

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perawatan

2.1.1. Definisi Perawatan

Perawatan adalah kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan peranan (fungsional) suatu sistem produksi (peralatan atau 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 minimal 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 masih 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 menempatkannya 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.

Adapun pekerjaan dasar yang penting pada perawatan (Alkon, 1997) yaitu:

1. *Inspection* (Pemeriksaan)

Inspeksi adalah suatu fungsi pokok pada program preventive maintenance. Pengertian inspeksi disini adalah suatu pemeriksaan (checking) terhadap peralatan atau equipment untuk menentukan perlunya repasi. Untuk mencapai tujuan inspeksi harus mampu menjalankan tugasnya baik untuk pekerjaan inspeksi bagian luar maupun bagian dalam. Pekerjaan inspeksi bagian luar dapat ditujukan untuk mengamati dan mendeteksi kelainan-kelainan yang terjadi pada mesin yang sedang beroperasi, misalnya : timbul suara yang tidak normal, getaran panas, asap dan lain-lain. Sedangkan pekerjaan inspeksi bagian dalam ditujukan untuk pemeriksaan elemen-elemen mesin yang dipasang pada bagian dalam mesin, seperti : roda gigi, ring, packing, bantalan, toleransi pemasangan komponen dan lain-lain. Frekuensi inspeksi perlu ditentukan secara sangat hati-hati, karena dengan terlalu kurangnya inspeksi dapat menyebabkan kerusakan yang sulit diperbaiki dengan segera. Sedangkan bila terlalu sering diadakan inspeksi dapat menyebabkan mesin kehilangan waktu produktifitasnya. Dengan demikian frekwensi pelaksanaan inspeksi harus benar-benar ditentukan berdasarkan pengalaman, dan jadwal program untuk inspeksi perlu dipertimbangan dengan matang dan seksama.

2. *Cleaning* (Pembersihan)

Pembersihan terhadap mesin atau peralatan produksi ini harus dilakukan secara rutin guna memelihara kondisi dasar mesin agar tidak terjadi kemacetan disaat proses berlangsung.

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. *Tightening* (Penyetelan dan Pengencangan)

Penyetelan dilakukan sebagai usaha pemulihan bagian mesin yang mengalami kemerosotan dan memelihara kondisi dasar peralatan atau mesin (equipment). Penyetelan dan pengencangan harus dilakukan dengan tepat dan benar atas equipment selama operator dan pergantian-pergantiannya.

5. *Lubrication* (Pelumasan)

Komponen mesin seperti roda gigi, ring bantalan, dan elemen-elemen mesin lain yang permukaannya bergesekan harus diberi pelumas secara benar agar dapat bekerja dengan baik dan tahan lama. Dalam pemberian pelumas yang benar ini perlu diperhatikan jenis pelumasnya, jumlah pelumas yang harus diberikan, bagian yang diberi pelumas, dan waktu pemberian pelumas ini, perlu dipersiapkan jadwal pelumasan yang harus diikuti dengan tepat dan benar.

6. *Testing*(Pengetesan)

Testing ini dilakukan sebelum mesin atau peralatan melakukan proses produksi guna mengetahui kondisi mesin yang sebenarnya serta untuk mendeteksi adanya kerusakan yang ditimbulkan sebelum melakukan proses.

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

Proses perawatan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan. Proses perawatan atau sistem perawatan merupakan sub sistem dari sistem produksi, sehingga sistem perawatan dapat membantu tercapainya tujuan produksi.

