesan dan diharapkan datang (perencanaan dilakukan pada periode sebelumnya)

3. On Hand Inventory (OI)

On Hand Inventory menunjukkan jumlah persediaan yang ada setelah *order* yang ada dipenuhi dan *Gross Requirement* telah dipenuhi

$$(OI)_t = \{ (OI)_{t-1} - (GR)_{t-1} + (SR)_{t-1}, 0 \} \dots\dots\dots(4.38)$$

$(OI)_t$ = *Projected (expected) on hand inventory* pada awal periode t

$(GR)_t$ = *Gross Requirement* selama periode t

$(SR)_t$ = *Scheduled Receipts*

4. Net Requirement (NR)

Net Requirement menyatakan jumlah yang harus diterima/ diproduksi pada periode tertentu.

$$(NR)_t = \max \{ (GR)_t - (SR)_t - (OI)_t, 0 \} \dots\dots\dots(4.39)$$

5. Planned Order Receipts (POR)

POR menyatakan jumlah yang harus diterima / diproduksi pada periode tertentu. POR sama dengan *Net Requirement* pada periode yang sama, tetapi juga dapat lebih besar (tidak boleh lebih kecil) sesuai dengan *lot sizing* yang digunakan, jika kebijakan *lot sizing* yang digunakan *Lot for lot*, maka *Planned Order Receipts* akan selalu sama dengan *Net Requirement*.

6. Planned Order Release (PREL)

PREL menyatakan kapan dilakukan *order* terhadap suatu komponen diletakkan / dilepaskan sedemikian sehingga komponen tersebut tersedia pada saat yang dibutuhkan. PREL dibuat ketika *On Hand Inventory* yang tersedia tidak

mencukupi *Gross Requirement*, maka *order* tambahan harus dilaksanakan. PREL memperhitungkan *lead time* (produksi atau *order*).

$$(PREL)_t = (POR)_t + L \dots \dots \dots (4.40)$$

4.1.7.6. Proses Penyusunan MRP

Sistem MRP pada intinya memerlukan 2 tahap prosedur (Kusiak et al. 1993).

- a) Menghitung *Net Requirement* untuk komponen.

Jika $(GR - Inv\ level - Scheduled\ receipts) > 0$, maka

$$NR = (GR - Inv\ Level - Scheduled\ receipts) \dots \dots \dots (4.41)$$

atau jika menghasilkan suatu *output* yang lain dari syarat di atas, maka

$$Net\ Requirement = 0$$

- b) Menempatkan suatu *order* yang telah direncanakan pada periode yang sesuai dengan penjadwalan secara mundur dari waktu yang diperlukan melalui *lead time* untuk memenuhi *order* komponen

4.2 Pembahasan Masalah

Permasalahan yang terdapat pada PT. Samator Intiperoksida adalah pencapaian target produksi yang tidak optimal. Selama ini realisasi target produksi hanya sekitar 71,64% dari yang direncanakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencapaian target yang tidak optimal adalah: frekuensi *shut down* produksi yang cukup tinggi, metode peramalan yang kurang tepat, sistem perencanaan material yang kurang tepat dan seringnya terjadi revisi dari divisi marketing akibat kesalahan dalam memprediksi kemampuan dalam penjualan. Faktor-faktor diatas dianalisa dengan menggunakan diagram *fishbone* yang dapat dilihat pada Lampiran 7a.

4.2.1. Analisa *Fishbone* Penyebab Target Tidak Tercapai Secara Optimal.

4.2.1.1. Frekuensi *Shut down* Produksi Yang Cukup Tinggi.

Dari data-data masa lalu, frekuensi terhentinya proses (*shut down*) berpengaruh besar dalam pencapaian target produksi. Selama ini 30,3% dari total

jam kerja yang ada terhenti karena *shut down*. Dengan berhentinya proses maka jam kerja operasi makin pendek yang akan berpengaruh pada pencapaian target harian, yang juga akan berpengaruh dalam pencapaian target secara keseluruhan. Frekuensi *shut down* produksi yang cukup tinggi juga disebabkan oleh beberapa faktor yang dianalisa dengan menggunakan diagram *fishbone* yang dapat dilihat pada Lampiran 7b. Dari diagram *fishbone* tersebut, faktor-faktor yang berpengaruh adalah *supply* hidrogen yang tidak stabil, seringnya terjadi kerusakan alat akibat tidak adanya jadwal *maintenance*, kesalahan operasional dan faktor-faktor lain (*supply* air , PLN padam).

1. *Supply* Hidrogen tidak stabil

Dalam hal ini Hidrogen merupakan bahan baku utama dari pembuatan Hidrogen Peroksida (H_2O_2). Bahan baku Hidrogen perusahaan selama ini *disupply* dari Petrokimia Gresik yang letaknya berseberangan dengan PT. Samator Intiperoksida. Bahan baku Hidrogen yang ada *disupply* melewati pipa yang terhubung dengan divisi *H2PSA* pada perusahaan. Seringkali *supply* Hidrogen yang dikirimkan tidak stabil (fluktuatif) sehingga aliran (*flow*) dan tekanan Hidrogen yang dikirimkan juga berfluktuatif sehingga mempengaruhi kelancaran proses. Jika tekanan dan *flow* yang dialirkan mencapai titik minimal untuk proses pengoperasian maka akan menyebabkan proses produksi terhenti (*shut down*). Hal ini sering terjadi sehingga menyebabkan perusahaan tidak dapat mencapai target produksinya secara optimal.

2. Kerusakan Mesin

Mesin merupakan hal yang sangat vital dalam perusahaan yang proses produksinya adalah kontinyu, hal ini disebabkan karena proses produksi mempunyai ketergantungan yang tinggi terhadap utilitas mesin untuk menjalankan proses produksinya. Kendala dalam segi permesinan dapat menyebabkan terganggunya kelancaran proses produksi atau bahkan dapat menyebabkan terhentinya proses. Hal ini juga yang sering ditemui di PT. Samator Intiperoksida, mengingat jumlah mesin yang digunakan cukup kompleks dan proses yang terjadi kontinyu maka seringkali divisi *Maintenance* mengalami kesulitan untuk mencegah sering terjadinya *trouble* mesin . Berdasarkan data masa lalu yang diperoleh, tingkat terjadinya *trouble*

mesin cukup tinggi. Hal ini ditandai dengan seringnya terjadi kerusakan komponen dan penggantian komponen yang digunakan.

Dari data yang ada dapat diketahui penyebab-penyebab yang sering mengakibatkan terjadinya kendala mesin yaitu antara lain:

a. Tidak tersedianya jadwal *maintenance* yang rutin dan teratur

Selama ini tidak tersedia jadwal *maintenance* rutin yang mencakup untuk mesin-mesin utama yang digunakan, jadwal yang tersedia sekarang terbatas hanya pemberian pelumas (*grease*) saja. Tindakan penanganan akan baru dilakukan setelah terjadi *trouble* mesin atau dengan kata lain merupakan *reactive maintenance*. Dengan menggunakan sistem *reactive maintenance* ini dapat mengakibatkan kerugian yang cukup besar mengingat sistem produksi adalah kontinu dan berjalan 24 jam, sehingga apabila ada kendala mesin maka sangat mengganggu kelancaran produksi bahkan dapat menyebabkan terhentinya produksi (terutama untuk mesin-mesin utama seperti kompressor dan pompa).

b. Umur komponen mesin yang sudah habis masa penggunaannya

Seringkali umur penggunaan komponen mesin yang digunakan seharusnya telah habis dan perlu diadakan penggantian, tapi tidak segera dilakukan penggantian. Tindakan ini dapat mengakibatkan rendahnya fungsi komponen tersebut sehingga seringkali menyebabkan *trouble* mesin. Memang tindakan penggantian komponen tidak semudah yang dibayangkan karena membutuhkan waktu dan biaya yang cukup besar, dan juga dipengaruhi oleh keadaan keuangan dari perusahaan. Tetapi yang perlu dipertimbangkan dalam hal ini adalah kelancaran produksi yang akan sering terganggu apabila kondisi mesin yang ada mempunyai tingkat utilitas yang rendah, juga akan dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar apabila proses berhenti.

3. Kesalahan Operasional.

Dalam kegiatan operasional produksi, seringkali terjadi kesalahan seperti kesalahan pengukuran dalam penambahan air, penambahan *stabilizer* dan kesalahan dalam menangani penyimpangan proses yang terjadi pada tahapan proses produksi. Penyimpangan-penyimpangan ini memerlukan tindakan

penanganan yang berbeda untuk tiap penyebab dan tahapan prosesnya. Pengambilan tindakan penanganan yang salah akan dapat menyebabkan terganggunya proses produksi sehingga dapat mengganggu kelancaran proses produksi, yang dapat menyebabkan terhentinya proses produksi (*shut down*). Dalam Tugas Akhir ini, tidak dibahas masalah kesalahan operasional ataupun masalah mengenai penyimpangan proses dalam tahapan proses produksi, karena dibutuhkan studi yang lebih mendalam yang terkait dengan disiplin ilmu teknik kimia.

4. Faktor-Faktor Lain.

a. *Supply* Air

Supply air juga mempengaruhi proses produksi, karena proses produksi yang ada memerlukan *supply* air murni (*pure water*) yang cukup besar terutama dalam tahapan proses Ekstraksi. Oleh sebab itu terganggunya *supply* air akan menyebabkan proses terhambat atau bahkan terhenti. Selama ini penyebab terhambatnya *supply* air adalah seringnya terjadi kebocoran pipa air sehingga *supply* air yang masuk ke dalam proses tidak mencukupi. Penyebab lain dari terhambatnya *supply* air adalah bahan baku air yang kurang baik sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk mengolahnnya sehingga siap diteruskan ke dalam proses produksi

b. PLN Padam

Proses produksi di PT. Samator memerlukan tenaga listrik yang cukup besar untuk menjalankan kegiatan operasionalnya, terutama untuk menjalankan peralatan kontrol elektronik dan mesin-mesin utama seperti kompressor dan pompa. Oleh karena itu listrik berperan penting dalam kegiatan operasional perusahaan. Peralatan kontrol elektronik yang digunakan dalam proses mempunyai batasan spesifikasi tenaga listrik yang diperlukan , sehingga apabila pasokan listrik yang masuk tidak stabil maka peralatan tersebut akan terhenti. Selama ini pasokan listrik (PLN) ke PT. Samator sering kali tidak stabil dan sering padam sehingga proses produksi juga seringkali terhenti, dan harus menunggu listrik menyala kembali untuk dapat menjalankan proses produksi dengan normal.

Kerugian yang ditimbulkan perusahaan jika proses produksi berhenti (*shut down*).

Seperti yang diketahui bahwa proses produksi yang terjadi di perusahaan adalah kontinyu, sehingga apabila terjadi kendala dalam proses akan menyebabkan kerugian karena proses akan terhenti. Berhentinya proses produksi mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian kesempatan untuk memperoleh produk jadi (*oppurtunity loss*). Hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan: Kapasitas produksi perusahaan dalam 24 jam adalah 60 ton produk H₂O₂ dengan kadar 50 % (1 jam = 2,5 ton).

Dengan asumsi:

- Pasar dapat menyerap produk yang diproduksi
- Kemampuan *marketing* yang tinggi untuk menjual produk
- Tangki untuk penyimpanan produk akhir tersedia.
- Perkiraan harga direct material dan indirect material yang digunakan dalam perhitungan TMC didapatkan dari internet.

Perhitungan *Total Manufacturing Cost*:

Direct Materials Rp. 1.479.099.887,00

Direct Labor Rp. 52.012.800,00

FOH :

Indirect Materials Rp. 1.128.090.334,00

Indirect Labor Rp. 42.000.000,00

Depreciation Rp. 100.000.000,00

Asuransi Rp. 50.000.000,00

Maintenance cost Rp. 50.000.000,00 Rp. 1.370.090.334,00

Total Manufacturing Cost / bulan Rp. 2.901.203.021,00

Perhitungan mengenai *direct material cost* dan *indirect material cost* dapat dilihat pada Lampiran 8 dan Lampiran 9.

Kerugian perusahaan dilihat dari segi biaya yang ditimbulkan apabila terjadi *shut down* :

Kerugian tersebut dapat dilihat dari *fixed cost* produksi.

Fixed cost produksi meliputi:

- <i>Direct Labor</i>	Rp. 52.012.800,00
- <i>Indirect labor</i>	Rp. 42.000.000,00
- <i>Depreciation</i>	Rp 100.000.000,00
- <i>Asuransi</i>	Rp. 50.000.000,00
- <i>Maintenance cost</i>	<u>Rp. 50.000.000,00</u>
<i>Total Fixed cost</i>	Rp. 294.012.800 / bulan.
<i>cost / hour</i>	= Rp. 294.012.800 / 720 jam
	= Rp. 408.351,1111 / jam. + <i>Opportunity Cost</i>
<i>Opportunity cost</i>	= Rp. (2,5 x P) / jam.
Asumsi: P	= <i>Profit</i> / ton produk jadi.

Jadi kerugian yang dialami oleh perusahaan bila terjadi *shut down* adalah:

- Perusahaan mengalami kerugian nominal sebesar Rp. 408.351,1111/ jam + (2,5 x P)/ jam.
- Target Perusahaan tidak terpenuhi.
- *Customer satisfaction* menurun.

