

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perawatan (*Maintenance*)

2.1.1. Definisi Perawatan

Perawatan adalah kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan peranan (fungsional) suatu sistem produksi (peralatan, mesin) sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai kondisi yang diharapkan. Hal ini dapat dicapai antara lain dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya serta dengan memperhatikan kriteria minimasi ongkos. Peranan perawatan baru akan sangat terasa apabila sistem mulai mengalami gangguan atau tidak dapat dioperasikan lagi. Masalah perawatan ini sering diabaikan karena suatu alasan mahal atau banyaknya ongkos yang dikeluarkan dalam pelaksanaannya, padahal apabila dibandingkan dengan kerugian waktu menganggur akibat adanya suatu kerusakan mesin jauh lebih besar dari pada ongkos perawatan dan baru akan dirasakan apabila sistem mulai mengalami gangguan dalam pengoperasiannya, sehingga kelancaran dan kesinambungan produksi akan terganggu.

Perawatan juga didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat fasilitas dan menemukannya pada kondisi siap pakai sesuai dengan kebutuhan. Dengan kata lain perawatan merupakan aktivitas dalam rangka mengupayakan fasilitas produksi berada pada kondisi/kemampuan produksi yang dikehendaki. Perawatan

merupakan suatu fungsi utama dalam suatu unit organisasi/usaha/industri. Fungsi lainnya diantaranya adalah pemasaran, keuangan, produksi dan sumber daya manusia. Fungsi perawatan harus dijalankan dengan baik, karena fasilitas-fasilitas yang diperlukan dalam organisasi dapat terjaga kondisinya. Perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya.

Masalah perawatan mempunyai kaitan yang sangat erat dengan tindakan pencegahan kerusakan (*preventive*) dan perbaikan kerusakan (*corrective*). Tindakan tersebut dapat berupa:

1. *Inspection* (Pemeriksaan)

Yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem atau mesin untuk mengetahui apakah sistem berada pada kondisi yang diinginkan.

2. *Service* (Servis)

Yaitu tindakan yang bertujuan untuk menjaga kondisi suatu sistem yang biasanya telah diatur dalam buku petunjuk pemakaian sistem.

3. *Replacement* (Pergantian Komponen)

Yaitu tindakan pergantian komponen yang dianggap rusak atau tidak memenuhi kondisi yang diinginkan. Tindakan penggantian ini mungkin dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan pencegahan terlebih dahulu.

4. *Repair* (Perbaikan)

Yaitu tindakan perbaikan minor yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil.

5. *Overhaul*

Yaitu tindakan perubahan besar-besaran yang biasanya dilakukan di akhir periode tertentu.

Pentingnya perawatan baru disadari setelah mesin produksi yang digunakan mengalami kerusakan atau terjadi kerusakan yang sifatnya parah yaitu mesin yang terjadwal atau teratur dapat menjamin kelangsungan atau kelancaran proses produksi pada saat aktivitas produksi sedang berjalan dapat dihindari.

2.1.2. Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukannya perawatan adalah:

1. Memungkinkan terjadinya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan dan pengoperasian peralatan secara tepat.
2. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem.
3. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
4. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan *service* dan perbaikan.
5. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.

6. Memaksimalkan kapasitas produksi dari sumber-sumber sistem yang ada.
7. Mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan pada saat mesin sedang beroperasi.
8. Memelihara peralatan-peralatan dengan benar sehingga mesin atau peralatan selalu berada pada kondisi tetap siap untuk operasi.
9. Menyiapkan personel, fasilitas dan metodenya agar mampu mengerjakan tugas-tugas perawatan.

2.2. Distribusi Statistik

Model dari suatu probabilitas kerusakan suatu alat dapat dicocokkan dengan distribusi statistik. Dalam analisa keandalan ada beberapa distribusi statistik yang umum digunakan. Distribusi statistik yang digunakan tergantung pada karakter kerusakan yang terjadi. Beberapa distribusi yang termasuk ke dalam distribusi statistik diantaranya:

2.2.1. Distribusi Normal

Distribusi normal mempunyai laju kerusakan yang naik sejak bertambahnya umur alat, yang berarti probabilitas kerusakan alat atau komponen naik sesuai dengan bertambahnya umur komponen tersebut. Distribusi normal mempunyai dua parameter yaitu rata-rata dan standar deviasi.

Adapun fungsi-fungsi distribusi normal dinyatakan sebagai berikut:

Fungsi kepadatan kerusakan:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]}$$

Dengan ketentuan: $t \sim \mu < t < \infty$

μ = Rata-rata dari distribusi.

σ = Standar deviasi distribusi.

Fungsi keandalan:

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$$

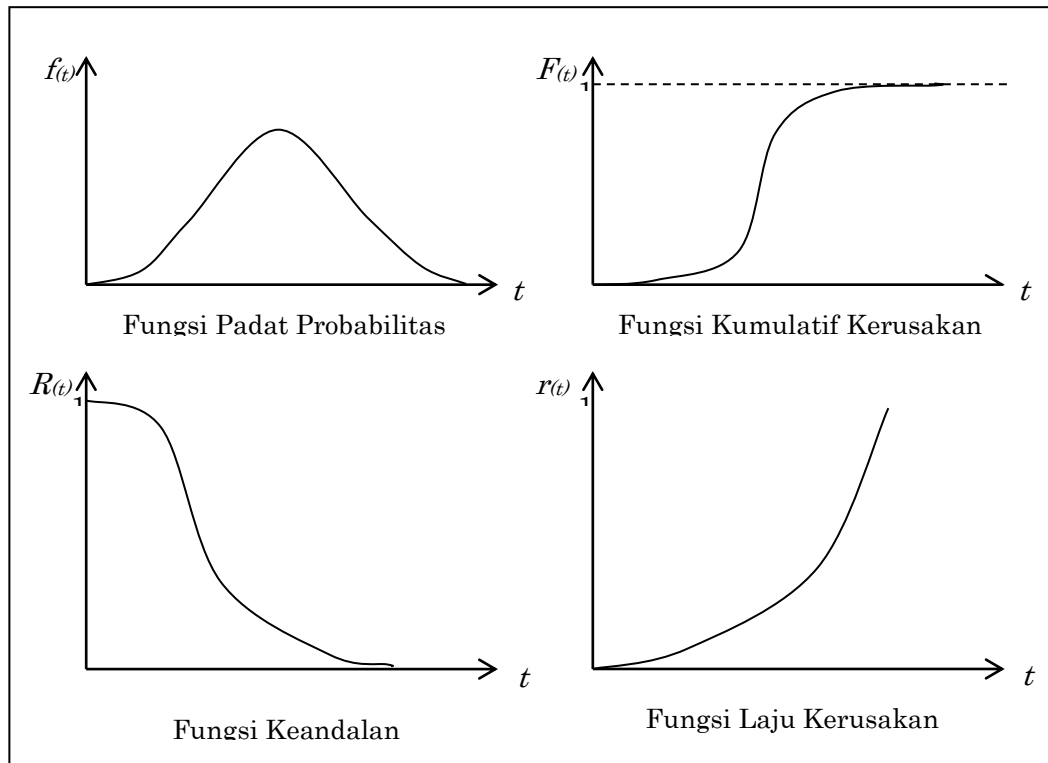
Fungsi laju kerusakan:

$$r(t) = \frac{e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt}$$

Fungsi distribusi kumulatif:

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Pola grafik dari masing-masing fungsi pada distribusi normal mendekati bentuk pola berikut:



Gambar 2.1. Pola Grafik Fungsi Distribusi Normal

Sumber: *Seiichi N, 1988*

2.2.2. Distribusi *Gamma*

Distribusi ini mempunyai laju kecenderungan yang menurun dan menaik dengan bertambahnya umur komponen. Distribusi *gamma* memiliki dua parameter yaitu α dan β . (*Seiichi N, 1988*)

Adapun fungsi-fungsi distribusi *gamma* adalah sebagai berikut:

Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} \exp(-t/\beta)$$

Fungsi kemungkinan kumulatifnya:

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} \exp(-t/\beta) dt$$

Fungsi keandalannya:

$$F(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} \exp(-t/\beta) dt$$

Fungsi laju kerusakan:

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

2.2.3. Distribusi Eksponensial

Distribusi *eksponensial* mempunyai laju kerusakan yang konstan, tidak tergantung pada waktu. Dengan demikian probabilitas terjadinya kerusakan pada suatu komponen atau alat tidak tergantung pada umur alat tersebut. Distribusi *eksponensial* memiliki satu parameter yaitu β .

Adapun fungsi-fungsi distribusi *eksponensial* dinyatakan sebagai berikut:

Fungsi kemungkinan kumulatifnya:

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

Fungsi kemungkinan kepadatannya adalah:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{(-\lambda \cdot t)}$$

Dengan ketentuan: $t > 0$

λ = Rata-rata nilai kedatangan kerusakan.

Fungsi laju kerusakannya:

$$r(t) = \lambda$$

Dimana untuk $t > 0$

α = Parameter skala dengan $\alpha > 0$

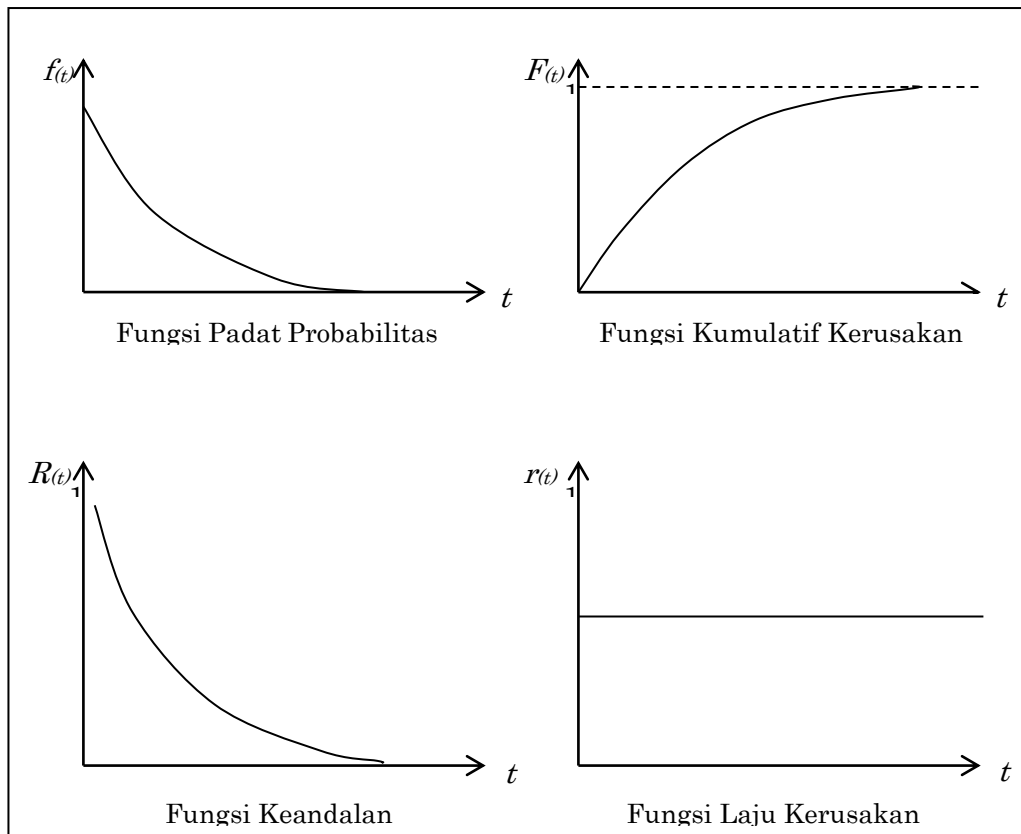
β = Parameter bentuk dengan $\beta > 0$

Dimana θ = Rata-Rata Waktu Antar Kerusakan (MTTF)