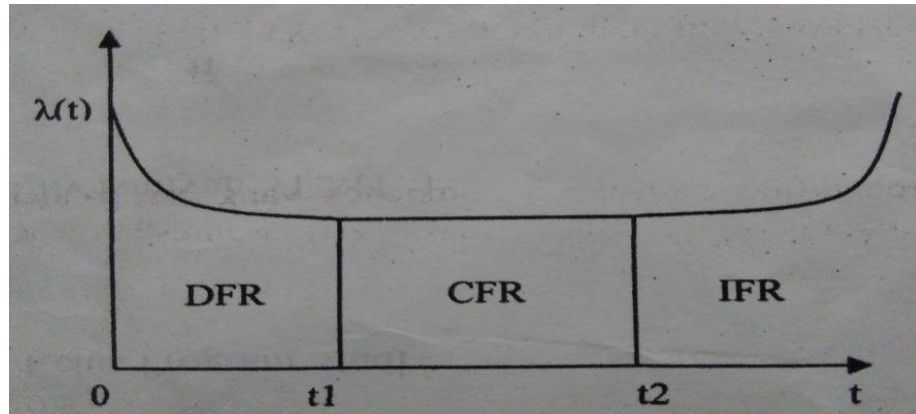
Tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan menurut Japan Institute of Plan Maintenance dan Consultant TPM India, secara detail disebutkan sebagai berikut :

- a. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi.
- b. Menjamin tingkat ketersediaan optimum dari fasilitas produksi.
- c. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat.
- d. Menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.
- e. Mendukung kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya.
- f. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
- g. Mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (lowest maintenance cost) dengan melaksanakan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien.
- h. Mengadakan kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar-besarnya dan total biaya yang rendah.

2.2. Laju Kegagalan

Menurut Ebeling (1997), laju kegagalan adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi dari suatu komponen, subsistem atau sistem. Laju kegagalan dari suatu komponen atau sistem dapat diplot pada suatu kurva dengan variabel random waktu sebagai absis dan laju kegagalan dari komponen atau sistem sebagai ordinat. Kurva bathub ini terdiri dari tiga buah bagian utama, yaitu masa awal (burn-in period), masa yang berguna (useful life period), dan masa aus (wear out period). Pengetahuan mengenai keandalan suatu sistem terlebih dahulu harus

memperhatikan laju kerusakan dari suatu sistem. Laju kerusakan suatu sistem umumnya digambarkan dalam bathub curve seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2.1. Kurva Bathub-shape (Ebeling, 1997)

Kurva bak mandi mendeskripsikan keterangan yang terdiri dari tiga bagian atau fase, yaitu:

- A. Bagian pertama adalah tingkat kegagalan yang turun, yang dikenal sebagai kegagalan awal (masa awal / burn in period). Periode 0 sampai dengan t_1 , mempunyai waktu yang pendek pada permulaan bekerjanya peralatan. Kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan menurun dengan bertambahnya waktu atau diistilahkan dengan Decreasing Failure Rate (DFR). Kerusakan yang terjadi umumnya disebabkan kesalahan dalam proses manufaktur atau desain yang kurang sempurna. Jumlah kerusakan berkurang karena alat yang cacat telah mati kemudian diganti atau cacatnya dideteksi atau direparasi. Jika suatu peralatan yang dioperasikan telah melewati periode ini, berarti desain dan pembuatan peralatan tersebut pabriknya sudah benar. Periode ini dikenal juga dengan periode pemanasan (burn in period). Model probabilitas yang sesuai adalah distribusi Weibull dengan $\alpha > 1$.
- B. Bagian kedua adalah tingkat kegagalan yang konstan, yang dikenal sebagai kegagalan acak (masa berguna / useful life period). Periode t_1 sampai t_2 mempunyai laju kerusakan paling kecil dan tetap yang disebut

Constant Failur Rate (CFR). Periode ini dikenal dengan Useful Life Period. Kerusakan yang terjadi bersifat random yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan bekerjanya peralatan, sehingga periode ini merupakan periode pemakaian peralatan yang normal dan dikarakteristikan secara pendekatan dengan jumlah kerusakan yang konstan tiap satuan waktu. Distribusi yang sesuai adalah Eksponensial atau Weibull dengan $\alpha = 1$.

- C. Bagian ketiga adalah tingkat kegagalan yang naik, yang dikenal sebagai kegagalan aus (masa aus / wear-out period). Pada period setelah t_2 menunjukkan kenaikan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu yang sering disebut dengan Increasing Failur Rate (IFR). Hal ini terjadi karena proses keausan peralatan. Model distribusi yang sesuai adalah Distribusi Weibull dengan $\alpha < 1$.