4.2.1.2. Metode Peramalan Yang Kurang Tepat

Selama ini peramalan permintaan yang menjadi dasar dalam membuat jadwal induk produksi dibuat dengan menggunakan intuisi dan pengalaman saja, tidak menggunakan metode khusus. Cara ini memang dapat digunakan tetapi terkadang hasilnya kurang akurat sehingga mempunyai tingkat kesalahan (*error*) yang cukup besar. Peramalan permintaan yang tidak tepat, akan berdampak pada jadwal induk produksi, dimana perkiraan-perkiraan mengenai kuantitas bahan baku, jam kerja mesin juga menjadi tidak tepat sehingga target yang ditetapkan tidak tercapai secara optimal. Metode yang tepat akan dapat menunjang perusahaan dalam penentuan target produksi di masa yang akan datang. Dalam

Tugas Akhir ini, berusaha didapatkan metode peramalan yang tepat yang sesuai dengan kondisi perusahaan.

4.2.1.3. Sistem Perencanaan Material yang Kurang Tepat

Selama ini pemesanan material perusahaan dilakukan pada periode-periode tertentu (berdasarkan pengalaman saja), tidak dikaitkan dengan permintaan produk hasil peramalan. Hal ini akan berpengaruh pada pencapaian target perusahaan, karena jika material yang diperlukan mengalami keterlambatan (*delay/ stock out*) maka akan menghambat proses produksi. Selama ini dalam lingkungan internal perusahaan sendiri sering ditemui kesalahpahaman antara divisi PPIC, Produksi dan Pembelian yang dikarenakan kurangnya koordinasi antar divisi tersebut. Dalam Tugas Akhir ini, berusaha membuat perencanaan material dengan menggunakan metode yang tepat dan mudah dipahami untuk pihak-pihak yang terkait. Mengingat banyaknya jenis bahan baku yang digunakan, maka perencanaan material dibatasi untuk bahan baku impor, yang terdiri atas: *Heavy aromatics, 2-Ethyl Anthraquinone (EAQ), Thrioctyl Phosphat (TOP), Palladium Catalyst, Complex Stabilizer, Activated Alumina*. Sedangkan untuk bahan baku yang diperlukan dapat dilihat pada *Bill of Material (BOM)* yang terdapat pada lampiran 10.

4.2.1.4. Seringnya terjadi revisi dari Divisi *Marketing*

Seringnya terjadi revisi penjualan pada divisi *marketing* yang membuat terjadi kesalahpahaman dengan divisi produksi. Dalam Tugas Akhir ini tidak membahas permasalahan pada divisi *marketing* karena hal tersebut terkait dengan kebijakan *intern* perusahaan.

4.3. Solusi Pembahasan Masalah.

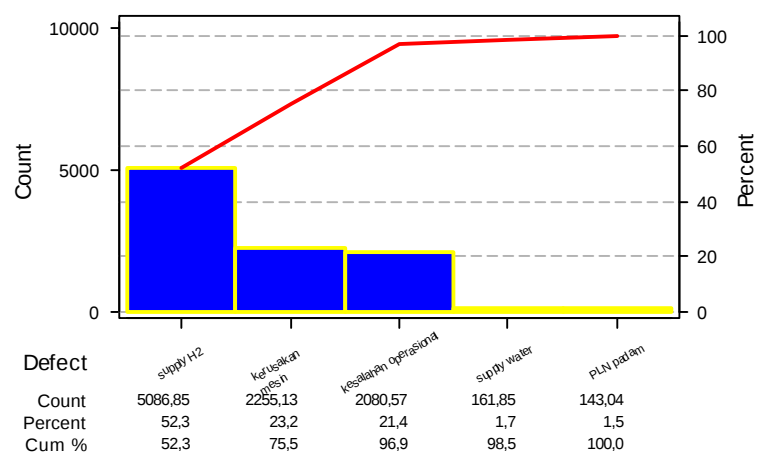
4.3.1. Frekuensi *Shut Down* Produksi Yang Cukup Tinggi.

Dari diagram *fishbone* penyebab frekuensi *shut down* produksi yang cukup tinggi (pada Lampiran 7b), dibuat diagram pareto untuk memudahkan penentuan prioritas pembahasan masalah. Data yang diperlukan untuk menunjang pembuatan Diagram pareto dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3
Penyebab Frekuensi *Shut Down* Produksi

No	Penyebab	Lama <i>Shut down</i> (jam)	Prosentase (%)	Prosentase kumulatif (%)
1	<i>Supply</i> Hidrogen	5086,58	52,3	52,3
2	Kerusakan Mesin	2255,13	23,2	75,5
3	Kesalahan Operasional	2080,57	21,4	96,9
4	<i>Supply</i> air	161,85	1,7	98,5
5	PLN padam	143,04	1,5	100
Total <i>Shut down</i>		9727,17	100	

Pareto Penyebab *Shut Down*



Gambar 4.8

Diagram Pareto Penyebab *Shut Down* Produksi

Dari diagram pareto tersebut, diketahui persentase masing-masing faktor. Dalam Tugas Akhir ini diambil 2 faktor yang mempunyai prosentase penyebab *shut down* tertinggi, yaitu *supply* hidrogen yang tidak stabil dan kerusakan mesin, untuk dianalisa dan dicari solusinya.

4.3.1.1. *Supply* Hidrogen Tidak Stabil

Permasalahan mengenai *supply* hidrogen, dalam hal ini merupakan masalah yang utama pada perusahaan. Selama ini perusahaan selalu bergantung

dari *supplier* Petrokimia untuk mendapatkan bahan baku hidrogen. Dalam hal ini, diajukan 2 alternatif solusi. Kedua alternatif tersebut adalah merancang *buffer tank* beserta regulator dan tidak melakukan perubahan secara teknis (perubahan yang dilakukan adalah perubahan komitmen dengan pihak *supplier*).

Untuk mengatasi masalah pemilihan alternatif tersebut, maka dibutuhkan suatu keputusan yang tepat dalam memilih alternatif terbaik. Dalam hal ini, penulis menggunakan kaitan disiplin ilmu Analisa Keputusan yang diselesaikan dengan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dengan menggunakan *software Expert Choise* untuk perhitungannya.

Adapun Rincian kedua alternatif adalah:

1. Merancang *Buffer tank* dan *regulator*.

Tujuan :

- Menjaga stabilitas proses, dalam hal ini menyangkut tekanan dan aliran (*flow*) dari Hidrogen yang berasal dari *supply* Petrokimia yang masuk ke dalam H2PSA.
- Sebagai bantuan penyediaan Hidrogen jika *supply* dari Petrokimia berhenti secara mendadak.
- Fungsi *Regulator* adalah sebagai pengatur tekanan sampai batas yang ditetapkan.

Adapun Rincian *buffer tank* dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4
Spesifikasi *Buffer tank*

No	<i>Design Buffer tank</i>	<i>Specification</i>
1.	<i>Material and Specification number</i> : <i>Plate Stells</i> <i>Grade</i> <i>Type</i> <i>Nominal Compotition</i> <i>Spec Min Tensile</i> <i>For Temperature</i>	SA-240 M 316 18 Cr-10 Ni-2 Mo 75000 -20 to 100
2.	Bentuk <i>Shell</i>	<i>Cylinder</i>
3.	Bentuk <i>head</i>	<i>Ellipsoidal</i>
4.	<i>Stresses In Cylindrical Shell</i> : <i>Longitudinal Stress (S₁)</i>	7380,3250 psi

	<i>Circumferential (hoop) stress (S_2)</i>	14760,6500 psi
5.	<i>Design Pressure (P)</i>	30 bar
6.	<i>Design Temperature (T)</i>	30 °C
7.	<i>Design Volume (V)</i>	1930,6760 m ³
8.	<i>Design Height (h)</i>	13,5 m
9.	<i>Design diameter (d)</i>	13,5 m
10.	<i>Inner Shell Under Internal Pressure :</i> <i>Internal Pressure (P)</i> <i>Inside diameter (d)</i> <i>Allowable working stress (f)</i> <i>Joint Efficiency, dimensionless (E)</i> <i>Corrosion allowance (c)</i> <i>Thicknes (t)</i>	30 bar = 435,114 psi 13,5 m = 531,49635 18750 psi 80 %. 1/8 inci. 7,833 inci.
11.	<i>Ellipsoidal Head Under Internal Pressure :</i> <i>Internal Pressure (P)</i> <i>Inside diameter (d)</i> <i>Allowable working stress (f)</i> <i>Joint Efficiency, dimensionless (E)</i> <i>Corrosion allowance (c)</i> <i>Thicknes (t)</i> <i>Height (h_2) = ¼ diameter.</i>	30 bar = 435,114 psi 13,5 m = 531,49635 18750 psi 80 %. 1/8 inci. 7,833 inci 3,375 m.

Sumber : Data Olahan.

Perhitungan data spesifikasi *buffer tank* adalah :

Asumsi :

Tangki didesain untuk membantu *supply* selama 24 jam. Asumsi ini didasarkan dari pengalaman sebelumnya, bahwa dalam waktu 24 jam dapat *supply* hidrogen dari *supplier* lain.

Diketahui : $T = 0$ °C = 273 K

$P = 1,0139$ mbar ≈ 1 bar.

$V = 1812$ m³/jam = 1812×24 jam = 43488 m³/jam.

$R = 83,14 \times 10^{-6}$ m³ bar mol⁻¹ K⁻¹

Perhitungan molar :

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$1 \times 43488 = n \times 83,14 \times 10^{-6} \times 273$$

$$n = 1916005,572 \text{ mol.}$$

Kondisi Lingkungan yang diinginkan :

Diketahui : $P = 30$ bar = 435,114 psi.

$T = 30$ °C = 303 K

Perhitungan Volume *Buffer tank* :

$$\begin{aligned} P \times V &= n \times R \times T \\ 30 \times V &= 1916005,572 \times 83,14 \times 10^{-6} \times 303 \\ V &= 1608,896703 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan diameter dan Tinggi *Buffer tank* :

Asumsi tinggi tangki dengan diameter adalah sama ($h/d = 1$).

$$\begin{aligned} V &= (1/4 \pi d^2) \times h \\ (1608,896703 + 20\%) &= 1/4 \pi d^3 \\ d &= 13,49833 \text{ m} \approx 13,5 \text{ m} \\ h &= 13,5 \text{ m}. \end{aligned}$$

Catatan : penambahan volume 20% merupakan standart keamanan dalam pembuatan tangki.

Pengukuran ketebalan bahan (*thicknes*) :

Diketahui : $P = 30 \text{ bar} = 435,114 \text{ psi}$.

$d = 13,5 \text{ m} = 531,49635 \text{ inci}$.

$f = 18750 \text{ psi}$.

$E = 80 \%$.

$c = 1/8 \text{ inci}$

$$t = \frac{p.d}{2.f.E} + c = \frac{435,114 \times 531,49635}{2 \times 18750 \times 0,8} + 1/8 = 7,84 \text{ inci}.$$

Spesifikasi *Regulator* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.5
Spesifikasi *Regulator*

No	<i>Design Regulator</i>	<i>Specification</i>
1.	<i>Type Regulator</i>	RMG 200
2.	<i>Max inlet pressure</i>	100 bar
3.	<i>Outlet Pressure range Wh</i>	0,02 bar to 90 bar
4.	<i>Min differential pressure</i>	1 bar to 1,5 bar
5.	<i>Choise of actuator</i>	Pilot RMG 650
6.	<i>Regulating and closing</i>	

	<i>group :</i> <i>Control stage</i> <i>Closing pressure group</i>	RG 5 SG 10
7.	<i>Characteristic :</i> <i>Valve seat $\varnothing$ in mm</i> <i>Max Inlet pressure</i>	18 40
8.	<i>Pipe size</i>	DN 25
9.	<i>Materials:</i> <i>Main valve</i> <i>Main valve body</i> <i>Internal parts</i> <i>Diaphragms, O-rings</i>	<i>Aluminium alloy or steel</i> <i>Aluminium alloy</i> <i>Aluminium, brass, steel, polymid</i> <i>Perbunan.</i>
10.	<i>Temperature range</i>	-15 C up to +60 C
11.	<i>Function and solidity</i>	According to DIN 3380.

Sumber : Data Intern Perusahaan

Perkiraan Biaya untuk perancangan *buffer tank* dan *regulator* adalah:

Tabel 4.6

Perencanaan Biaya Perancangan *Buffer tank* dan *Regulator*.

No	Perincian	Perkiraan biaya
1.	Jasa pekerjaan persiapan	Rp. 2.500.000,00
2.	Pengadaan Material	Rp. 65.725.725,00
3.	Fabrikasi dan consumables + uang jasa	Rp. 27.250.000,00
4.	Poles tangki bagian luar + uang jasa	Rp. 3.850.000,00
5.	Pengecatan tangga + railing + uang jasa	Rp. 425.000,00
6.	Pemasangan	Rp. 8.600.000,00
7.	Transportasi	Rp. 750.000,00
8.	Tes Kebocoran/ isi air	Rp. 250.000,00
9.	<i>Regulator</i> + Pemasangan	Rp. 25.000.000,00
	Total perencanaan biaya <i>Buffer tank</i>	Rp. 131.850.725,00

Sumber: Data Penawaran Pembuatan Tangki dan *Regulator* Untuk Perusahaan.

Adapun Kelebihan dan kekurangan dari Alternatif pertama meliputi:

- Kelebihan : dapat berguna sebagai cadangan *supply* hidrogen apabila *supply* hidrogen yang masuk tidak stabil.
- Kekurangan : membutuhkan biaya yang cukup besar, adanya resiko keamanan dan keselamatan kerja.