Fungsi keandalannya yaitu:

$$R(t) = e^{(-\lambda \cdot t)}$$

Pola grafik dari masing-masing fungsi pada distribusi *eksponensial* mendekati bentuk pola berikut :



Gambar 2.2. Pola Grafik Fungsi Distribusi *Eksponensial*

Sumber: Seiichi N, 1988

2.2.4. Distribusi *Weibull*

Distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering digunakan untuk menganalisis data kerusakan, karena distribusi *weibull* dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal (*early failure*), periode normal dan periode pengausan (*wear out*).

Periode tersebut tergantung dari nilai parameter bentuk fungsi distribusi *weibull*. Distribusi *weibull* mempunyai laju kerusakan menurun untuk $\beta < 1$, laju kerusakan konstan untuk $\beta = 1$ dan laju kerusakan naik untuk $\beta > 1$.

Fungsi-fungsi distribusi *weibull* adalah sebagai berikut:

Fungsi kepadatan kerusakan:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left[\left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]}$$

Dimana untuk $t > 0$

α = Parameter skala dengan $\alpha > 0$

β = Parameter bentuk dengan $\beta > 0$

Fungsi distribusi kumulatif:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]}$$

Fungsi keandalannya:

$$R(t) = e^{-\left[\left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]}$$

Fungsi laju kerusakannya:

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$

Perubahan nilai β akan mengakibatkan distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi tertentu, akibatnya sering digunakan sebagai pendekatan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan. Hal ini dapat dilihat pada perubahan nilai β sebagai berikut:

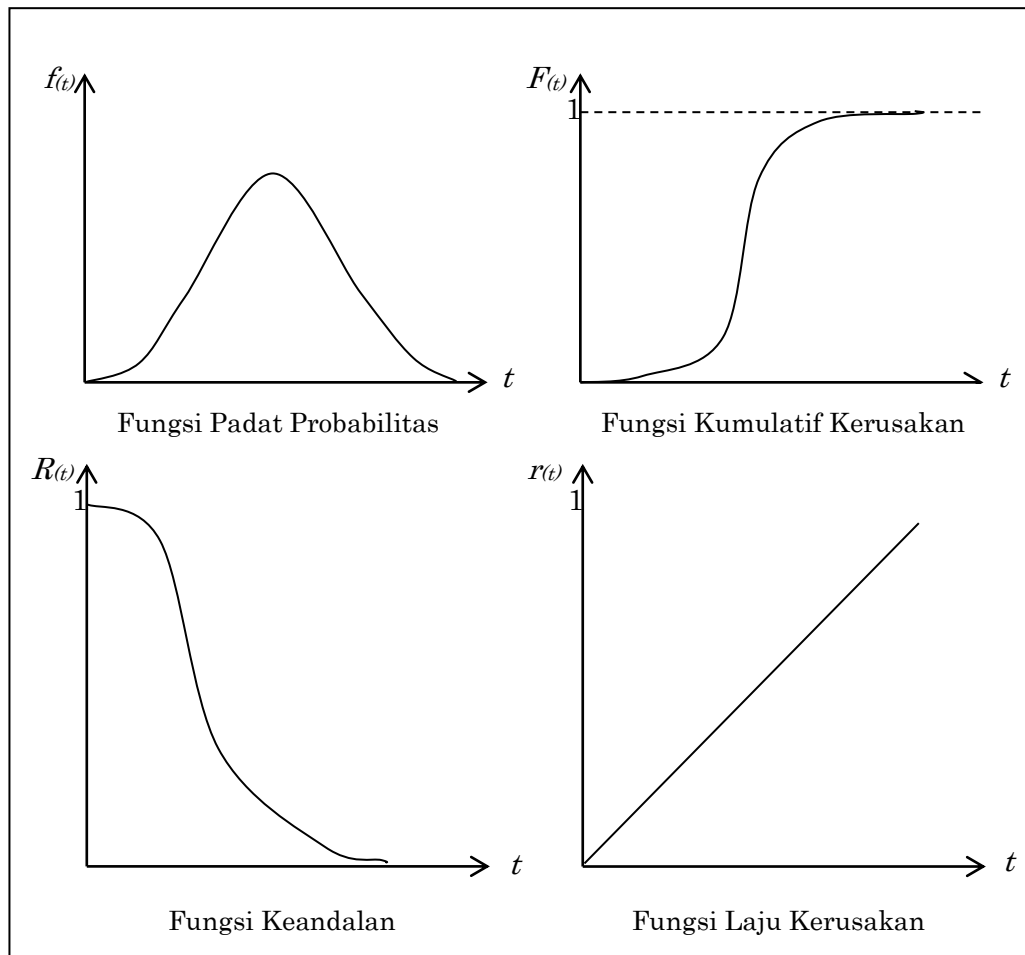
1. Distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi *eksponensial*, jika $\beta = 1$.
2. Distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi *hypereksponensial*, jika $\beta = 0$.
3. Distribusi *Weibull* ekuivalen dengan distribusi normal, jika $\beta < 4$.