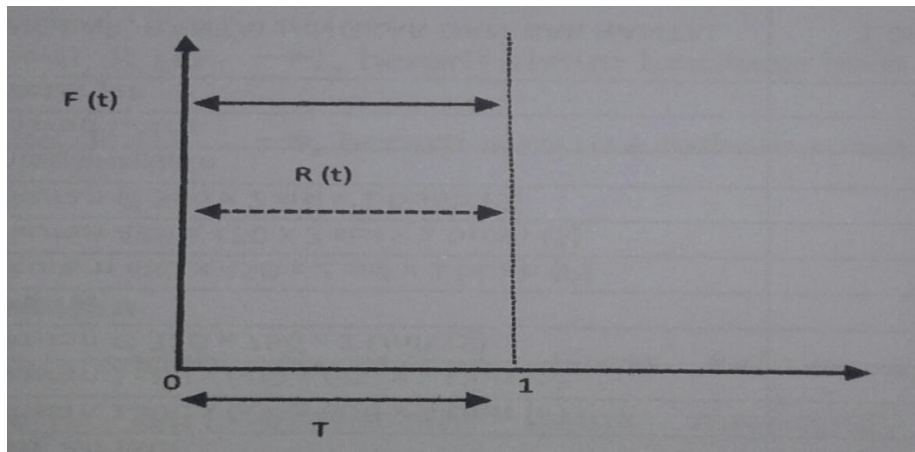
2.3. Devinisi Keandalan

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas komponen, peralatan, mesin, atau sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam interval waktu dan kondisi tertentu (Govil, 1990)

Dalam menyatakan berfungsi atau tidaknya suatu fasilitas / peralatan tertentu, kita dapat menyatakan dalam nilai keandalan dari fasilitas / peralatan tersebut. Keandalan menyatakan konsep kesuksesan operasi atau kinerja dan ketiadaan kerusakan. Kekurang andalan menyatakan kebaikannya. Teori keandalan mengurangi kegunaan interdisiplin, probabilitas, statistik, dan pemodelan stokastik, dikombinasikan dengan aspek keandalan rekayasa kedalam desain dan pengetahuan ilmu mekanisme kerusakan, untuk mempelajari berbagai aspek keandalan (Blischke & Murthy,2000).

Suatu peralatan dinyatakan memiliki dua state yaitu “baik” dan “rusak” yang merupakan proses probabilistik sehingga jika keandalan berharga 1, maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan baik dan jika berharga 0, dipastikan sistem

dalam keadaan rusak. Jika keandalan adalah $R(t)$ maka keandalan berkisar $0 \leq R(t) \leq 1$ sehingga dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2. Fungsi Keandalan sebagai fungsi waktu
(Nachnul Ansori dan M. Imron Mustajib, 2013)

Dimana :

$R(t)$ = Fungsi keandalan

$F(t)$ = Probabilitas kerusakan

T = Lamanya suatu peralatan beroperasi sampai dengan rusak yang merupakan variabel acak.

$R(t) = P \{ \text{alat dapat berfungsi} \}$ pada saat t

$= P \{ T \}$ (mesin dapat berfungsi)

$= 1 - P \{ T > t \}$

$= 1 - F(t)$

Jadi keandalan dapat dihitung dengan rumus :

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t) dt$$

$$= 1 - F(t) \text{ untuk } 0 \leq R(t) \leq 1$$

Dimana :

$R(t) =$ Fungsi Keandalan

$F(t) =$ Probabilitas Kerusakan

Untuk $t \rightarrow 0$, $R(t) \rightarrow 1$, berarti sistem keadaan baik

Untuk $t \rightarrow \infty$, $R(t) \rightarrow 0$, berarti sistem keadaan rusak

2.4. Fungsi Keandalan

Seperti yang sudah disebutkan di atas bahwa keandalan merupakan probabilitas kinerja dari sistem/alat untuk memenuhi fungsi-fungsi yang diharapkan dalam selang waktu tertentu. Sedangkan fungsi keandalan adalah suatu fungsi matematis yang menggambarkan fungsi kerusakan.