2. Tidak melakukan perubahan secara teknis

Dalam hal ini tidak melakukan perubahan secara teknis (merancang *buffer tank*) namun hal yang dimaksud disini adalah hanyalah perubahan komitmen antara 2 pihak yang bersangkutan yaitu: PT. Samator Intiperoksida dan Petrokimia untuk memperbaharui komitmen kontrak mengenai perjanjian aliran Hidrogen yang *disupply* oleh *supplier* Petrokimia agar tetap stabil, dan apabila terjadi pelanggaran kontrak maka ada biaya pinalti yang harus ditanggung oleh pihak yang melanggar.

Kelebihan dan kekurangan dari Alternatif kedua adalah:

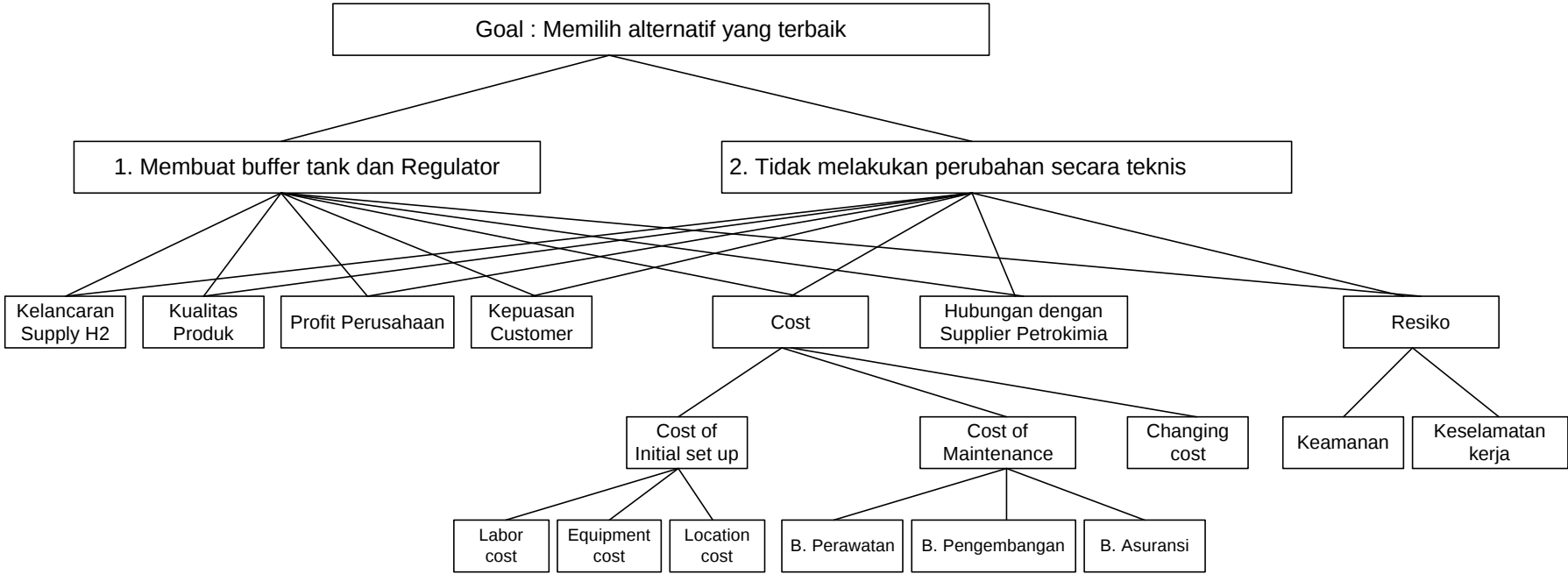
- Kelebihan : Biaya perubahan yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan perancangan *buffer tank* dan regulator.
- Kekurangan : Komitmen hanya berlaku dalam periode tertentu saja (jangka pendek).

Dari kedua alternatif tersebut diselesaikan dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dengan bantuan *software Expert Choise*. Data-data pengolahan didapat dari hasil pengisian kuesioner yang dibagikan kepada 4 *decision maker*, yaitu:

- Bapak Pribadi Wardoyo selaku Manager Produksi.
- Bapak Wahyudi selaku *Assistant manager maintenance* dan elektrik
- Bapak Ferdy selaku Supervisor Elektrik.
- Ibu Nanik selaku *foreman* WWT

Adapun Contoh Kuesioner dan Hasil *Decision Maker* terdapat pada Lampiran 11 dan 12.

Struktur Hierarki :



Gambar 4.9

Struktur Hierarki Pemilihan Alternatif Terbaik

Adapun kriteria-kriteria yang berpengaruh pada pemilihan alternatif tersebut didasarkan pada pertimbangan perusahaan untuk mengadakan perubahan secara teknis. Kriteria-kriteria tersebut meliputi:

Kriteria-Kriteria yang mendukung untuk memilih alternatif terbaik bagi permasalahan pada divisi H2PSA:

a. Kelancaran *Supply* Hidrogen

Hidrogen merupakan bahan baku utama dalam pembuatan produk Hidrogen Peroksida (H_2O_2). Sehingga kelancaran *supply* hidrogen menjadi fokus utama pada proses produksi tersebut. *Supply* hidrogen yang stabil akan dapat menghasilkan aliran (*flow*) hidrogen yang lancar. Dengan *supply* hidrogen yang lancar maka proses hidrogenasi akan berjalan dengan lancar begitu dengan proses- proses selanjutnya (mengingat proses tersebut adalah proses kontinyu). Oleh karena itu kelancaran *supply* Hidrogen menjadi faktor penting dalam pemilihan kedua alternatif.

a. Kualitas Produk.

Kualitas produk yang dihasilkan dapat dilihat dari :

Kadar H_2O_2	: 50%
<i>Free Acid</i>	: Max 0.04% (W/W)
<i>Nonvolatile Residu</i>	: Max 0.04% (W/W)
Stabilitas	: <i>High grade</i> , min 98%; <i>Qualified grade</i> , min 95%.
<i>Apperance</i>	: <i>liquid transparant</i> , tidak berwarna.

Dari kriteria pengukuran diatas, maka diharapkan produk yang dihasilkan dapat memenuhi kelima kriteria tersebut. Kualitas produk yang baik menjadi faktor yang berpengaruh terhadap pemilihan alternatif terbaik.

b. Profit Perusahaan

Merupakan keuntungan yang didapat oleh perusahaan. Dalam hal ini diharapkan agar pemilihan kedua alternatif terbaik dapat meningkatkan keuntungan bagi perusahaan.

c. Kepuasan *Customer* (*customer satisfaction*).

Merupakan faktor dimana customer mendapatkan kepuasan dengan produk yang dihasilkan. Dengan adanya sistem yang ada dalam perusahaan dan kualitas produk yang baik dapat meningkatkan kepuasan *customer*.

d. Biaya (*cost*)

Dari segi biaya dapat ditinjau dari 3 segi biaya, yaitu:

- *Cost of Initial Set-Up*

Biaya yang timbul karena penggantian sistem *set-up* mesin, apabila dilakukan beberapa tindakan secara teknis maka akan berdampak pada *initial set up cost*. *Initial set up cost* terbagi atas beberapa biaya-biaya lain, yaitu:

o *Labor cost*

Merupakan biaya penambahan tenaga kerja apabila dilakukan beberapa perubahan secara teknis.

o *Equipment cost*

Merupakan biaya peralatan dan perlengkapan yang timbul apabila dilakukan beberapa perubahan secara teknis.

o *Location cost*

Merupakan biaya lokasi. Biaya tersebut timbul jika dilakukan beberapa perubahan secara teknis.

- *Cost of Maintenance*

Meliputi 2 komponen, yaitu biaya perawatan dan biaya pengembangan. Biaya perawatan yang dimaksud adalah biaya perawatan mesin yang mungkin berbeda mengingat memungkinkan adanya pergantian mesin. Biaya pengembangan terdapat pada rencana perancangan *buffer tank* dalam perusahaan.

- *Cost of changing*

Merupakan biaya perubahan yang timbul meliputi persiapan-persiapan mulai dari penyetingan awal hingga pemasangan peralatan, apabila dilakukan perubahan secara teknis.

e. Hubungan dengan *supplier*

Merupakan faktor yang melihat bagaimana hubungan perusahaan dengan *supplier* yang ada. Hubungan tersebut cukup penting, mengingat selama ini

bahan baku Hidrogen dipasok oleh *supplier* yang tetap. Dengan adanya perubahan secara teknis ataupun tidak, dimaksudkan agar hubungan dengan *supplier* terbina dengan baik.

f. Resiko

Merupakan resiko yang didapat perusahaan apabila melakukan perubahan secara teknis ataupun tidak melakukan perubahan. Resiko disini dibagi menjadi 2, yaitu: Keamanan dan Keselamatan kerja. Resiko keamanan merupakan faktor yang cukup penting. Bagaimana kondisi keamanan pabrik (keamanan mulai dari penyetingan mesin sampai dengan berjalannya proses produksi) apabila dilakukan perubahan secara teknis ataupun tidak. Sedangkan untuk resiko keselamatan kerja, merupakan resiko mengenai keselamatan para pekerja dalam menjalankan proses produksi.

Hasil perhitungan *pairwise comparison* mengenai Pemilihan alternatif terbaik dengan menggunakan *software Expert Choise*:

Level 1

a. *Pairwise comparison* antar kriteria.

Tabel 4.7

Hasil Pembobotan Masing- Masing Kriteria Pemilihan

Memilih Alternatif Terbaik

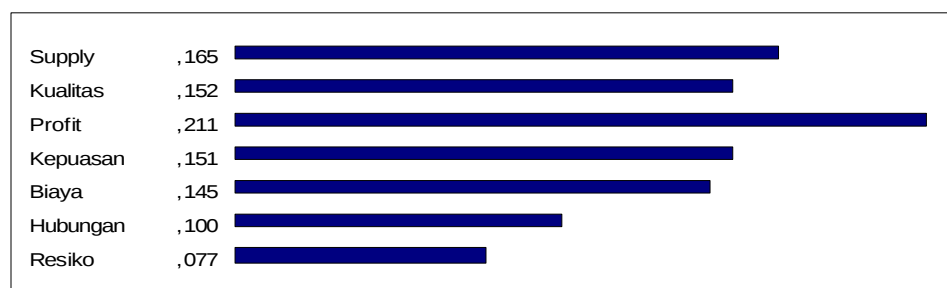
Node: 0

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: GOAL

	Kualitas	Profit	Kepuasan	Biaya	Hubungan	Resiko
Supply	(2,1)	(1,2)	1,2	2,3	1,6	2,3
Kualitas		(1,3)	1,2	(1,2)	1,3	(1,1)
Profit			(1,2)	3,0	2,4	2,7
Kepuasan				(2,5)	2,8	2,0
Biaya					(1,2)	2,3
Hubungan						1,7

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Supply	Kelancaran Supply Hidrogen
Kualitas	Kualitas Produk
Profit	Profit Perusahaan
Kepuasan	Kepuasan Customer
Biaya	Biaya
Hubungan	Hubungan dengan Supplier
Resiko	Resiko



Inconsistency Ratio = 0,08

Dari hasil perhitungan diatas dengan menggunakan perbandingan berpasangan, maka kriteria *Profit* perusahaan memiliki bobot yang paling besar sehingga merupakan faktor yang paling mempengaruhi. Jika diurutkan berdasarkan bobot yang dimiliki, maka urutan faktor-faktor yang berpengaruh adalah sebagai berikut :

- *Profit Perusahaan*
- *Kelancaran Supply hidrogen*
- *Kualitas produk*
- *Kepuasan Customer*
- *Biaya*
- *Hubungan dengan supplier*
- *Resiko*

b. Bobot Kedua Alternatif dari Kriteria *Supply*

Tabel 4.8

Hasil Pembobotan Kedua alternatif dari Kriteria *Supply*

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 10000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: *Supply* < GOAL

	Tetap
Buffer	4,2

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Supply	Kelancaran Supply Hidrogen
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

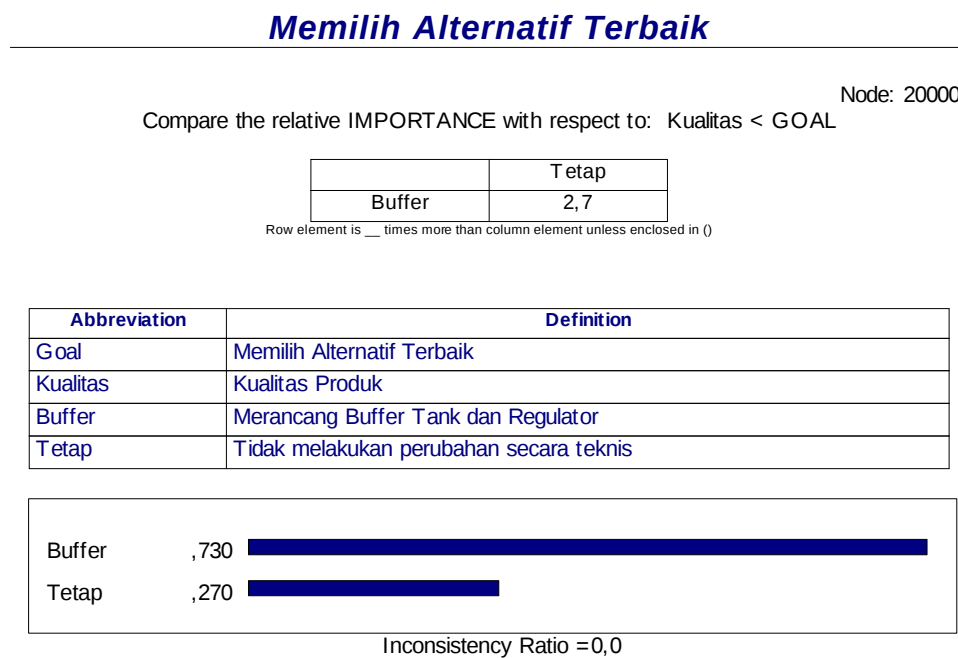
Buffer	,808	
Tetap	,192	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria kelancaran *supply* hidrogen, perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* dengan bobot 0,808. Dengan adanya *buffer tank* dan *regulator*, maka dapat meningkatkan kelancaran *supply* hidrogen. Sedangkan pilihan alternatif kedua yaitu tidak melakukan perubahan secara teknis mempunyai bobot 0,192.