Tabel 2.1. Pola atau Bentuk Distribusi *Weibull*

Sumber: Charles E., 1997

Value	Property
$0 < \beta < 1$	<i>Decrising Failure Rate (DFR)</i>
$\beta = 1$	<i>Exponential Distribution (CFR)</i>
$1 < \beta < 2$	<i>IFR, Concave</i>
$\beta = 2$	<i>Rayleigh Distribution</i>
$\beta > 2$	<i>IFR, Convex</i>
$3 \leq \beta \leq 4$	<i>IFR, Approaches Normal Distribution; Symetrical</i>

Pola grafik dari masing-masing fungsi pada distribusi *weibull* mendekati bentuk pola berikut :



Gambar 2.3. Pola Grafik Fungsi Distribusi *Weibull*

Sumber: Seiichi N, 1988

Adapun langkah-langkah perhitungan untuk menentukan nilai-nilai parameter distribusi *weibull* dua parameter adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menaksir parameter α dan parameter β , dapat dilakukan dengan cara pendekatan Linear Regresi. Misalkan $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ adalah sejumlah data waktu

antar kerusakan sistem yang telah disusun menurut urutan terkecil, untuk setiap t_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) berlaku hubungan berikut:

$$X_i = \ln t_i$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \frac{1}{1 - F(t_i)} \right]$$

Dimana:

$$F(t_i) = \frac{i - 0.5}{N}$$

Setelah itu dengan menggunakan metode *Least Square*, nilai konstanta α dan β dapat diperoleh sebagai berikut:

$$b = \frac{N \sum X_i \cdot Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y_i}{N} - b \frac{\sum X_i}{N}$$

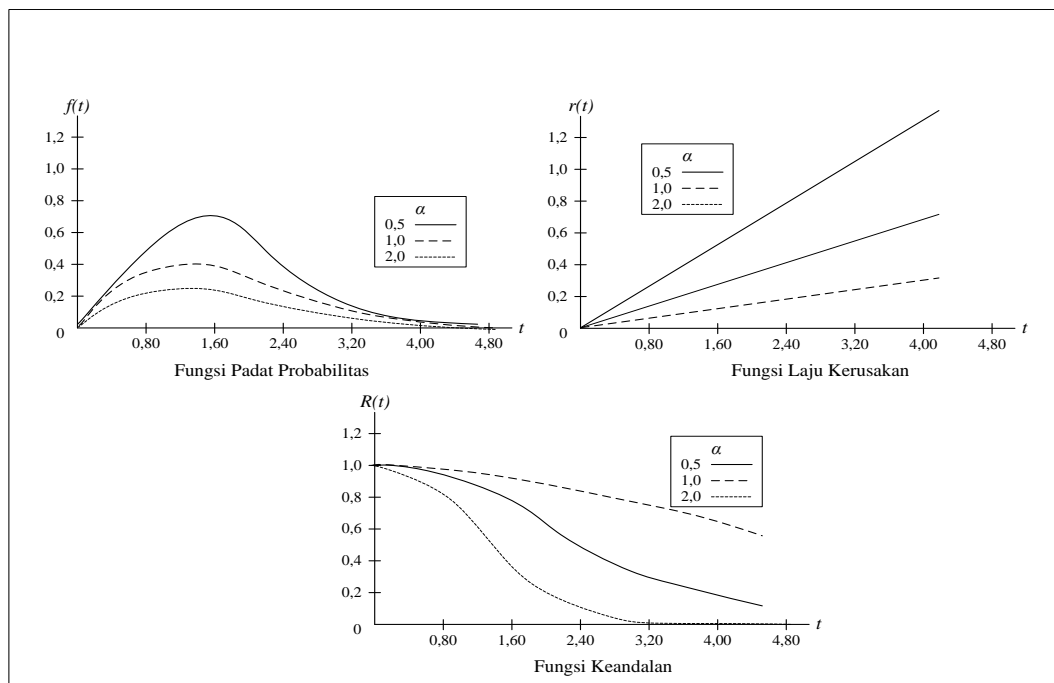
Dengan diketahui nilai kedua konstanta a dan b , maka parameter distribusi *weibull* dapat ditentukan yaitu:

$$\alpha = e^{-a/\beta}$$

$$\beta = b$$

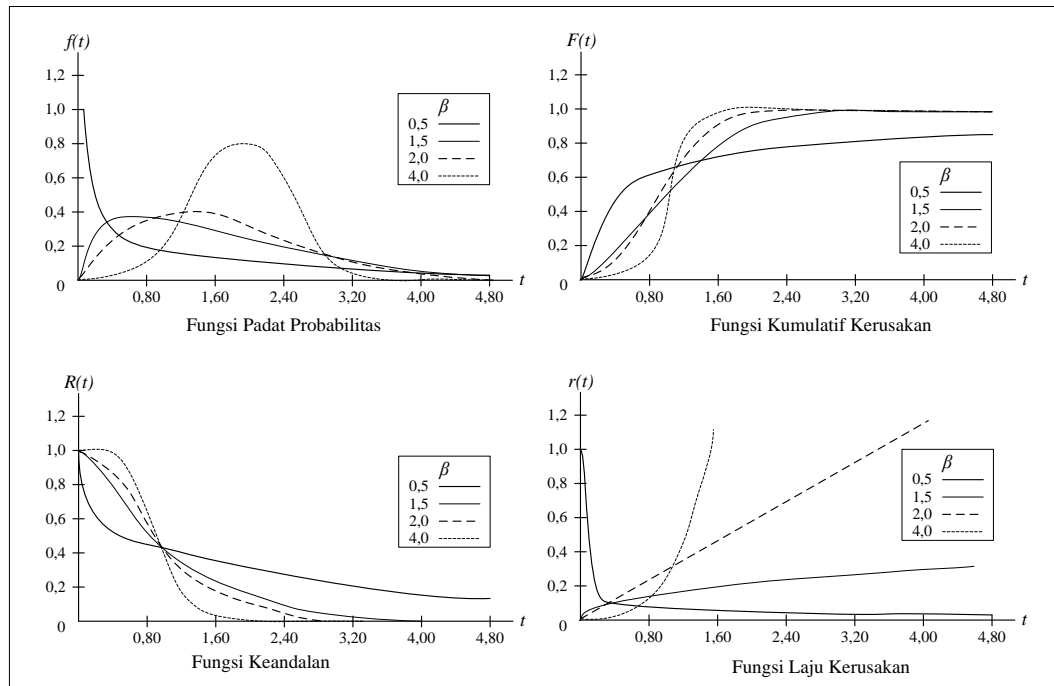
Dengan metode diatas yang digabungkan dengan metode pengujian distribusi kerusakan maka akan didapat nilai parameter fungsi kerusakan.