Variabel utama dalam fungsi keandalan adalah waktu terjadinya kerusakan (time failure). Fungsi tersebut dirumuskan sebagai berikut :

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t) dt = p(x > t)$$

Dimana :

$R(t)$ merupakan probabilitas peralatan dapat beroperasi hingga waktu t .

Probabilitas suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu t disebut sebagai CDF (Cumulative Distribution Failure) dengan rumusan :

$$F(t) = P(x \leq t)$$

Sehingga dari kedua persamaan diatas dapat dirumuskan bahwa probabilitas keandalan suatu peralatan hingga waktu t di rumuskan

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = \left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right)$$

2.5. Kerusakan

Karakteristik kerusakan peralatan pada umumnya tidak sama meskipun dioperasikan pada waktu yang sama. Karena kerusakan suatu alat atau komponen

tergantung pada variabel waktu untuk mengetahui variabel waktu kerusakan digunakan fungsi padat probabilitas (Nachnul Ansori dan M. Imron Mustajib, 2013).

2.6. Model Distribusi Probabilitas Keandalan

Waktu terjadinya kerusakan tiap peralatan merupakan variabel random. Sebelum menghitung nilai probabilitas keandalan suatu mesin atau peralatan maka perlu diketahui secara statistik distribusi kerusakan peralatan tersebut. Distribusi kerusakan digunakan untuk menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya. Menurut Gasperrsz (2002) distribusi kegagalan adalah cara untuk mengetahui seberapa besar kegagalan terjadi. Distribusi kegagalan yang sering digunakan di dalam teori keandalan yaitu :

2.6.1. 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 probabilitas :

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

Dengan ketentuan : $-\infty < t < \infty$

μ = Rata-rata dari variabel acak

σ = Standar deviasi distribusi

Fungsi keandalan R(t) :

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

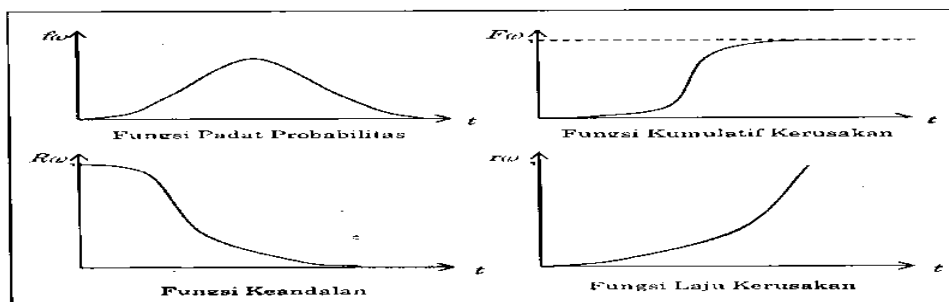
Fungsi laju kerusakan $h(t)$:

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

Fungsi distribusi kumulatif $F(t)$:

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

Pola grafik distribusi normal mendekati bentuk pola berikut :



Gambar 2.3. Pola Grafik Fungsi Distribusi Normal

Sumber: Seiichi N,1988

2.6.2. 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 :

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

Fungsi keandalannya :

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

Fungsi laju kerusakan :

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

2.6.3. 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 :

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

Fungsi kemungkinan kepadatannya adalah :