c. Bobot Kedua Alternatif dari Kriteria Kualitas

Tabel 4.9
Hasil Pembobotan Kedua alternatif dari Kriteria Kualitas



Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria kualitas produk. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif pertama, yaitu dengan merancang *buffer tank* dan *regulator*. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,730. Dengan menggunakan *buffer tank* dan *regulator* maka akan dapat meningkatkan kualitas produk. Sedangkan untuk pilihan alternatif kedua, yaitu tidak melakukan perubahan secara teknis mempunyai bobot sebesar 0,270.

d. Bobot Kedua Alternatif dari Kriteria *Profit*

Tabel 4.10

Hasil Pembobotan Kedua alternatif dari Kriteria *Profit***Memilih Alternatif Terbaik**

Node: 30000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Profit < GOAL

	Tetap
Buffer	(2,5)

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Profit	Profit Perusahaan
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

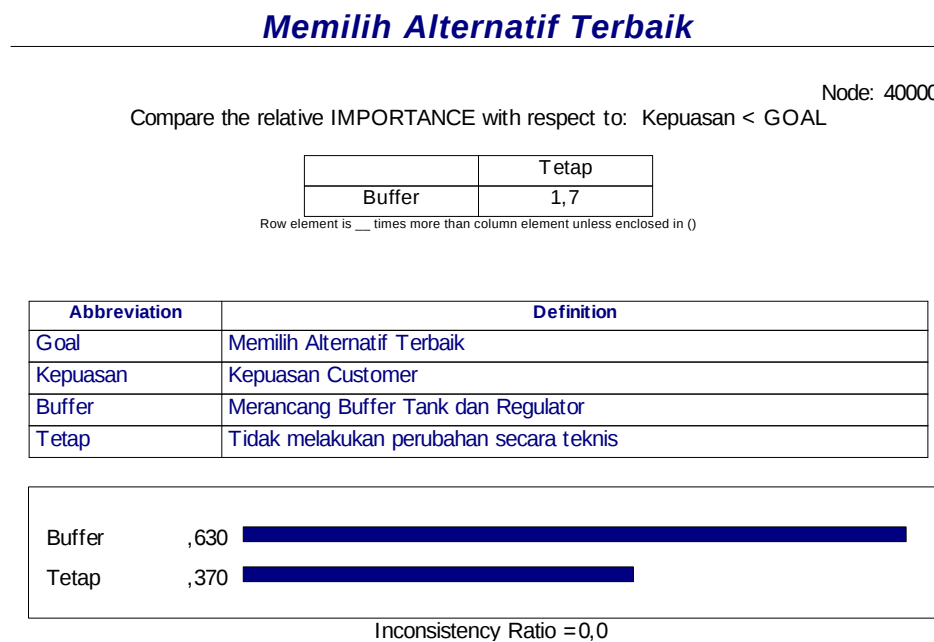
Buffer	,286	
Tetap	,714	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria *profit* perusahaan. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,714. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis, maka dapat meningkatkan *profit* perusahaan. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,286.

e. Bobot Kedua Alternatif dari Kriteria Kepuasan *Customer*

Tabel 4.11
Hasil Pembobotan Kedua alternatif dari Kriteria Kepuasan *Customer*



Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria kepuasan *customer* maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif pertama, yaitu dengan merancang *buffer tank* dan *regulator*. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,630. Dengan menggunakan *buffer tank* dan *regulator* maka akan dapat meningkatkan kepuasan *customer*. Sedangkan untuk pilihan alternatif kedua, yaitu tidak melakukan perubahan secara teknis mempunyai bobot sebesar 0,370

f. Bobot Kedua Alternatif dari Kriteria Biaya

Tabel 4.12

Hasil Pembobotan Kedua alternatif dari Kriteria Biaya

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 50000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Biaya < GOAL

	Maintnc	Changing
Set up	2,0	1,1
Maintnc		(2,0)

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Set up	Biaya Inisial Set up
Maintnc	Biaya Maintenace
Changing	Biaya Perubahan

Set up	,413	
Maintnc	,200	
Changing	,387	

Inconsistency Ratio =0,0

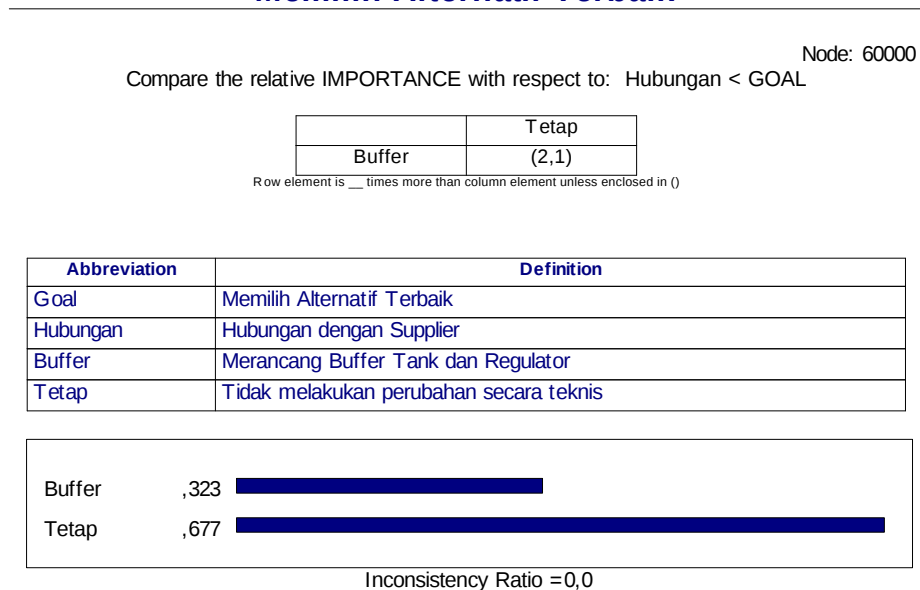
Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa jika dilakukan perbandingan berpasangan antara faktor-faktor yang terdapat dalam kriteria biaya (*cost*) maka didapatkan bahwa faktor biaya *set up* mempunyai bobot yang paling besar yaitu 0,413. Kemudian disusul dengan faktor biaya perubahan mempunyai bobot 0,387 dan yang terakhir adalah biaya *maintenace* dengan bobot sebesar 0,200.

- g. Bobot Kedua Alternatif dari Kriteria Hubungan Dengan *Supplier*.

Tabel 4.13

Hasil Pembobotan Kedua alternatif dari Kriteria Hubungan Dengan *Supplier*.

Memilih Alternatif Terbaik



Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria hubungan dengan *supplier*. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,677. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis seperti melakukan perancangan *buffer tank* dan *regulator*, maka akan dapat meningkatkan kualitas produk. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu dengan merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,323.

h. Bobot Kedua Alternatif dari Kriteria Resiko

Tabel 4.14

Hasil Pembobotan Kedua alternatif dari Kriteria Resiko

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 70000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Resiko < GOAL

	Keslmtn
Keamanan	(1,1)

Row element is _ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Resiko	Resiko
Keamanan	Keamanan
Keslmtn	Keselamatan kerja

Keamanan	,476	
Keslmtn	,524	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, bahwa jika dilakukan perhitungan perbandingan berpasangan antara faktor- faktor yang mempengaruhi resiko, didapatkan bahwa faktor keselamatan kerja lebih berpengaruh. Hal ini ditunjukkan dengan bobot yang lebih besar yaitu sebesar 0,524. sedangkan untuk faktor keamanan mempunyai bobot 0,476.

Level 2

- a. Bobot *Initial set up cost* secara keseluruhan.

Tabel 4.15

Hasil Pembobotan *Initial Set up Cost* secara keseluruhan..

Memilih Alternatif Terbaik

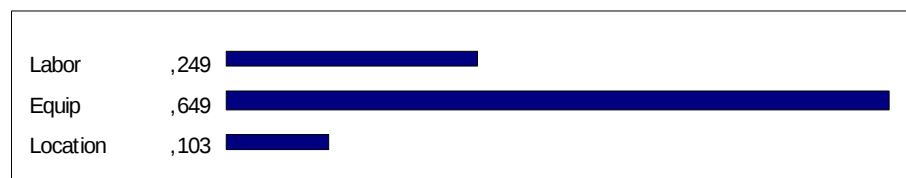
Node: 51000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Set up < Biaya < GOAL

	Equip	Location
Labor	(2,7)	2,5
Equip		6,1

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Set up	Biaya Inisial Set up
Labor	Biaya tenaga kerja
Equip	Biaya peralatan
Location	Biaya Penyediaan Lokasi

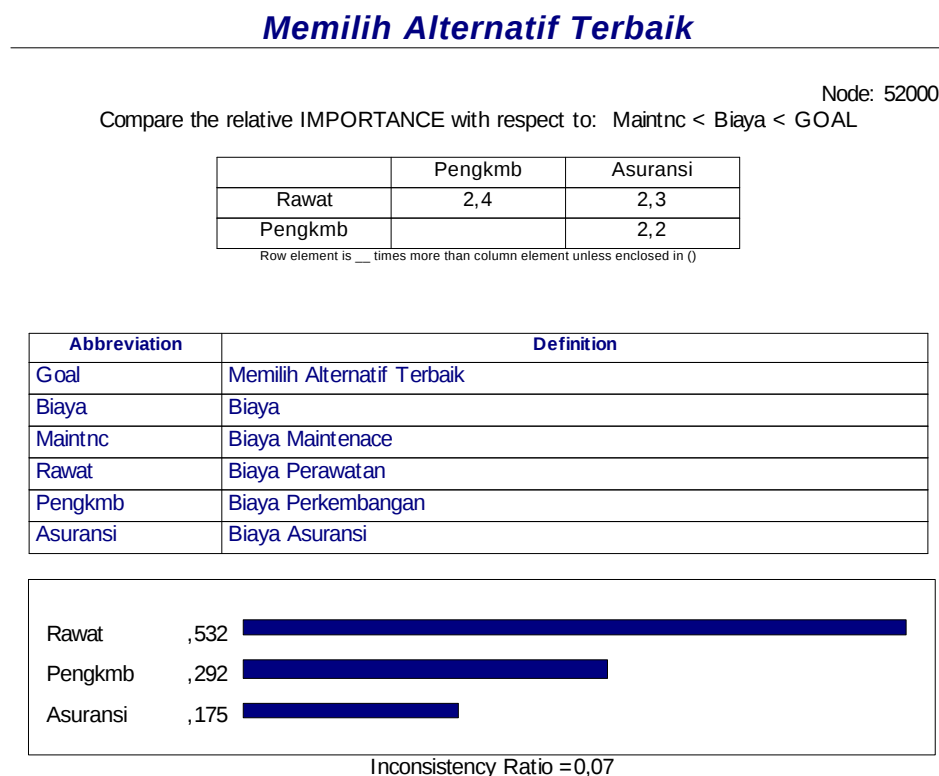


Inconsistency Ratio = 0.0

Dari perhitungan diatas dapat diketahui, bahwa jika dilakukan perhitungan perbandingan berpasangan antara faktor- faktor yang mempengaruhi *initial set up cost*, didapatkan urutan bahwa faktor *equipment cost* mempunyai pengaruh yang paling besar. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,649. Kemudian disusul dengan faktor *Labor cost* dengan bobot sebesar 0,249. Sedangkan untuk faktor *Location cost* memiliki pengaruh yang paling kecil dengan bobot sebesar 0,103.

- b. Bobot *Biaya Maintenance* secara keseluruhan.

Tabel 4.16
Hasil Pembobotan *Biaya Maintenance* secara keseluruhan..



Dari perhitungan diatas dapat diketahui, bahwa jika dilakukan perhitungan perbandingan berpasangan antara faktor- faktor yang mempengaruhi *maintenance cost*, didapatkan urutan bahwa faktor *equipment cost* mempunyai pengaruh yang paling besar. Hal ini ditunjukan dengan bobot sebesar 0,649. Kemudian disusul dengan faktor *Labor cost* dengan bobot sebesar 0,249. Sedangkan untuk faktor *Location cost* memiliki pengaruh yang paling kecil dengan bobot sebesar 0,103.

c. Bobot Kedua Alternatif terhadap *Cost of Changing*.

Tabel 4.17

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Terhadap *Cost of Changing*.

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 53000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Changing < Biaya < GOAL

	Tetap
Buffer	(7,2)

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Changing	Biaya Perubahan
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,122	
Tetap	,878	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria *cost of changing* maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukan dengan bobot sebesar 0,878. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka biaya perubahan dapat lebih sedikit. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,12

- d. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria Keamanan.