Setelah diketahui nilai-nilai parameter distribusinya, maka perhitungan fungsi distribusi dan ongkos perawatan akan diketahui, kemudian akan didapatkan interval waktu yang optimum untuk melakukan perawatan dan penggantian pencegahan dengan minimasi ongkos yang terjadi.



Gambar 2.4. Pola Grafik Fungsi Distribusi *Weibull Alpha* (α)

Sumber: Seiichi N, 1988



Gambar 2.5. Pola Grafik Fungsi Distribusi Weibull Beta (β)

Sumber: Seiichi N, 1988

2.3. Pengujian Hipotesa

Hipotesa adalah perumusan sementara mengenai suatu hal yang dibuat untuk menjelaskan dan mengarahkan penelitian selanjutnya. Jika perumusan atau persyaratan dikhususkan mengenai populasi statistik, umumnya mengenai nilai-nilai parameter populasi, maka hipotesa tersebut disebut hipotesa statistik kecuali dinyatakan lain.

Langkah untuk memutuskan apakah menerima atau menolak hipotesa tersebut dinamakan pengujian hipotesa. Untuk mengetahui pengujian apa yang dapat digunakan dalam membandingkan keragaman data yang diambil dari mesin-mesin dalam penelitian ini, perlu diketahui distribusi waktu terjadinya kerusakan untuk

interval waktu tertentu. Untuk pengujian tersebut dapat digunakan pengujian Chi Kuadrat (*Chi Square*) atau dengan uji *Kolmogorov Smirnov*.

2.3.1. Uji Chi Kuadrat (*Chi Square*)

Melalui uji Chi Kuadrat memungkinkan kita untuk membandingkan frekuensi yang sungguh-sungguh kita amati dan frekuensi yang kita harapkan berdasarkan sebuah model teoritis atau berdasarkan hipotesis tentang sabaran sifat yang kita perhatikan. Dengan membandingkan frekuensi teramati dengan frekuensi harapan padanannya, harus diputuskan apakah ketidaksesuaian kemungkinan terjadi karena fluktuasi (turun naiknya) terok.

Adalah merupakan kebiasaan umum menanamkan tiap kemungkinan hasil suatu percobaan dengan sel, statistik yang sesuai yang mendasari patokan keputusan dalam suatu percobaan yang mengandung k sel ditentukan pada teorema berikut:

Suatu uji kesesuaian antara frekuensi pengamatan dengan harapan didasarkan pada besaran:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dengan ketentuan bahwa:

O_i = Frekuensi teramati

E_i = Frekuensi harapan

Dengan χ^2 merupakan nilai peubah acak yang distribusi teroknya dihipotesis amat dekat oleh distribusi chi kuadrat dengan derajat kebebasan $v = k-r-1$.

Besarnya derajat kebebasan yang berkaitan dengan distribusi chi kuadrat yang digunakan disini sama dengan $k-1$ (distribusi normal) dan $k-r-1$ (distribusi *exponential*). Bila frekuensi pengamatan dekat dengan frekuensi harapan padanannya, maka nilai χ^2 akan kecil, menunjukkan kesesuaian yang baik. Bila frekuensi amatan cukup berbeda dengan frekuensi harapan maka nilai χ^2 akan besar dan kesesuaian jelek. Kesesuaian yang baik akan mendukung penerimaan H_0 , sedangkan kesesuaian yang jelek mendukung penolakannya.

Daerah kritis akan terjadi pada ujung kanan distribusi chi kuadrat. Untuk taraf keberartian α , ditentukan nilai kritis χ^2_{α} dari tabel. Maka $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$ menyatakan daerah kritis. Patokan keputusan yang diuraikan disini sebaiknya tidak dipakai kecuali bila tetap frekuensi harapan paling sedikit sebesar 5, jika kurang dari 5 maka diperlukan penggabungan sel yang berdampingan yang mengakibatkan pengurangan dalam besarnya derajat kebebasan.

Uji kesesuaian chi kuadrat ini merupakan alat yang amat penting, terutama karena prosedur statistik dalam praktek bergantung pada teori, pada anggapan bahwa data yang dikumpulkan dari jenis distribusi khusus.

Distribusi chi kuadrat peubah acak X berdistribusi chi kuadrat dengan derajat kebebasan v , bila fungsi padatnya diberikan oleh:

$$f(x) = \left\{ \frac{1}{2^{v/2} \Gamma(v/2)} \right\} x^{v/2-1} e^{-x/2}, x > 0$$

Dengan v bilangan bulat positif.

2.3.2. Uji Satu Sampel Kolmogorov Smirnov

Untuk mengetahui apakah distribusi sampel yang digunakan sesuai dengan distribusi yang diharapkan, maka perlu dilakukan uji kecocokan distribusi.

Tes satu sampel *Kolmogorov Smirnov* adalah suatu *Goodness of Fit Test*, artinya yang diperhatikan adalah tingkat kesesuaian antara distribusi serangkaian harga sampel (skor yang diobservasi) dengan suatu distribusi teoritis tertentu. Tes ini menetapkan apakah skor-skor dalam sampel dapat secara masuk akal dianggap berasal dari suatu populasi dengan distribusi teoritis itu.

