

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 PENGERTIAN DAN TUJUAN PERAWATAN

Tindakan perawatan biasanya diklasifikasikan sebagai kegiatan pendukung produksi, yang sangat dibutuhkan untuk mencegah kerusakan suatu alat produksi. Kegiatan ini sangat diperlukan untuk menjamin kelancaran berproduksi, karena pada dasarnya suatu mesin produksi yang digunakan secara kontinu akan mengalami penurunan tingkat kesiapan/ketersediaan.

Saat ini kegiatan perawatan di berbagai perusahaan di Indonesia masih dipandang sebagai pekerjaan kelas dua yang kurang diberi prioritas. Padahal di negara maju, sistem perawatan dipandang sebagai suatu bagian integral penting dalam sistem produksi dan berkembang menjadi bisnis jasa yang maju.

#### 2.1.1 Pengertian Perawatan

Terdapat bermacam-macam definisi mengenai pemeliharaan. Pengertian pemeliharaan menurut beberapa sumber adalah sebagai berikut::

- a. *“Pemeliharaan/perawatan dapat diartikan sebagai pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas seperti:*

*bagian dari pabrik, peralatan gedung beserta isinya sehingga mencapai standar yang dapat diterima” (Supandi, Manajemen Perawatan Industri, 1992, hal 27)*

- b. *“Pemeliharaan dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.” (Sofjan Assauri, Manajemen Produksi dan Operasi, 1999, hal 95)*
- c. *“Perawatan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau mengembalikan kondisi perlengkapan pada kondisi standarnya”. (Jardine, Maintenance Replacement and Reliability, 1973, hal 3)*
- d. *“Sistem Perawatan dapat dipandang sebagai sistem bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi maka perawatan akan menjadi intensif”. (Gaspersz, Analisis Sistem Terapan, 1992, hal 516)*

Dari beberapa pengertian tentang perawatan yang telah dikemukakan di atas, maka perawatan memiliki kaitan dengan fungsi logistik agar perlengkapan yang dimiliki tetap pada kondisi prima. Dengan demikian karena adanya sistem perawatan akan menjamin kesiapan perlengkapan saat diperlukan oleh sistem produksi dan perlengkapan yang memiliki sifat repairable perlu dukungan suku cadang yang cukup ditinjau dari kualitas dan kuantitasnya.

(Jardine, *Maintenance Replacement and Reliability*, 1973, hal 3)

Tindakan yang berkaitan dengan perawatan adalah:

1. Pemeriksaan, yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem atau mesin untuk mengetahui apakah sistem berada dalam keadaan yang memenuhi persyaratan yang diinginkan.
2. Servis, yaitu tindakan untuk menjaga keberadaan suatu sistem yang biasanya telah diatur dalam buku petunjuk pemakain sistem.
3. Penggantian komponen, yaitu melakukan penggantian komponen yang tidak dapat berfungsi lagi. Penggantian mungkin dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan terlebih dahulu.
4. Repair dan overhaul, yaitu melakukan pemeriksaan secara cermat serta melakukan set-up sistem.

#### 2.1.2. Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukannya pemeliharaan terhadap fasilitas-fasilitas produksi adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan

selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.

4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan secara efektif dan efisien.
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah. (Sofjan Assauri, *Manajemen Produksi dan Operasi*, 1999, hal 95-96)

Pentingnya fungsi perawatan merupakan faktor yang dominan dalam industri. Tujuan menjalankan suatu industri adalah mendapatkan keuntungan industri tidak hanya harus memproduksi barang-barang yang dijual, tetapi juga harus dapat bersaing dipasaran.

Adapun tujuan utama perawatan menurut Corder adalah :