Tabel 4.18

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria Keamanan.

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 71000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Keamanan < Resiko < GOAL

	Tetap
Buffer	(2,0)

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Resiko	Resiko
Keamanan	Keamanan
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,333	
Tetap	,667	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria keamanan. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,667. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka diharapkan lebih aman. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,333.

e. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria Keselamatan Kerja

Tabel 4.19

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria Keselamatan Kerja.

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 72000

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Keslmtn < Resiko < GOAL

	Tetap
Buffer	(2,5)

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Resiko	Resiko
Keslmtn	Keselamatan kerja
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,286	
Tetap	,714	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria keselamatan kerja. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,714. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka biaya perubahan dapat lebih sedikit. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,286.

Level 3

- a. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria *Labor Cost*.

Tabel 4.20

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria *Labor Cost*.

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 51100

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Labor < Set up < Biaya < GOAL

	Tetap
Buffer	(6,0)

Row element is ___ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Set up	Biaya Inisial Set up
Labor	Biaya tenaga kerja
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,143	
Tetap	,857	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria *labor cost* maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,857. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka biaya tenaga kerja dapat lebih sedikit, sebab dengan merancang *buffer tank* akan menambah tenaga kerja untuk pengoperasiannya. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,143.

b. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria *Equipment cost*.

Tabel 4.21

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria *Equipment Cost*.

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 51200

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Equip < Set up < Biaya < GOAL

	Tetap
Buffer	(6,4)

Row element is _ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Set up	Biaya Inisial Set up
Equip	Biaya peralatan
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,135	
Tetap	,865	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria *equipment cost*. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,865. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka penambahan biaya peralatan dapat lebih sedikit dibanding dengan merancang *buffer tank* dan *regulator*. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,135.

c. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria *Location Cost*

Tabel 4.22

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria *Location Cost*.**Memilih Alternatif Terbaik**

Node: 51300

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Location < Set up < Biaya < GOAL

	Tetap
Buffer	(1,6)

Row element is ___ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Set up	Biaya Inisial Set up
Location	Biaya Penyediaan Lokasi
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,385	
Tetap	,615	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria *location cost*. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,615. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka penambahan biaya lokasi (tempat) dapat lebih sedikit dibanding dengan merancang *buffer tank* dan *regulator*. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,385.

d. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria Biaya Perawatan

Tabel 4.23
Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria Perawatan

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 52100

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Rawat < Maintnc < Biaya < GOAL

	Tetap
Buffer	1, 2

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Maintnc	Biaya Maintenace
Rawat	Biaya Perawatan
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,545	
Tetap	,455	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria *equipment cost*. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif pertama, yaitu perusahaan merancang *buffer tank* dan *regulator*. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,545. Dengan merancang *buffer tank* dan *regulator* maka memberikan biaya perawatan yang lebih sedikit dibanding dengan tidak melakukan perubahan secara teknis. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,455.

- e. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria Biaya Pengembangan.

Tabel 4.24

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria Biaya Pengembangan.

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 52200

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Pengkmb < Maintnc < Biaya < GOAL

	Tetap
Buffer	(2,3)

Row element is __ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Maintnc	Biaya Maintenace
Pengkmb	Biaya Perkembangan
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,303	
Tetap	,697	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria biaya perkembangan. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukkan dengan bobot sebesar 0,697. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka biaya perkembangan dapat lebih sedikit dibanding dengan merancang *buffer tank* dan *regulator*. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,303.

f. Bobot Kedua Alternatif Dari kriteria Biaya Asuransi

Tabel 4.25

Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Dari kriteria Biaya Asuransi

Memilih Alternatif Terbaik

Node: 52300

Compare the relative IMPORTANCE with respect to: Asuransi < Maintnc < Biaya < GOAL

	Tetap
Buffer	(6,3)

Row element is _ times more than column element unless enclosed in ()

Abbreviation	Definition
Goal	Memilih Alternatif Terbaik
Biaya	Biaya
Maintnc	Biaya Maintenace
Asuransi	Biaya Asuransi
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis

Buffer	,137	
Tetap	,863	

Inconsistency Ratio =0,0

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jika dilihat dari kriteria biaya asuransi. Maka perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua, yaitu perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini ditunjukan dengan bobot sebesar 0,863. Dengan tidak melakukan perubahan secara teknis maka penambahan biaya asuransi dapat lebih sedikit dibanding dengan merancang *buffer tank* dan *regulator*. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot sebesar 0,137.

g. Bobot Kedua Alternatif Secara Keseluruhan.

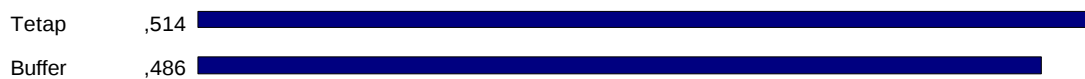
Tabel 4.26
Hasil Pembobotan Kedua Alternatif Secara Keseluruhan.

Memilih Alternatif Terbaik

Synthesis of Leaf Nodes with respect to GOAL

Ideal Mode

OVERALL INCONSISTENCY INDEX = 0,08

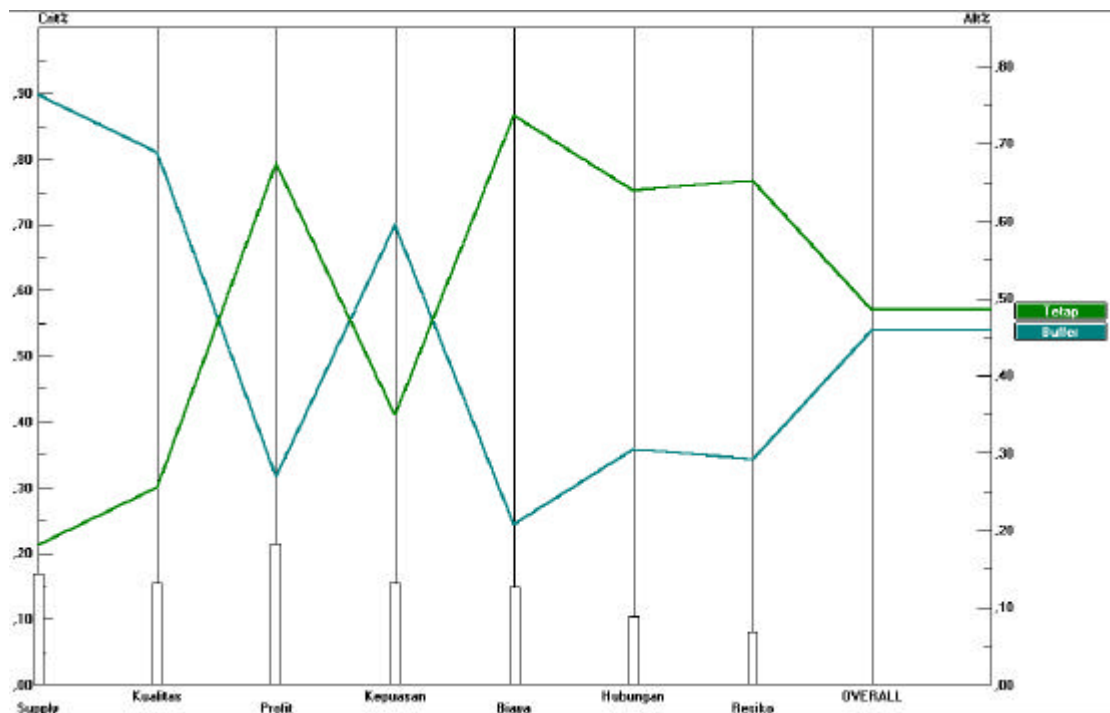


Abbreviation	Definition
Tetap	Tidak melakukan perubahan secara teknis
Buffer	Merancang Buffer Tank dan Regulator

dari hasil perhitungan diatas, berdasarkan dari kriteria-kriteria yang mempengaruhi secara keseluruhan dapat diketahui bahwa pemilihan alternatif terbaik adalah perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis. Hal ini dibuktikan dengan bobot pada alternatif kedua lebih besar daripada bobot alternatif pertama. Bobot alternatif kedua sebesar 0,514. Untuk saat sekarang perusahaan lebih baik menggunakan pilihan alternatif kedua dalam mengatasi permasalahan. Alternatif kedua yang dimaksud adalah tidak melakukan perubahan secara teknis seperti penambahan *buffer tank*. Namun yang dilakukan pada alternatif kedua ini adalah peninjauan kembali komitmen mengenai perjanjian kontrak antara kedua belah pihak, yaitu pihak perusahaan dan pihak *supplier* Petrokimia Gresik. Peninjauan kontrak ini diharapkan agar *supplier* dapat memberikan aliran Hidrogen dengan stabil, sehingga tekanan dan aliran (*flow*) hidrogen yang masuk di H2PSA perusahaan dapat lancar. Dengan *supply* hidrogen yang lancar maka dapat meningkatkan kelancaran proses produksi, sehingga permasalahan mengenai pencapaian target yang kurang optimal dapat

teratasi. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama, yaitu dengan merancang *buffer tank* dan *regulator* mempunyai bobot 0,486. Alternatif pertama tersebut dapat berguna bagi perusahaan untuk rencana jangka panjang, untuk saat ini perusahaan masih berorientasi pada profit perusahaan. Sehingga dengan penambahan *buffer tank* dan *regulator* akan berpengaruh pada profit perusahaan untuk saat ini.

h. Analisa Sensitivitas:



Gambar 4.10
Analisa Sensitivitas.

Analisa:

Dari grafik diatas maka dapat diketahui bahwa kriteria *profit* bagi perusahaan sangat berpengaruh pada pemilihan alternatif terbaik untuk divisi H2PSA. Kemudian disusul oleh kelancaran *supply* hidrogen, kualitas produk, kepuasan *customer*, biaya, hubungan dengan dengan *supplier* dan yang terakhir adalah faktor resiko. Sedangkan terpilihnya alternatif kedua (perusahaan tidak melakukan perubahan secara teknis) sebagai pilihan, faktor biaya memberikan memberikan pengaruh yang paling besar. Karena dengan merancang *buffer tank* (alternatif pertama) biaya yang dibutuhkan cukup besar mulai dari biaya *set up* hingga biaya perawatan dan perubahan. Pengaruh faktor biaya yang besar tersebut dapat dilihat

pada gambar grafik diatas dengan perbedaan antara 0,85 (jika menerapkan pilihan alternatif kedua, yang ditandai dengan garis hijau muda) sampai dengan 0,25 (jika menerapkan pilihan alternatif pertama, yang ditandai dengan warna garis hijau pupus). Kemudian perbedaan dalam faktor profit perusahaan yaitu antara 0,80 sampai 0,3 kemudian disusul dengan faktor hubungan dengan *supplier* dan faktor resiko. Keempat faktor tersebut yang mendukung alternatif kedua. Sedangkan untuk pilihan alternatif pertama didukung oleh faktor kelancaran *supply* hidrogen, kualitas produk dan kepuasan *customer*. Dari grafik diatas, secara keseluruhan (*overall*) dapat disimpulkan bahwa untuk saat ini perusahaan lebih baik memilih alternatif kedua yaitu dengan tidak melakukan perubahan secara teknis.

4.3.1.2. Kerusakan Mesin/ Alat

Mesin yang digunakan dalam proses produksi di PT. Samator cukup kompleks dan berjumlah lebih dari 1macam, sehingga penyebab kerusakan mesin yang sering terjadi juga cukup bervariasi. Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui penyebab serta lamanya *shut down* produksi yang dikarenakan adanya kerusakan tersebut, yang dapat dilihat pada Tabel 4.27. Dari data–data tersebut dapat dibuat Diagram pareto yang akan membantu dalam penentuan prioritas pembahasan. Diagram pareto untuk kerusakan peralatan dapat dilihat pada Gambar 4.10

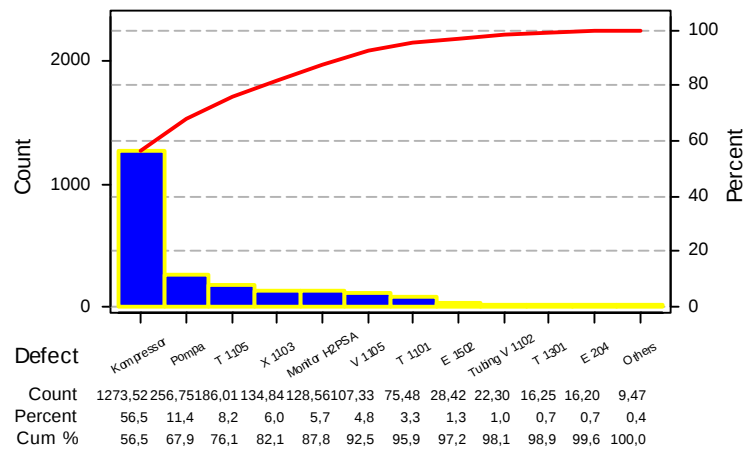
Tabel 4.27

Penyebab Kerusakan Alat

No	Penyebab	Lama <i>Shut down</i> (jam)	Prosentase (%)	Prosentase kumulatif (%)
1	Kompresor	1273,52	56,47	56,47
2	Pompa	256,75	11,39	67,86
3	T 1105	186,01	8,24	76,11
4	X 1103	134,84	5,98	82,08
5	Monitor H2PSA	128,56	5,7	87,79
6	V 1105	107,33	4,76	92,55
7	T 1101	75,48	3,35	95,89
8	E 1502	28,42	1,26	97,15
9	Tubing V 1102	22,3	0,99	98,14
10	T 1301	16,25	0,72	98,86
11	E 204	16,2	0,72	99,58

12	Pipa Oksigen	9,47	0,42	100
Total Shut down		2255,13	100	

Pareto Penyebab Kerusakan Alat



Gambar 4.11

Kerusakan Peralatan Yang Menyebabkan Terhentinya Proses Produksi

Dari diagram Pareto diatas, dapat diketahui bahwa peralatan yang mempunyai prosentase tertinggi yang menyebabkan terhentinya proses produksi adalah Kompresor dan Pompa produk encer (*Dilute pump*.)