Dalam tes ini mencakup perhitungan distribusi frekuensi kumulatif yang akan terjadi dibawah distribusi teoritisnya, serta membandingkan distribusi frekuensi itu dengan distribusi frekuensi hasil observasi. Distribusi teoritis tertentu merupakan representasi dari apa yang diharapkan dibawah H_0 . Tes ini menetapkan suatu titik dimana kedua distribusi itu (teoritis dan observasi) memiliki perbedaan terbesar.

Misalkan $F_0(X)$ = suatu fungsi distribusi frekuensi kumulatif yang sepenuhnya ditentukan, yakni distribusi kumulatif teoritis dibawah H_0 . artinya untuk harga N yang sembarang besarnya, harga $F_0(X)$ adalah proporsi kasus yang diharapkan mempunyai skor yang sama atau kurang dari pada X . Misalkan $S_N(X)$ = distribusi frekuensi kumulatif yang diobservasi dari suatu sampel *random* dengan N

observasi. Dimana X adalah sembarang skor yang mungkin, $S_N(X) = k/N$, dimana k sama dengan banyaknya observasi yang sama atau kurang dari X . Dibawah hipotesis nol bahwa sampel itu telah ditarik dari distribusi teoritis tertentu, maka diharapkan bahwa untuk setiap harga X , $S_N(X)$ harus jelas mendekati $F_0(X)$. Artinya dibawah H_0 kita akan mengharapkan selisih antara $S_N(X)$ dan $F_0(X)$ adalah kecil dan ada dalam batas-batas kesalahan *random*.

Tes *Kolmogorov Smirnov* memusatkan perhatian pada penyimpangan (*deviasi*) terbesar. Harga $F_0(X) - S_N(X)$ terbesar dinamakan deviasi maksimum.

$$D_{hitung} = \text{Maximum} |F_0(x) - S_N(x)|$$

Adapun langkah-langkah uji distribusi tersebut adalah sebagai berikut:

(a) Hipotesis uji:

H_0 : waktu antar kerusakan mengikuti distribusi harapan

H_1 : waktu antar kerusakan tidak mengikuti distribusi harapan

(b) Uji statistik:

$$D_{hitung} = \text{Maximum} |F_0(x) - S_N(x)|$$

(c) Kriteria penerimaan:

H_0 diterima jika $D_{max} \leq D_{Tabel}$

(d) Kesimpulan

H_0 diterima atau H_1 ditolak artinya sampel mengikuti distribusi harapan.

2.4. Model Penggantian *Age Replacement*

Model *Age Replacement* adalah metode interval waktu penggantian komponen dengan memperhatikan umur pemakaian dari komponen tersebut, sehingga dapat menghindari terjadinya penggantian peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat, jika terjadi suatu kerusakan model ini akan menyesuaikan kembali jadwalnya setelah penggantian komponen dilakukan, baik akibat terjadinya kerusakan maupun hanya bersifat sebagai perawatan pencegahan.

Model ini cocok diterapkan terhadap komponen yang interval waktu pengantiannya relatif tidak mempengaruhi umur komponen lainnya atau komponen yang pengantiannya sekaligus artinya bahwa model ini berlaku jika ada kerusakan komponen dalam satu set mesin maka hanya satu komponen yang rusak saja yang mengalami penggantian.

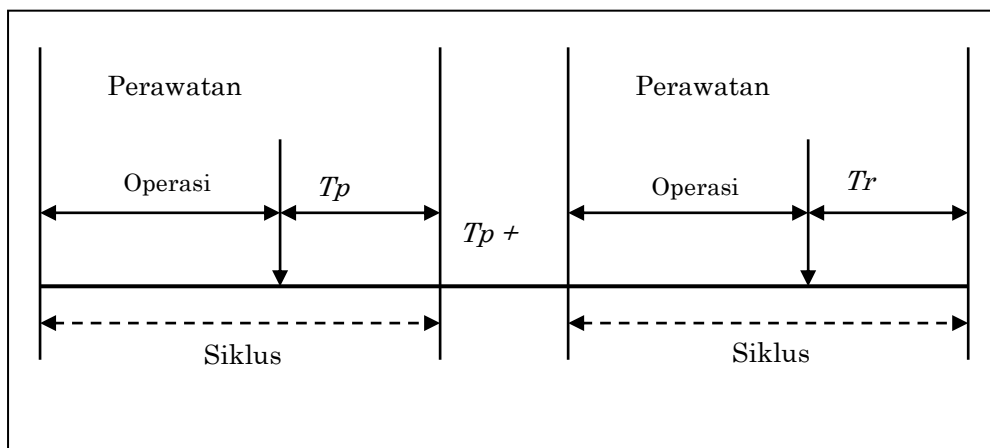
Dalam model *Age Replacement*, intinya pada saat dilakukan penggantian adalah tergantung pada umur komponen, jadi penggantian pencegahan akan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan.

Model *Age Replacement* ini mempunyai dua siklus penggantian pencegahan, yaitu:

- a. Siklus 1 atau siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan, ditentukan melalui komponen yang telah mencapai umur penggantian sesuai rencana.

- b. Siklus 2 atau siklus kerusakan yang diakhiri dengan kegiatan kerusakan, ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum mencapai waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya.