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

Dengan ketentuan : $t > 0$

λ = Rata-rata nilai kedatangan kerusakan

Fungsi laju kerusakannya :

$$r(t) = \lambda$$

Dimana untuk $t > 0$

α = Parameter skala dengan $\alpha > 0$

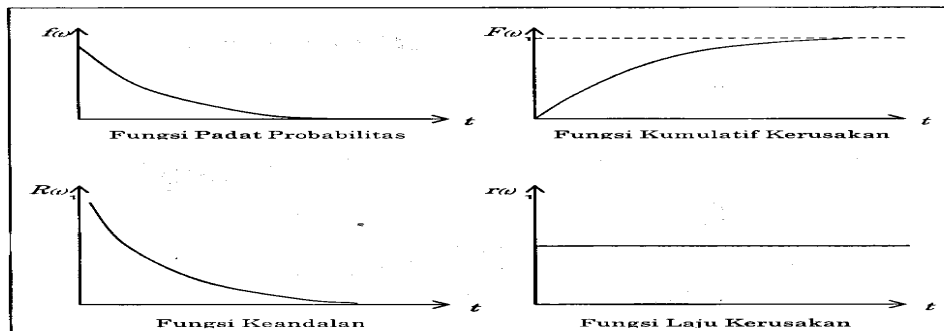
β = Parameter bentuk dengan $\beta > 0$

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

Fungsi keandalannya yaitu :

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

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



Gambar 2.4. Pola Grafik Fungsi Distribusi Eksponensial

Sumber : Seiichi N, 1988

2.6.4. Distribusi Weibull

Distribusi ini merupakan distribusi yang paling sering 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 $\beta > 1$.

Fungsi-fungsi distribusi weibull adalah sebagai berikut :

Fungsi kepadatan kerusakan :

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

Dimana untuk $t > 0$

α = Parameter skaladengan $\alpha > 0$

β = Parameter bentukdengan $\beta > 0$

Fungsidistribusikumulatif :

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

Fungsikeandalannya :

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

Fungsilajukerusakannya :

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

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 :

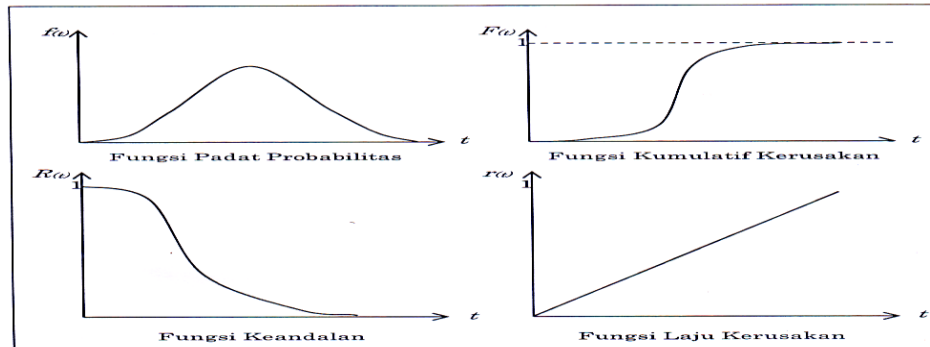
1. Distribusi *weibull* ekuivalen dengan distribusi eksponensial, jika $\beta = 1$
2. Distribusi *weibull* ekuivalen dengan distribusi hyper eksponensial, jika $\beta = 0$
3. Distribusi *weibull* ekuivalen dengan distribusi normal, jika $\beta < 4$

Tabel 2.1 Pola atau Bentuk Distribusi Weibull

Sumber : Charles E, 1997

Value	Property
$0 < \beta < 1$	Decrising Failure Rate (DFR) atau laju kerusakan
$\beta = 1$	Constant Failure Distribution (CFR) atau laju kerusakan konstan, Distribusi eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat atau Increasing Failur Rate (IFR), Kurva berbentuk konkaf (Concave)
$\beta = 2$	Laju kerusakan linier atau Linier Failur Rate (LFR), Rayleigh Distribution
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat atau Increasing Failur Rate (IFR), kurva berbentuk konveks(Convex)
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat atau Increasing Failur Rate (IFR), kurva berbentuk simetris, Distribusi Normal

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



Gambar 2.5. 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 :

$$X_i = \ln t_i$$

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

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 :