Pembahasan Tugas Akhir ini difokuskan pada penjadwalan perawatan berdasarkan interval waktu perbaikan untuk mesin kompressor dengan total biaya perawatan yang minimum dan penjadwalan penggantian komponen pada mesin pompa dengan menggunakan interval penggantian komponen yang mempunyai total biaya minimum.

1. Mesin Kompresor

Adapun komponen pada mesin kompressor yang sering mengalami kerusakan adalah *bearing*. Definisi kerusakan dari komponen *bearing* adalah : vibrasi tinggi, tidak *balance*.

a. Uji Kecukupan Data Perbaikan Komponen Kompresor.

Data perbaikan komponen *bearing* pada mesin kompressor dapat dilihat pada lampiran 13. Dari data-data tersebut dilakukan uji kecukupan data.

Untuk menguji kecukupan data, maka digunakan rumusan sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{S.t}{k.x} \right)^2$$

Uji kecukupan data untuk komponen *bearing* kompressor:

$$N' = \left(\frac{120,806 \times 2,045}{0,05 \times 2020,87} \right)^2 = 5,98$$

Karena $N(30) > N'(5,98)$ maka data yang diambil sudah cukup.

b. Uji Distribusi

Penentuan distribusi dari data selang waktu kerusakan komponen-komponen yang kritis akan sangat penting untuk menentukan fungsi dan parameter keandalan dari komponen yang bersangkutan. Uji distribusi data ini dapat menggunakan Uji *Kolmogorov-Smirnov* maupun Uji *Chi-Square*, pemilihan uji distribusi yang tepat diantara kedua uji tersebut adalah bergantung pada frekuensi harapan dari data yang diperoleh. Jika nilai frekuensi harapan untuk setiap komponen dari masing-masing departemen adalah kurang dari 5, maka dilakukan Uji K-S untuk menentukan bentuk distribusi yang tepat komponen tersebut. Parameter yang digunakan di dalam penentuan distribusi dari setiap komponen ini adalah nilai *modified form*, dimana yang nantinya nilai tersebut dibandingkan dengan nilai *modified critical value* untuk setiap distribusi yang diijinkan didalam Uji K-S ini. Berikut adalah nilai *modified form* yang diperoleh dari Uji K-S dengan bantuan *Software Statgraph*.

Tabel 4.28

Nilai *Modified Form* dan nilai *D tabel* Kompressor Masing-masing Distribusi

Keterangan	Komponen	Normal	Lognormal	Weibull	Eksponensial
<i>modified form</i>	<i>Bearing</i>	0,55174	0,536802	0,581622	3,39784
tabel (n, α)		0,895	0,895	0,831	1,094

Berdasarkan Tabel 4.28, maka didapatkan hasil distribusi untuk tiap komponen bearing pada mesin kompressor adalah distribusi lognormal.

Langkah selanjutnya adalah melakukan uji hipotesa (komponen *bearing*) untuk meyakinkan bahwa bentuk distribusi yang diperoleh dapat diterima

sesuai dengan tingkat kepercayaan. Dalam hal ini digunakan tingkat kepercayaan 95%. Uji ini dilakukan dengan menggunakan distribusi normal sebagai hipotesa awal.

Dimana uji hipotesanya adalah:

H_0 : Data berdistribusi lognormal

H_1 : Data tidak berdistribusi lognormal

Dengan menggunakan *software Statgraphics* dapat diperoleh nilai D. Dari tabel *goodness of fit test* pada lampiran 14.

Diperoleh $D = 0,536802$ (pada kolom *modified form*). Dengan menggunakan $\alpha = 0.05$ maka diperoleh $D_\alpha = 0.895$ di mana nilai ini lebih besar daripada nilai D. Karena $D (0,536802) < D_\alpha (0.895)$ maka terjadi gagal tolak H_0 yang berarti data selang waktu perbaikan tersebut di atas berdistribusi lognormal.

Dari hasil pengujian di atas, diketahui juga besarnya *mean* dari data perbaikan *bearing* adalah 2020,87,0 dan standar deviasi data adalah 120,806.

c. *Probability Density Function* (PDF)

Dengan menggunakan bantuan *software statgraph*, kita dapat mengetahui *Probability Density Function* (PDF).

$$f(t) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \exp \left[-\frac{(t-m)^2}{2s^2} \right]; -\infty < t < +\infty$$

Maka kita dapat mengetahui fungsi dari PDF data selang waktu kerusakan tersebut dengan *mean* = 2020,87 dan standar deviasi = 120,806, yaitu:

$$f(t) = \frac{1}{302,8157} \exp \left[-\frac{(t-2020,87)^2}{29188,17927} \right]; -\infty < t < +\infty$$

d. *Cumulative Density Function* (CDF).

Dengan menggunakan bantuan dari *software statgraph*, maka diperoleh *cumulative density function* (CDF).

$$F(t) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t'-m)^2}{2s^2} \right] dt'$$

Maka kita dapat mengetahui fungsi dari CDF data selang waktu kerusakan tersebut dengan *mean* = 261.921 dan standar deviasi = 9.61525, yaitu:

$$F(t) = \frac{1}{302,8157} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t' - 2020,87)^2}{29188,17927} \right] dt'$$

e. *Reliability/Survival*

Dengan menggunakan rumus yang ada yaitu:

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t') dt'$$

Maka kita dapat mengetahui fungsi dari *reliability* data selang waktu perbaikan :

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - F(t) = 1 - \frac{1}{302,8157} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t' - 2020,87)^2}{29188,17927} \right] \\ &= 0,9967 \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t' - 2020,87)^2}{29188,17927} \right] dt' \end{aligned}$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} F(t') dt'$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{302,8157} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t' - 2020,87)^2}{29188,17927} \right] dt'$$

f. *Mean Time To Repair (MTTR)*

$$MTTR = E(x) = e^{((m+s)/2)}$$

Dari rumus diatas diketahui pula besarnya MTTR dari data selang waktu kerusakan, yaitu sebesar 1070,838.

g. *Biaya-biaya yang diperlukan.*

Biaya-biaya yang diperlukan meliputi biaya *preventive replacement* dan biaya *failure replacement*.

- Biaya *Preventive Replacement* terbagi dalam: biaya tenaga kerja, biaya komponen dan biaya kehilangan produksi.
- Biaya *Failure Replacement* terbagi dalam: biaya tenaga kerja, biaya komponen dan biaya kehilangan produksi.

h. *Analisa Biaya Kehilangan Produksi*

Biaya kehilangan produksi didefinisikan sebagai biaya yang timbul dimana mesin tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (mesin dalam kondisi

mati) karena adanya Perbaikan komponen mesin, sehingga produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang telah ditetapkan.

Standart produksi dari perusahaan ini dalam 1 hari menghasilkan 60 ton (dalam 1 jam menghasilkan 2,5 ton Hidrogen Peroksida (60 ton/ 24 jam).

Total Biaya *manufacturing* per ton Rp. 1.611.779,456.

Sedangkan harga jual per tonnya diasumsikan Rp. 3.500.000,00.

Jadi biaya kehilangan produksi $2,5 \times (3.500.000 - 1.611.779,456)$ sebesar

Rp. 4.720.501,36 per jam.

i. Analisa Biaya perbaikan.

Dalam menghitung waktu perbaikan komponen yang optimal untuk tiap komponen maka dilakukan dengan pendekatan biaya yang dikeluarkan pada saat perbaikan komponen tersebut. Biaya komponen untuk *failure* dan *preventive replacement* diperoleh berdasarkan wawancara dengan *supervisor* divisi *maintenance*. Adapun biaya perbaikan untuk komponen bearing pada mesin kompressor adalah sebesar Rp. 650.000,00.

j. Analisa Biaya *Preventive Replacement* dan *Biaya Failure Replacement*

$C_p = ((\text{Biaya kehilangan produksi}) \times \text{waktu perawatan } \textit{preventive}) + \text{Biaya Perbaikan}$.

$C_f = ((\text{Biaya kehilangan produksi}) \times \text{waktu perbaikan } \textit{failure}) + \text{Biaya Perbaikan}$

Tabel 4. 29

Biaya Preventive Replacement dan Failure Replacement

No	Komponen <i>Bearing</i>	<i>Preventive Replacement (Cp)</i>	<i>Failure Replacement (Cf)</i>
1	Jasa Perbaikan	Rp. 650.000	Rp. 650.000
2	Kehilangan Produksi / jam	Rp. 4.720.501	Rp. 4.720.501
3	Tp	2,5 jam	20 jam
4	Total Biaya	Rp. 12.451.252,5	Rp. 95.060.020

Dimana :

Tp = waktu *preventive replacement* (Perbaikan komponen sebelum rusak), yang merupakan waktu untuk pengecekan rutin untuk komponen tersebut misalnya saja untuk pengencangan mur-baut dan pelumasan.

Hal ini tidak memerlukan teknisi khusus dari pihak *manufacturer* karena kegiatan yang dilakukan adalah pengecekan rutin sehingga waktu untuk melakukan kegiatan ini juga lebih sedikit.

T_p = waktu *failure replacement* (Perbaikan komponen sesudah rusak), yang merupakan waktu untuk mengadakan perbaikan komponen oleh teknisi dari pihak *manufacturer* karena pihak perusahaan tidak memiliki keahlian untuk memperbaiki komponen mesin tersebut. Hal ini memerlukan waktu yang cukup lama dikarenakan harus menunggu kedatangan teknisi dan material yang dibutuhkan dari pihak *manufacturer*.

Keterangan:

Dalam hal ini tenaga kerja/ jam tidak dimasukkan dengan perhitungan C_p dan C_f , karena biaya tersebut sudah dimasukkan dalam perhitungan biaya kehilangan produksi (yaitu dari keuntungan setiap produk yang didapat) berdasarkan informasi yang diperoleh.

- k. Perhitungan Interval waktu Perbaikan Komponen Yang Optimal dilihat dari Total biaya Minimum.

Untuk mendapatkan interval perawatan mesin dalam hal ini Perbaikan komponen yang optimal, dilihat dari total *cost* minimum maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$T_c(tp) = \frac{C_p.R(tp) + C_f(1 - R(tp))}{tp.R(tp) + \int_{\infty}^{tp} tf(t)dt}$$

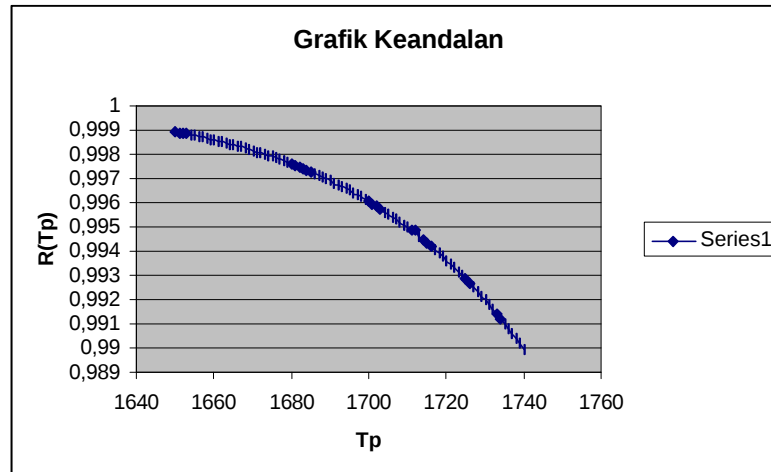
Interval waktu perawatan/ Perbaikan komponen optimal yang dicari adalah waktu yang berada di bawah MTTR. Berikut ini waktu Perbaikan optimal dan total cost minimum yaitu dengan $T_p = 1698$ jam dengan Total Cost (TC) sebesar Rp. 7515,82

Perhitungan *total cost* dapat dilihat pada Lampiran 15.

- l. Analisa Grafik Inteval Waktu Perawatan, Fungsi keandalan dan *Total Cost*.
Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dibuat suatu grafik antara interval waktu perawatan dengan fungsi keandalan dan antara interval waktu

perawatan dengan *total cost*. Dari grafik tersebut diharapkan dapat diketahui hubungan antara variabel-variabel tersebut.