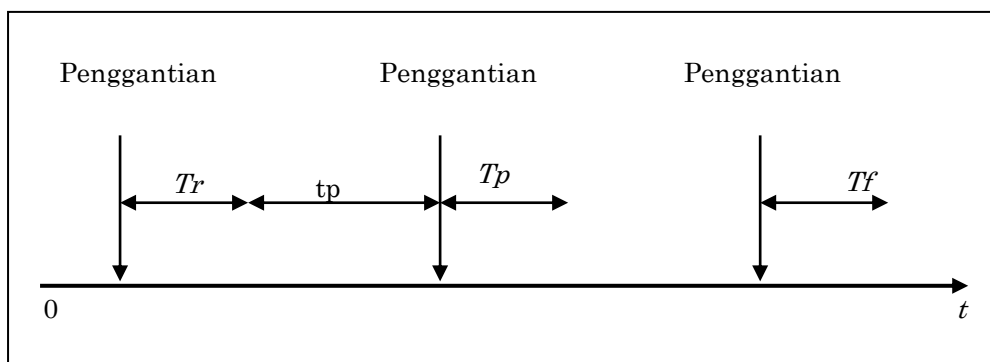
Kedua siklus dari model *Age Replacement* tersebut dapat terlihat jelas pada gambar berikut:



Gambar 2.6. Model *Age Replacement*

Sumber: Anshori N, M. Imrom , 2013

Sedangkan kebijakan perawatannya megikuti kebijakan yang digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.7. Kebijakan Perawatan Penggantian pencegahan

Sumber: Anshori N, M. Imron, 2013

Keterangan:

t_p = Interval waktu penggantian pencegahan per satuan waktu.

T_f = Waktu yang diperlukan untuk penggantian karena kerusakan.

T_p = *Down time* yang terjadi karena kegiatan penggantian.

$f(t)$ = Fungsi distribusi interval waktu antar kerusakan.

$R_{(t_p)}$ = Probabilitas terjadinya siklus 1 pada saat t_p .

$M_{(t_p)}$ = Waktu rata-rata terjadinya suatu kerusakan, jika penggantian dilakukan saat t_p .

Pembentukan model ongkos penggantian pencegahan:

$$C_{(t_p)} = \frac{\text{Ekspektasi ongkos perawatan penggantian n per siklus}}{\text{Ekspektasi panjang siklus}}$$

- Ekspektasi ongkos perawatan penggantian per siklus

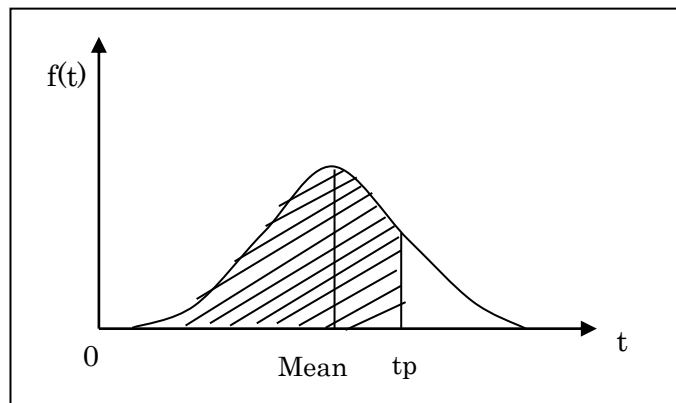
= {ekspektasi ongkos total pada siklus pencegahan x probabilitas terjadinya siklus pencegahan} + {ekspektasi ongkos total pada siklus kerusakan x probabilitas terjadinya siklus kerusakan}

$$= \{C_p \cdot R(t_p)\} + [C_f \cdot \{1 - R(t_p)\}]$$

- Ekspektasi panjang siklus

= {ekspektasi panjang siklus pencegahan x probabilitas terjadinya siklus perencanaan} + {ekspektasi panjang siklus kerusakan x probabilitas terjadinya siklus kerusakan}

$$= [\{t_p + T_p\} \cdot R(t_p)] + [\{M(t_p) + T_f\} \cdot \{1 - R(t_p)\}]$$



Gambar 2.8. Fungsi Kegagalan $f(t)$ Dengan Rataan Mean

Sumber: Seiichi N, 1988

Dengan mengacu pada gambar diatas, maka *Mean Time to Failure* (MTTF) bagi suatu distribusi penuh adalah:

$$MTTF = \int_{-\infty}^{\infty} t \cdot f(t) dt$$

Dimana untuk distribusi normal, akan bernilai sama dengan modus (nilai terbanyak) dari distribusi tersebut. Jika pemeriksaan terjadi pada t_p maka MTTF-nya adalah rata-rata dari daerah yang diarsir, karena pada daerah yang tidak diarsir tidak mungkin terjadi kerusakan.

Jadi, ekspektasi rata-rata panjang siklus penggantian kerusakan atau interval rata-rata terjadinya kerusakan $M_{(tp)}$ = daerah yang diarsir atau probabilitas terjadinya area ini dirumuskan dengan:

$$M_{(tp)} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t \cdot f(t) dt}{1 - R_{(tp)}}$$

- Ekspektasi panjang siklus

$$= [\{t_p + T_p\} \cdot R_{(tp)}] + [\{M_{(tp)} + T_f\} \cdot \{1 - R_{(tp)}\}]$$

$$= [\{tp + Tp\} \cdot r_{(tp)}] + \left[\int_0^{tp} t \cdot f(t) dt \right] + [Tf \cdot \{1 - R_{(tp)}\}]$$

Sehingga model penentuan interval penggantian pencegahan dengan kriteria meminimasi ongkos ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$C_{(tp)} = \frac{(C_p \cdot R_{(tp)} + [Cf (1 - R_{(tp)})])}{[(t_p + T_p) R_{(tp)}] + \int_0^{tp} t \cdot f(t) dt + [tf (1 - R_{(tp)})]}$$

Dari persamaan tersebut akan dicari harga t_p yang memberikan nilai $C_{(t_p)}$ yang paling optimum.