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

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

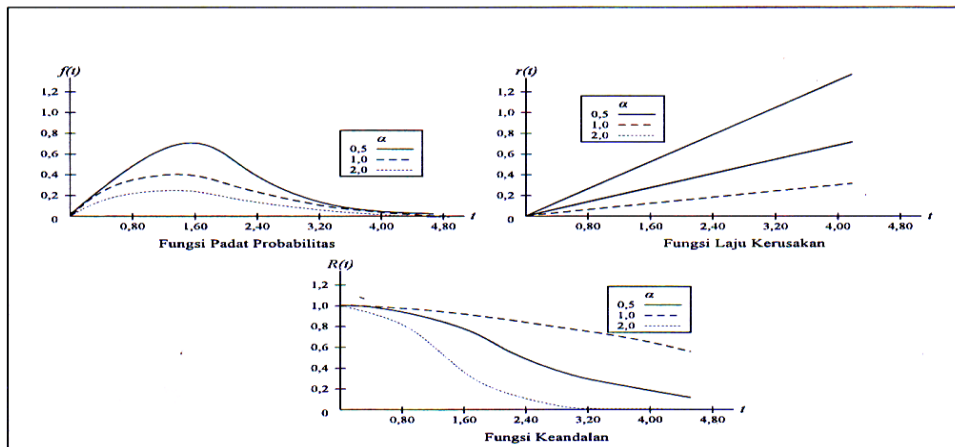
Dengan diketahui nilai kedua konstanta a dan b , maka parameter distribusi weibull dapat ditentukan yaitu :

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

$$\beta = b$$

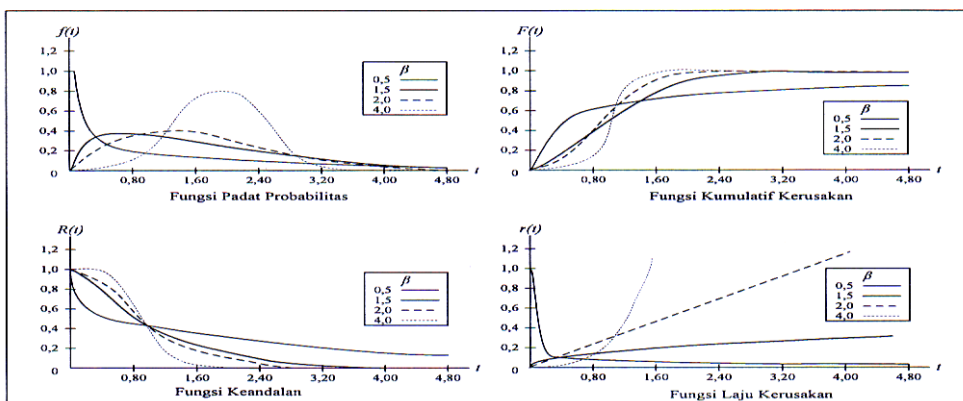
Dengan metode diatas yang digabungkan dengan metode pengujian distribusi kerusakan maka akan didapat nilai parameter fungsi kerusakan.

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 2.6. Pola Grafik Fungsi Distribusi Weibull Alpha (α)

Sumber : Seichi N, 1988



Gambar 2.7. Pola Grafik Fungsi Distribusi Weibull Beta (β)

Sumber : Seiichi N, 1998

2.7. Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair adalah waktu dimana suatu produk atau sistem mulai rusak sampai selesai diperbaiki. Secara umum, waktu perbaikan atau MTTR diberlakukan sebagai variabel random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan perbaikan yang berbeda-beda. MTTR diperoleh dengan menggunakan rumus :

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

Dimana :

$h(t)$: Fungsi kepadatan peluang

$H(t)$: Fungsi distribusi kumulatif

T : Waktu

Untuk perhitungan mean time to repair pada masing-masing distribusi memiliki kesamaan rumus dengan perhitungan mean time to failure (Hadi Santosa, dkk, 2014).