Grafik keandalan untuk komponen *bearing* pada mesin kompressor. Hubungan antara interval waktu perawatan dengan fungsi keandalan komponen *bearing* adalah:

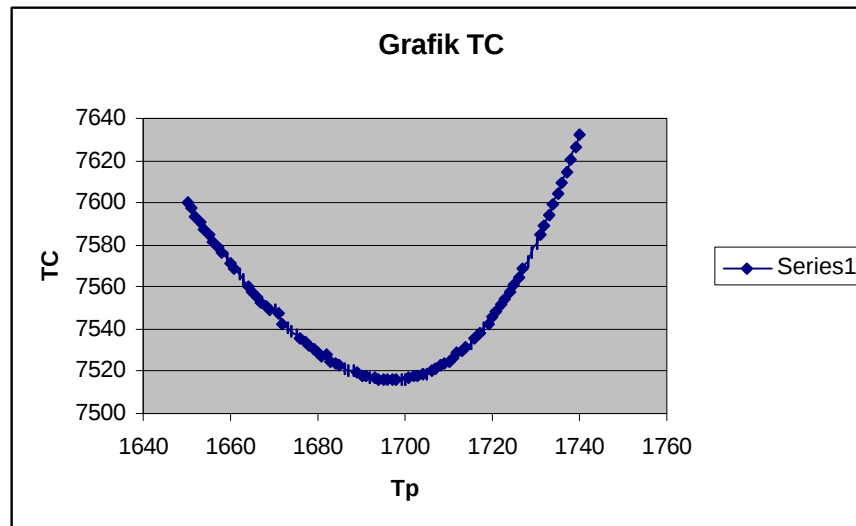


Gambar 4.12

Grafik Keandalan Komponen *Bearing* Kompresor.

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin sering diadakan perawatan maka akan semakin tinggi pula keandalan dari mesin tersebut. Tetapi dalam hal ini penulis tidak mencari interval waktu perawatan dengan memperhitungkan kendalan tertinggi dari mesin, melainkan mencari interval waktu perawatan optimal dengan memperhitungkan *total cost* minimum

Grafik hubungan antara interval waktu perawatan dengan total cost minimum untuk komponen *bearing* pada mesin kompressor dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 4. 13

Grafik Total Biaya Perbaikan Komponen Bearing pada Kompresor

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada interval waktu 1698 jam mempunyai total cost terendah (minimum) yaitu Rp.7515,82 / jam. Dengan diketahui interval waktu perbaikan yang optimal maka total biaya akan minimum sehingga akan dapat meringankan biaya perbaikan komponen rusak yang ditanggung oleh perusahaan.

m. Perbandingan *Total Cost* Sebelum dan Sesudah adanya Penjadwalan

Besarnya total cost yang dikeluarkan oleh perusahaan sesudah dan sebelum adanya penjadwalan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.30

Perbandingan Total Cost Sebelum dan Sesudah Penjadwalan

Sebelum Penjadwalan		Sesudah Penjadwalan		Ekspektasi Penghematan
Tp (jam)	TC(Tp) (Rp/jam)	Tp (jam)	TC(Tp) (Rp/jam)	
2020,87	Rp. 26600,24	1698	Rp. 7515,82	Rp. 19084,42

Dari tabel 4.30 dapat diketahui ekspektasi total cost yang dapat dihemat perusahaan sesudah adanya penjadwalan perawatan mesin. Hal ini tentu akan meningkatkan laba (keuntungan) perusahaan. Dengan adanya penjadwalan yang terencana, perusahaan diharapkan dapat memproduksi secara kontinyu tanpa harus dihadapkan pada masalah kerusakan pada mesin produksi.

n. Sketsa Penjadwalan Perbaikan Komponen Sesudah Penjadwalan.

Penjadwalan Perbaikan komponen dibuat berdasarkan interval waktu yang didapat sesudah penjadwalan (*preventive maintenance*). Disini hanya dibuat sketsa kasar penjadwalan *preventive maintenance* dari interval waktu perawatan optimal dengan memperhitungkan total cost minimum, yang mana nanti pada pengaplikasiannya tergantung dari kebijakan perusahaan sendiri.

Penjadwalan dibuat dari bulan Januari 2003 sampai dengan bulan Desember 2003. Penjadwalan tersebut dapat dilihat pada lampiran 16.

2. Mesin Pompa

Adapun komponen pada mesin pompa yang sering mengalami kerusakan adalah *bearing* dan *mechanical seal*. Definisi kerusakan dari masing-masing komponen adalah:

Bearing : retak, terjadi serpihan, aus.

Mechanical seal : terjadi penyumbatan, aus.

a. Uji Kecukupan Data Kerusakan Komponen Pompa.

Data kerusakan masing-masing komponen pada mesin pompa dapat dilihat pada lampiran 17. Dari data-data tersebut dilakukan uji kecukupan data.

Uji kecukupan data untuk komponen *bearing* pompa:

$$N' = \left(\frac{72,9818 \times 2,045}{0,05 \times 1276} \right)^2 = 5,47$$

Karena $N(30) > N'(5,47)$ maka data yang diambil sudah cukup.

Uji kecukupan data untuk komponen *mechanical seal* pompa:

$$N' = \left(\frac{128,755 \times 2,145}{0,05 \times 1673,6} \right)^2 = 10,89$$

Karena $N(15) > N'(10,89)$ maka data yang diambil sudah cukup.

b. Uji Distribusi Kerusakan

Berikut adalah nilai *modified form* yang diperoleh dari Uji K-S dengan bantuan *Software Statgraph*.

Tabel 4.31

Nilai *Modified Form* dan nilai *D tabel* Komponen Pompa
Masing-masing Distribusi

Keterangan	Komponen	Normal	Lognormal	Weibull	Ekspensial
Modified form	<i>Bearing</i>	0,659403	0,712464	0,806946	3,38177
Modified form	<i>Mechanical seal</i>	0,429478	0,470427	2,37642	0,523716
tabel (n,á)		0,895	0,895	0,831	1,094

Berdasarkan Tabel 4.31, maka didapatkan hasil distribusi untuk tiap-tiap komponen, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.32

Jenis Distribusi Masing-Masing Komponen

NAMA KOMPONEN	MESIN	DISTRIBUSI
<i>Bearing</i>	Pompa	Normal
<i>Mechanical seal</i>	Pompa	Normal

Langkah selanjutnya adalah melakukan uji hipotesa (komponen *bearing*) untuk meyakinkan bahwa bentuk distribusi yang diperoleh dapat diterima sesuai dengan tingkat kepercayaan. Dalam hal ini digunakan tingkat kepercayaan 95%. Uji ini dilakukan dengan menggunakan distribusi normal sebagai hipotesa awal.

Dimana uji hipotesanya adalah:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Dengan menggunakan *software Statgraphics* dapat diperoleh nilai *D*. Dari tabel *goodness of fit test* pada lampiran 18.

Diperoleh $D = 0,659403$ (pada kolom *modified form*). Dengan menggunakan $\alpha = 0.05$ maka diperoleh $D_\alpha = 0.895$ di mana nilai ini lebih besar daripada nilai D . Karena $D (0,659403) < D_\alpha (0.895)$ maka terjadi gagal tolak H_0 yang berarti data selang waktu kerusakan tersebut di atas berdistribusi normal.

Dari hasil pengujian di atas, diketahui juga besarnya *mean* dari data kerusakan *bearing* adalah 1276,0 dan standar deviasi data adalah 72,9818.

Uji hipotesa komponen *mechanical seal*:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Dengan menggunakan *software Statgraphics* dapat diperoleh nilai D . Dari tabel *goodness of fit test* pada lampiran 15.

Diperoleh $D = 0,429478$ (pada kolom *modified form*). Dengan menggunakan $\alpha = 0.05$ maka diperoleh $D_\alpha = 0.895$ di mana nilai ini lebih besar daripada nilai D . Karena $D (0,429478) < D_\alpha (0.895)$ maka terjadi gagal tolak H_0 yang berarti data selang waktu kerusakan tersebut di atas berdistribusi normal.

Dari hasil pengujian, diketahui juga besarnya *mean* dari data kerusakan adalah 1673,6 dan standar deviasi data adalah 128,755.

c. *Probability Density Function (PDF)*

- *Komponen Bearing*

Dengan menggunakan bantuan *software statgraph*, kita dapat mengetahui *Probability Density Function (PDF)*.

PDF data selang waktu kerusakan tersebut dengan *mean* = 1276 dan standar deviasi = 72,9818, yaitu:

$$f(t) = \frac{1}{182,9382} \exp \left[-\frac{(t-1276)^2}{10652,6863} \right]; -\infty < t < +\infty$$

- *Komponen Mechanical seal*

Dengan menggunakan bantuan *software statgraph*, kita dapat mengetahui *Probability Density Function (PDF)*.

PDF data selang waktu kerusakan tersebut dengan *mean* = 1673,6 dan standar deviasi = 128,755 yaitu:

$$f(t) = \frac{1}{322,7409} \exp \left[-\frac{(t-1673,6)^2}{33155,7} \right]; -\infty < t < +\infty$$

f. *Cumulative Density Function (CDF)*

- Komponen *bearing*

Dengan menggunakan bantuan dari *software statgraph*, maka diperoleh *cumulative density function (CDF)*.

CDF data selang waktu kerusakan tersebut dengan *mean* = 261.921 dan standar deviasi = 9.61525, yaitu:

$$F(t) = \frac{1}{182,9382} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t'-1276)^2}{10652,6863} \right] dt'$$

- Komponen *Mechanical seal*

Dengan menggunakan bantuan dari *software statgraph*, maka diperoleh *cumulative density function (CDF)*.

CDF data selang waktu kerusakan tersebut dengan *mean* = 1673,6 dan standar deviasi = 128,755 yaitu:

$$F(t) = \frac{1}{322,7409} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t'-1673,6)^2}{33155,7} \right] dt'$$

g. *Reliability/Survival*

- Komponen *Bearing*

Fungsi dari *reliability* data selang waktu kerusakan tersebut, yaitu:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{1}{182,9382} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t'-1276)^2}{10652,6863} \right]$$

$$= 0,9945 \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t'-1276)^2}{10652,6863} \right] dt'$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} F(t') dt'$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{182,9382} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t'-1276)^2}{10652,6863} \right] dt'$$

- Komponen *Mechanical seal*

Fungsi dari *reliability* data selang waktu kerusakan tersebut, yaitu:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{1}{322,7409} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t' - 1673,6)^2}{33155,7} \right] dt'$$

$$= 0,9969 \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t' - 1673,6)^2}{33155,7} \right] dt'$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} F(t') dt'$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{322,7409} \int_{-\infty}^t \exp \left[-\frac{(t' - 1673,6)^2}{33155,7} \right] dt'$$

- f. *Mean Time To Failure* (MTTF)

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

- Komponen *Bearing*

Dari rumus diatas diketahui pula besarnya MTTF dari data selang waktu kerusakan, yaitu sebesar 1276.

- Komponen *Mechanical Seal*

Dari rumus diatas diketahui pula besarnya MTTF dari data selang waktu kerusakan, yaitu sebesar 1673,6.

- g. Biaya-biaya yang diperlukan.

Biaya-biaya yang diperlukan meliputi biaya *preventive replacement* dan biaya *failure replacement*.

- Biaya *Preventive Replacement* terbagi dalam: biaya tenaga kerja, biaya komponen dan biaya kehilangan produksi.
- Biaya *Failure Replacement* terbagi dalam: biaya tenaga kerja, biaya komponen dan biaya kehilangan produksi.

- j. Analisa Biaya Kehilangan Produksi

Biaya kehilangan produksi didefinisikan sebagai biaya yang timbul dimana mesin tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (mesin dalam kondisi mati) karena adanya penggantian komponen mesin, sehingga produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang telah ditetapkan.

Standart produksi dari perusahaan ini dalam 1 hari menghasilkan 60 ton (dalam 1 jam menghasilkan 2,5 ton Hidrogen Peroksida (60 ton/ 24 jam).

Total Biaya *manufacturing* per ton Rp. 1.611.779,456.

Sedangkan harga jual per tonnya diasumsikan Rp. 3.500.000,00.

Jadi biaya kehilangan produksi $2,5 \times (3.500.000 - 1.611.779,456)$ sebesar Rp. 4.720.501,36 per jam.

k. Analisa Biaya Komponen

Dalam menghitung waktu penggantian komponen yang optimal untuk tiap komponen maka dilakukan dengan pendekatan biaya yang dikeluarkan pada saat penggantian komponen tersebut. Biaya komponen untuk *failure* dan *preventive replacement* diperoleh berdasarkan wawancara dengan *supervisor* divisi *maintenance*.

Tabel 4.33

Tipe Kerusakan Peralatan dan Harga per Komponen.

No	Komponen Pompa	Definisi Kerusakan	Harga Komponen
1.	<i>Bearing</i>	Vibrasi tinggi, tidak seimbang (not balance)	Rp. 883.700,00
2.	<i>Mechanical seal</i>	Aus.	Rp. 975.000,00

j. Analisa Biaya *Preventive Replacement*

$C_p = ((\text{Biaya kehilangan produksi}) \times \text{waktu perawatan } \textit{preventive}) + \text{harga komponen}.$

Tabel 4.34

Biaya *Preventive Replacement* Pada Pompa

Komponen Pompa	Komponen/unit	Kehilangan Produksi/jam	Tp (jam)	Cp
Bearing	Rp. 883.700	Rp.4.720.501	1,5	Rp. 7.964.451,5
Mechanical seal	Rp. 975.000	Rp.4.720.501	1	Rp. 5.695.501

k. Analisa Biaya *Failure Replacement*

$C_f = ((\text{Biaya kehilangan produksi}) \times \text{waktu perbaikan failure} + \text{Harga komponen})$.

Tabel 4.35

Biaya *Failure Replacement* Pada Pompa

Komponen Pompa	Komponen / unit	Kehilangan Produksi	Tp (jam)	Cf
Bearing	Rp. 883.700	Rp.4.720.501	8	Rp.38.647.708
Mechanical seal	Rp. 975.000	Rp.4.720.501	15	Rp.71.782.515

Dimana :

T_p = waktu *preventive replacement* (penggantian komponen sebelum rusak), yang meliputi waktu untuk melakukan kegiatan pengecekan secara rutin misalnya saja pelumasan komponen dan pengencangan mur-baut. Hal ini tidak membutuhkan waktu yang lama mengingat tindakan yang dilakukan bersifat pengecekan bukan penggantian komponen.