Cara penentuan nilai $\int_0^{t_p} t \cdot f(t) dt$ adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \cdot e^{\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]} \text{ atau sama dengan:}$$

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

Misalkan:

$$y = \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta \text{ dan } dy = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} dt$$

$$\text{Maka: } dt = \frac{dy}{\frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}}$$

$$\begin{aligned} \int_0^{t_p} t \cdot f(t) dt &= \int_0^{t_p} t \cdot \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] dt \\ &= \int_0^{t_p} t \cdot \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \cdot \exp(-y) \cdot \frac{dy}{\frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}} \\ &= \int_0^{t_p} t \cdot \exp(-y) dy \end{aligned}$$

Misalkan :

$$u = t \qquad \qquad \qquad dv = \exp(-y)dy$$

$$du = 1 \qquad \qquad \qquad v = \exp(-y)$$

$$\text{Jika: } \int_0^{tp} u \cdot dv = u \cdot v - \int_0^{tp} v \cdot du$$

Maka:

$$\begin{aligned} \int_0^{tp} t \cdot f(t) dt &= t \cdot \exp(-y) - \int_0^{tp} \exp(-y) \cdot 1 \\ &= t \cdot \exp(-y) - \exp(-y) \\ &= \exp(-y)(t-1) \Big|_0^{tp} \\ &= \exp \left[-\left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] (t-1) \Big|_0^{tp} \end{aligned}$$

2.5. Penelitian sebelumnya.

2.5.1. Uli Artha

Judul skripsi “**USULAN PENENTUAN INTERVAL PENGGANTIAN DAN KEBIJAKAN PERSEDIAAN SPARE PART MESIN CARTONER**”
(Studi Kasus di PT. Sari Husada)”

PT. Sari Husada merupakan salah satu perusahaan terkemuka di Indonesia sebagai produsen produk makanan dan minuman bagi bayi dan anak, dimana salah satu produknya yang terkenal yaitu susu SGM. Proses produksi yang berlangsung selama 24 jam sehari, 7 hari seminggu, untuk memenuhi permintaan konsumennya

harus didukung oleh mesin-mesin yang *reliable* (andal). Setiap *spare part* (komponen) dalam mesin memiliki laju kerusakan yang berbeda-beda, sehingga tingkat *reliability* yang dimiliki juga akan berbeda. Karenanya kebijakan *maintenance* setiap *spare part* dapat dipengaruhi dari tingkat *reliability spare part* tersebut.

Selama ini kebijakan *maintenance* mengenai waktu penggantian *spare part* berdasarkan pada sistem MTBM (*Maintenance Time Base Maintenance*) yaitu *maintenance* yang berdasarkan siklus waktu tertentu, dimana *setting* siklus waktu tersebut ditentukan oleh perusahaan sendiri berdasarkan pengalaman masa lalu dari waktu kerusakan yang terpendek. Belum ditentukannya siklus waktu/interval waktu penggantian yang optimal menyebabkan perusahaan mengalami kesulitan dalam mengontrol tingkat persediaan *spare part*nya.

Hal ini membuat perusahaan cenderung untuk menyimpan *spare part* dalam jumlah yang banyak. Metode yang digunakan untuk menentukan interval penggantian yang optimal yaitu *preventive replacement age*. Dengan model ini, pelaksanaan penggantian pencegahan dilakukan berdasarkan umur masa pakai komponen atau dari waktu dilakukannya penggantian yang terakhir baik penggantian pencegahan maupun kerusakan.

Model yang digunakan untuk kebijakan persediaan adalah *Periodic-Review Policy*. Dengan kebijakan ini maka level persediaan akan ditinjau pada interval waktu T yang sama. Pemesanan dilakukan jika pada akhir periode T , level persediaan berada dibawah target level persediaan maksimum. Jika terjadi

kekurangan maka akan dilakukan *backorder*. Output yang akan dihasilkan dari kebijakan ini yaitu interval waktu pemesanan T , dan inventori maksimum R .

Dari hasil penentuan interval penggantian yang optimal total downtime berkurang sekitar 23% dan tingkat *availability* meningkat sebesar 0,0005%. Dan dari hasil kebijakan periodic review total biaya inventori berkurang sebesar 44%.

2.5.2. Muthohar

Judul skripsi “**EVALUASI KEBIJAKAN PERAWATAN PENGGANTIAN KOMPONEN *ROLL PRESS BEARING* PADA MESIN *FUJI W-500* UNTUK MEMINIMASI *DOWNTIME* DAN BIAYA DI DEPARTEMEN PRODUKSI**” (**Studi Kasus di PT. Indofood Sukses Makmur Tbk**)

PT. Indofood Sukses Makmur Tbk merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri makanan. Dalam upaya menghadapi persaingan yang semakin ketat dan pemenuhan kebutuhan konsumen yang meningkat maka target produksi dan kualitas produk harus dijaga. Perencanaan perawatan mesin produksi dilakukan untuk mengurangi breakdown mesin produksi dan menjaga mesin produksi agar berfungsi sesuai standar performansinya.

Salah satu yang mendukung kelancaran proses produksi adalah tingkat ketersediaan mesin saat proses produksi berlangsung. Dengan manajemen perawatan yang baik diharapkan dapat menjamin tingkat ketersediaan yang

optimum. Analisa kerusakan mesin dilakukan dengan pendekatan distribusi weibull. Kebijakan sistem perawatan mesin dilakukan dengan menentukan interval waktu penggantian komponen yang optimal dan umur hidup rata-rata komponen tersebut yang kemudian dibandingkan untuk menentukan metode perawatan yaitu preventive maintenance atau corrective maintenance. Model penggantian pencegahan yang dilakukan adalah Age replacement yaitu salah satu model perawatan penggantian pencegahan pada komponen kritis untuk meminimasi downtime dan biaya dimana penggantian pencegahan yang tergantung dari umur komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval waktu penggantian akibat kerusakan yang terjadi.