2.8. Mean Time To Failure (MTTF)

Mean time to failure menyatakan rata-rata lama (waktu) pemakaian komponen sampai komponen tersebut rusak atau nilai harapan (ekspektasi) lama sebuah komponen dapat dipergunakan sampai rusak. MTTF dapat dirumuskan sebagai (Hadi Santosa, dkk, 2014) :

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

Untuk menghitung Mean time to failure dapat dinyatakan sebagai berikut :

A. Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

B. Weibull

$$MTTF = \alpha(1 + \frac{1}{\beta})$$

C. Normal

$$MTTF = \mu$$

D. Gamma

$$MTTF = \alpha \times \beta$$

2.9. Klasifikasi Perawatan

Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan umumnya terbagi menjadi dua bagian yaitu perawatan terencana (planned maintenance) dan perawatan tidak terencana (unplanned maintenance) perawatan tidak terencana. Perawatan terencana dapat disebut sebagai jenis kegiatan yang dilakukan serta diorganisasi dengan perencanaan, penjadwalan, pengendalian dan pencatatan.

1. Perawatan pencegahan (Preventive Maintenance)

Rumus perawatan pencegahan adalah sebagai berikut:

$$C(tp) = \frac{(Cp \times R(tp)) + Cf(1-R(tp))}{tp \times R(tp) + Tf(1-R(tp))}$$

Dimana:

C (tp) = Nilai biaya perawatan pencegahan

tp = Interval waktu

Cp = Biaya perawatan pencegahan

R(tp) = Tingkat keandalan

Cf = Biaya perbaikan kerusakan

Tf = Rata-rata selang waktu kerusakan

2. Perawatan perbaikan (Corective Maintenance)

Dalam perawatan pencegahan kegiatan yang dilakukan adalah untuk mencegah timbulnya kerusakan. Kerusakan yang terjadi umumnya berlangsung secara tidak terduga dan mampu mengakibatkan kerusakan pada waktu prosesproduksi sedang berlangsung.

3. Efisiensi Perawatan

Bila perawatan dilakukan pada interval waktu yang pendek akan mengakibatkan biaya perawatan yang besar dan biaya kerusakan yang kecil. Akan tetapi bila perawatan dilakukan dalam interval waktu yang relative panjang mengakibatkan biaya kerugian yang besar dan biaya perawatan yang kecil. Hal tersebut disebabkan karena semakin baik perawatan, maka perawatan akan semakin besar. Sedangkan biaya dari waktu yang akibat kerusakan akan semakin kecil dengan bertambahnya mutu perawatan. Oleh karena itu perlu suatu tindakan perawatan yang optimal ditinjau dari biaya perawatan maupun biaya kerusakan.

2.10. 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 (Kebaikan - Suai).

2.10.1. Uji Chi Kuadrat (Kebaikan - Suai)

Uji kebaikan – suai ini digunakan untuk menentukan apakah suatu populasi mempunyai suatu distribusi teoritis tertentu. Uji ini didasarkan atas baiknya kesesuaian atau keselarasan antara frekuensi harapan yang diperoleh dari distribusi yang dihipotesakan (Walpole and Myers, 1986). Uji kebaikan – suai biasanya disebut juga dengan uji *Chi Square Goodness of fit*.

Statistik yang sesuai yang mendasari patokan keputusan dalam suatu percobaan yang mengandung k sel ditentukan oleh teorema berikut

“Suatu uji kebaikan – suai antara frekuensi amatan dan frekuensi harapan didasarkan pada besaran :

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

Dengan ketentuan bahwa :

O_i = Frekuensi amatan

e_i = Frekuensi harapan

Bila X^2 merupakan nilai peubah acak X^2 yang distribusi sampelnya dihipotesakan amat dekat oleh distribusi chi kuadrat, dengan O_i dan e_i masing-masing menyatakan frekuensi amatan dan frekuensi harapan dalam sel (kelas) ke- i .