T_p = waktu *failure replacement* (penggantian komponen sesudah rusak), yang meliputi waktu untuk mengganti komponen yang mengalami kerusakan. Waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan ini cukup lama karena disebabkan oleh terbatasnya kemampuan perusahaan untuk penyediaan komponen yang diperlukan untuk penggantian sehingga terjadi waktu menunggu untuk penyediaan komponen yang diperlukan.

Keterangan:

Dalam hal ini tenaga kerja/ jam tidak dimasukkan dengan perhitungan C_p dan C_f , karena biaya tersebut sudah dimasukkan dalam perhitungan biaya kehilangan produksi (yaitu dari keuntungan setiap produk yang didapat) berdasarkan informasi yang diperoleh.

l. Perhitungan Interval waktu Penggantian Komponen Yang Optimal dilihat dari Total biaya Minimum.

Untuk mendapatkan interval perawatan mesin dalam hal ini penggantian komponen yang optimal, dilihat dari total *cost* minimum.

Interval waktu perawatan/ penggantian komponen optimal yang dicari adalah waktu yang berada di bawah MTTF. Berikut ini waktu penggantian optimal dan total *cost* minimum dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.36
Interval Waktu Perawatan dan Total Cost

No	Nama Komponen	Tp (jam)	TC (Tp) (Rp/ Jam)
1	Bearing	1094	Rp. 7457,38
2	Mechanical seal	1318	Rp. 4465,23

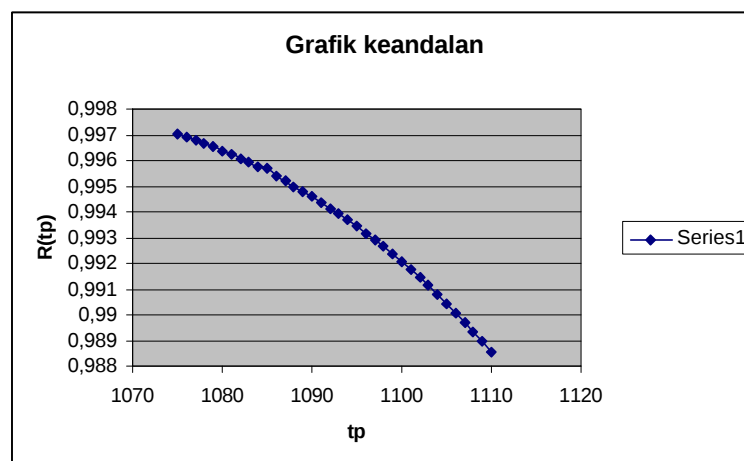
Perhitungan *total cost* dapat dilihat pada lampiran 19.

m. Analisa Grafik Inteval Waktu Perawatan, Fungsi keandalan dan *Total Cost*.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat dibuat suatu grafik antara interval waktu perawatan dengan fungsi keandalan dan antara interval waktu perawatan dengan *total cost*. Dari grafik tersebut diharapkan dapat diketahui hubungan antara variabel-variabel tersebut.

Sebagai contoh:

Grafik untuk *bearing* yang merupakan komponen pompa. Hubungan antara interval waktu perawatan dengan fungsi keandalan komponen *bearing* adalah:

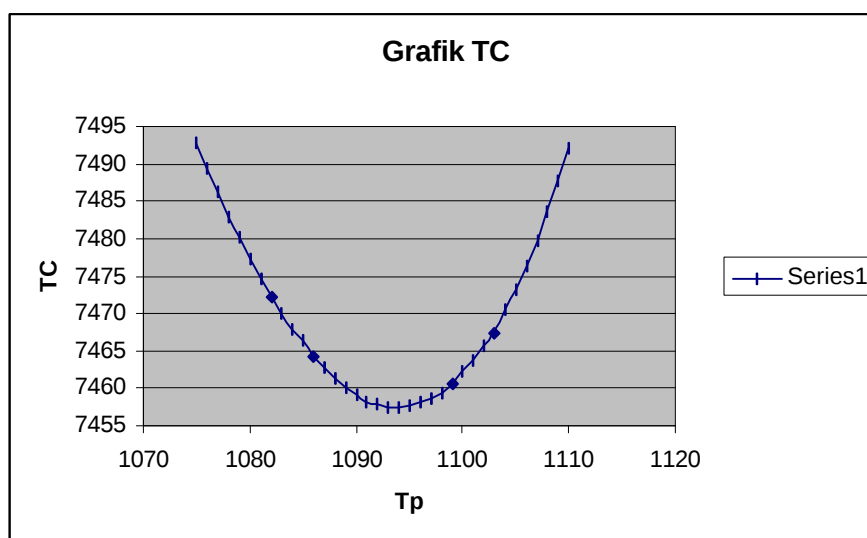


Gambar 4.14

Grafik Keandalan Komponen *Bearing* Pompa.

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin sering diadakan perawatan maka akan semakin tinggi pula keandalan dari mesin tersebut. Tetapi dalam hal ini penulis tidak mencari interval waktu perawatan dengan memperhitungkan kendalan tertinggi dari mesin, melainkan mencari interval waktu perawatan optimal dengan memperhitungkan *total cost* minimum.

Grafik hubungan antara interval waktu perawatan dengan *total cost* minimum untuk komponen *bearing* pada mesin pompa dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 4. 15

Grafik Total Biaya Penggantian Komponen *Bearing* pada Pompa

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada interval waktu 1094 jam mempunyai total cost terendah (minimum) yaitu Rp.7457,38 / jam. Dengan diketahui interval waktu penggantian yang optimal maka total biaya akan minimum sehingga akan dapat meringankan biaya penggantian komponen yang ditanggung oleh perusahaan.

Grafik keandalan dan *Total Cost* untuk komponen *mechanical seal* dapat dilihat pada lampiran 20.

n. Perbandingan *Total Cost* Sebelum dan Sesudah adanya Penjadwalan

Besarnya total cost yang dikeluarkan oleh perusahaan sesudah dan sebelum adanya penjadwalan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 37

Perbandingan Total Cost Sebelum dan Sesudah Penjadwalan Mesin Pompa

Nama Komponen	Sebelum Penjadwalan		Sesudah Penjadwalan		Ekspektasi Penghematan
	Tp (jam)	TC(Tp) (Rp/jam)	Tp (jam)	TC(Tp) (Rp/jam)	
<i>Bearing</i>	1276	Rp. 18264,95	1094	Rp. 7457,38	Rp. 10807,6
<i>Mec. Seal</i>	1673,6	Rp. 23147,11	1318	Rp. 4465,23	Rp. 18681,88

Dari tabel 4.37 dapat diketahui ekspektasi *total cost* yang dapat dihemat perusahaan sesudah adanya penjadwalan perawatan mesin. Hal ini tentu akan meningkatkan laba (keuntungan) perusahaan. Dengan adanya penjadwalan yang terencana, perusahaan diharapkan dapat memproduksi secara kontinyu tanpa harus dihadapkan pada masalah kerusakan pada mesin produksi.

o. Sketsa Penjadwalan Penggantian Komponen Sesudah Penjadwalan.

Penjadwalan penggantian komponen dibuat berdasarkan interval waktu yang didapat sesudah penjadwalan (*preventive maintenance*). Disini hanya dibuat sketsa kasar penjadwalan *preventive maintenance* dari interval waktu perawatan optimal dengan memperhitungkan total cost minimum, yang mana nanti pada pengaplikasiannya tergantung dari kebijakan perusahaan sendiri.

Penjadwalan dibuat dari bulan Januari 2003 sampai dengan bulan Desember 2003. Penjadwalan tersebut dapat dilihat pada lampiran 21.

4.3.2. Peramalan data permintaan produk

Peramalan dimulai dengan menentukan metode yang akan digunakan. Dari hasil plot data yang telah dilakukan, diketahui adanya komponen *trend* dan *seasonal* pada data permintaan produk Hidrogen Peroksida. Dengan pertimbangan tersebut, maka data permintaan produk Hidrogen Peroksida diramalkan dengan menggunakan metode *Multiplicative Winter*. Plot untuk data permintaan produk bulanan (Januari tahun 2001 sampai Desember 2002) dapat dilihat pada Lampiran 23.

Peramalan dilakukan untuk 12 periode mendatang (bulan Januari tahun 2003 hingga bulan Desember tahun 2003). Hasil perhitungan peramalan yang dilakukan penulis dibandingkan dengan peramalan yang dilakukan oleh perusahaan selama ini, dimana hasil peramalan yang dilakukan oleh penulis mempunyai tingkat

kesalahan yang lebih kecil. Cara Pengolahan Peramalan dilakukan dengan menggunakan *software excel* yang dapat dilihat pada Lampiran 25.

Hasil peramalan permintaan untuk 12 periode mendatang (Januari sampai Desember Tahun 2003) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.38

Hasil Peramalan Dengan Menggunakan Metode *Multiplicative Winter*.

Periode (Tahun 2003)	Hasil Peramalan (Ton)
Januari	1302,5678
Februari	936,45741
Maret	1024,5808
April	1154,7318
Mei	1384,6271
Juni	1882,2911
Juli	1755,8736
Agustus	1060,4394
September	1764,2161
Oktober	1050,3202
November	1420,6495
Desember	1435,9552

Dari hasil peramalan dengan menggunakan metode *Multiplicative Winter* mempunyai nilai MAD yang lebih kecil dari MAD peramalan perusahaan yaitu sebesar 526,7746. Sedangkan MAD hasil peramalan perusahaan adalah sebesar 740,527.

4.3.3. Sistem Perencanaan Material

Perencanaan persediaan material dilakukan dengan menggunakan metode *Fixed Order Quantity (FOQ)* karena bahan baku yang dibahas merupakan bahan baku impor yang mempunyai *fixed order quantity* dalam setiap kali pemesanannya. Pemesanan material tersebut mempunyai *lead time order* 3 bulan. Perencanaan persediaan material ini dilakukan dalam bentuk MRP, yang dapat dilihat pada Lampiran 26.

Penentuan ukuran pemesanan material memerlukan data biaya pemesanan dan biaya simpan. Biaya pemesanan material merupakan semua biaya yang dikeluarkan untuk pemesanan material yang dimulai dari transaksi sampai

barang datang di tempat. Dalam hal ini ,penulis mengasumsikan biaya simpan dan biaya pemesanan dalam bentuk variabel, dimana Biaya simpan (*Holding cost*) dilambangkan dengan variabel **H** sedangkan untuk biaya pemesanan (*Ordering cost*) dilambangkan dengan variabel **S**.

Hasil pengolahan MRP, kemudian dibandingkan dengan perencanaan material yang dilakukan oleh perusahaan selama ini. Perbandingan biaya antara kedua perencanaan material tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4.39

Perbandingan Biaya Perencanaan Material Dengan Metode MRP dan Metode Yang Digunakan Perusahaan.

No	Material	Total biaya dengan metode yang digunakan Perusahaan.	Total biaya dengan metode MRP	Selisih Perbandingan
1	<i>Heavy Aromatic</i>	$= 3S + (509942,4 \text{ H})$	$= 2S + (420170,2 \text{ H})$	$= S + 89772,2 \text{ H}$
2	TOP	$= 2S + (79607,2 \text{ H})$	$= S + (68156,18 \text{ H})$	$= S + 11451,02 \text{ H}$
3	EAQ	$= 2S + (162602,8 \text{ H})$	$= S + (130381,381 \text{ H})$	$= S + 32221,419 \text{ H}$
4	<i>Complex Stabilizer</i>	$= S + (14516,76 \text{ H})$	$= 6942,721 \text{ H}$	$= S + 7574,039 \text{ H}$
5	<i>Activated Alumina</i>	$= 2S + (314076 \text{ H})$	$= 2S + (246671 \text{ H})$	$= 67405 \text{ H}$
6	<i>Paladium Catalyst</i>	$= 36391,204 \text{ H}$	$= 45564,5895 \text{ H}$	$= -9173,3855 \text{ H}$
Total Selisih Biaya			$= 4S + (199250,2925 \text{ H})$	

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa dengan menggunakan teknik peramalan dan *Material Requirement Planning* yang tepat dapat meminimalkan biaya yang ada dalam perusahaan, yaitu sebesar $4S + (199250,2925 \text{ H})$.

Untuk memperjelas pembahasan masalah dalam Tugas Akhir ini maka dibuat tabel ringkasan Pembahasan.

Tabel 4.40
Ringkasan Pembahasan Masalah

No	Penyebab Target Produksi Tidak Tercapai	Alternatif Solusi dari Permasalahan
1.	Frekuensi <i>shut down</i> produksi yang cukup tinggi. a. <i>Supply</i> hidrogen yang tidak stabil.	a. Merancang <i>Buffer tank</i> beserta <i>regulator</i> . b. Memperbaiki komitmen dengan pihak <i>supplier</i> yang terkait.
	b. Kerusakan mesin yang cukup tinggi	Membuat jadwal <i>maintenance</i> .
2.	Metode Peramalan yang kurang tepat.	Menggunakan metode peramalan yang tepat, yaitu dengan menggunakan metode <i>Multiplicative Winter</i> .
3.	Sistem perencanaan material yang kurang tepat.	Membuat sistem perencanaan material (MRP) sesuai dengan peramalan yang telah dilakukan.