Bila frekuensi amatan dekat dengan frekuensi harapan padanya, maka nilai X^2 akan kecil, menunjukkan kesesuaian yang baik. Bila frekuensi amatan cukup berbeda dengan frekuensi harapan maka nilai X^2 akan besar dan kesesuaian jelek. Kesesuaian yang baik akan mendukung penerimaan H_0 , sedangkan kesesuaian yang jelek akan mendukung penolakannya. Daerah kritis akan terjadi pada ujung kanan distribusi chi kuadrat. Untuk taraf keberartian α , mencari nilai kritis X^2_{α} dari tabel, maka $X^2 > X^2_{\alpha}$ menyatakan daerah kritis.

Besarnya derajat kebebasan yang berkaitan dengan distribusi chi kuadrat yang digunakan disini tergantung pada 2 faktor, yaitu banyaknya sel dalam percobaan dan banyaknya besaran yang diperoleh dari data amatan yang diperlukan

dalam perhitungan frekuensi harapan. Bilangan ini dapat diperoleh dari teorima berikut : “besaran derajat kebebasan dalam uji kebaikan suai sama dengan banyaknya sel dikurangi dengan banyaknya besaran yang diperoleh dari data amatan yang diperlukan dalam perhitungan frekuensi harapan”.

2.11. 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 kompone yang pengantiannya sekaligus artinya bahwa model ini berlaku jika ada kerusakan komponen dalam satu set mesin hanya satu komponen yang rusak saja yang mengalami penggantian

Dalam modal *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.

2.12. Penelitian Sebelumnya

2.12.1. Agus Budi Santoso

Judul skripsi “ ANALISIS PENENTUAN INTERVAL PENGGANTIAN KOMPONEN PALING KRITIS YANG OPTIMAL PADA REACTOR MACHINE DI PT. PETROSIDA GRESIK”

PT. Petrosida Gresik merupakan perusahaan yang memproduksi pestisida untuk keperluan pertanian. Pada unit produksi cair terdapat mesin produksi yang digunakan untuk membuat pestisida jenis cair yaitu reactor machine.

Reactor machine memiliki intensitas kerusakan yang paling besar karena salah satu komponen yaitu teflon sleeve mengalami pemuaihan dan melunak.

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 normal. 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.

2.12.2. Ony Suryono

Judul skripsi “EVALUASI KEBIJAKAN PERAWATAN PENGGANTIAN KOMPONEN KRITIS PADA MESIN PENCUCI DAN

PEMISAH TEMBAGA UNTUK MEMINIMASI DOWNTIME DAN BIAYA PADA DEPARTEMEN PEMURNIAN”

PT. Smelting merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan tambang. Produk yang dihasilkan adalah berupa lempengan tembaga murni. Pada PT. Smelting terdapat 2 plant proses utama yaitu proses peleburan dan proses pemurnian. MTTP adalah mesin yang paling tinggi frekuensi kerusakan dan paling besar biaya kerugian yang dialami perusahaan sehingga perlu diadakan sistem perawatan dan penjadwalan waktu penggantian komponen yang tepat.

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah model age replacement dengan kriteria minimasi downtime untuk menentukan interval waktu penggantian pencegahan yang optimal bagi komponen kritis MPPT sehingga mesin tersebut dapat beroperasi secara maksimal.

2.12.3. Taufik

Judul penelitian “PENENTUAN INTERVAL WAKTU PERAWATAN KOMPONEN KRITIS PADA MESIN TURBIN DI PT PLN (PERSERO) SEKTOR PEMBANGKIT OMBILIN”

Salah satu pembangkit listrik milik PT. PLN (Persero) adalah PLTU Ombilin. PLTU Ombilin merupakan pembangkit listrik tenaga uap yang menyalurkan energi listriknya untuk Sumatra Baguan Selatan. Kerusakan mesin secara tiba-tiba merupakan permasalahan besar yang sering ditemui di PLTU Ombilin yang mengakibatkan seringnya terjadi penghentian operasi (downtime) dan mengakibatkan proses produksi harus terhenti untuk melakukan perbaikan. Strategi yang tepat untuk menjaga mesin agar dapat beroperasi adalah dengan cara menentukan interval waktu perawatan peralatan yang optimal dengan tujuan minimasi downtime yang di buat dalam bentuk jadwal perawatan.