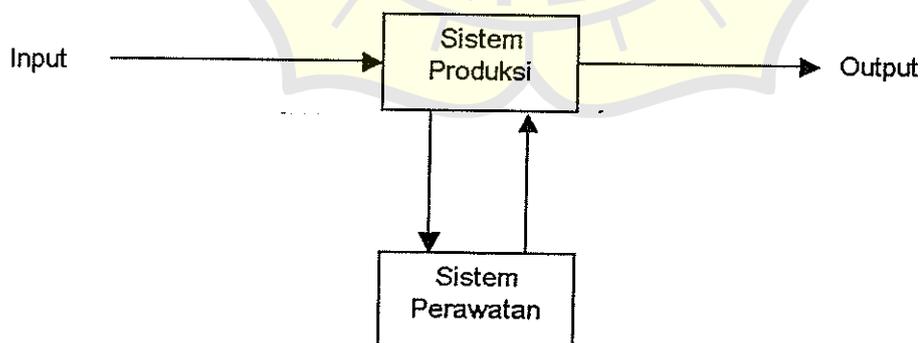
1. Memperpanjang umur pakai dari peralatan produksi terutama bagi daerah-daerah yang kesulitan untuk mendapatkan komponen-komponen pengganti.
2. Menjamin tingkat ketersediaan yang optimum dari fasilitas produksi dan mendapatkan pengembalian investasi semaksimal mungkin.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh peralatan yang diperlukan untuk pemakaian darurat.

4. Menjamin keselamatan operator atau pemakai fasilitas.(Corder, *Teknik Manajemen Pemeliharaan*, 1996, hal 3)

Gaspersz menjelaskan, bahwa pada dasarnya terdapat dua prinsip utama dalam sistem perawatan, yaitu :

1. Menekan (memperpendek) periode kerusakan(breakdown period) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek ekonomis.
2. Menghindari kerusakan yang tidak terencana, kerusakan tiba-tiba.

Keterkaitan antara sistem perawatan dengan sistem produksi diilustrasikan pada gambar 2.1 yang menggambarkan tentang proses konversi input menjadi output, dimana sistem produksi bertindak sebagai konversi, agar sistem produksi senantiasa dapat berjalan dengan baik, tidak berakibat terhentinya proses produksi, kebutuhan konsumen terpenuhi secara tepat waktu, selalu tersedianya perlengkapan produksi pada saat diperlukan, maka perlu dukungan sistem perawatan yang handal.



Gambar 2.1 Keterkaitan antara Sistem Produksi dengan Sistem Perawatan.

(Sumber : Gasperz, Analisis Sistem Terapan, 1992, hal 516)

## 2.2 JENIS-JENIS PERAWATAN

Pada dasarnya kegiatan perawatan dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu (Balbir and Reichhe, *Reliability and Maintainability Management*, 1985, hal 12-13)

- Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance)
- Perawatan Perbaikan (Corrective Maintenance)

### 2.2.1 Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance)

Adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga sehingga dapat menyebabkan peralatan tersebut tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Perawatan jenis ini masih dapat dibagi lagi menjadi dua bagian:

#### a. Perawatan Sistematis (Systematic Maintenance)

Yaitu perawatan pencegahan yang dilakukan pada waktu tertentu yang ditetapkan sebelumnya. Tujuan dari perawatan jenis ini adalah:

- Mendeteksi dan mencegah keausan atau kerusakan yang terlalu dini
- Mencegah terjadinya penurunan kualitas dan kuantitas operasi
- Mengurangi resiko terjadinya kerusakan pada komponen-komponen kritis
- Mengurangi waktu yang tidak produktif dalam perbaikan atau overhaul
- Mencegah penggunaan komponen dan energi yang berlebihan

- Mengurangi penyebab terjadinya kerusakan atau kecelakaan
- Mengurangi beban kerja total pada bagian perawatan

Yang termasuk dalam jenis perawatan pencegahan sistematis adalah

- Pemeriksaan komponen secara periodic
- Berbagai tingkat overhaul
- Pekerjaan bersifat rutin, misal pelumasan, pencucian, penyetelan, dan sebagainya.

b. Perawatan Berdasarkan Kondisi (Condition Based Maintenance)

Yang disebut juga Predictive maintenance, yaitu perawatan pencegahan yang dilakukan dengan memperhatikan kondisi peralatan yang dioperasikan.

Perawatan jenis ini meliputi kegiatan-kegiatan:

- Memperhatikan getaran atau suara yang terjadi dalam operasi
- Memperhatikan kebocoran atau korosi yang terjadi

Dengan memperhatikan kondisi-kondisi tersebut, dapat dilakukan tindakan pencegahan untuk mencegah kerusakan yang lebih parah.

### 2.2.2 Perawatan Perbaikan (Corrective Maintenance)

Adalah perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau sistem tidak dapat berfungsi dengan baik. Perawatan ini disebut juga dengan reparasi (Repair Maintenance), yang biasanya terjadi karena perawatan pencegahan tidak dilakukan atau perawatan pencegahan sudah dilakukan tetapi pada saat tertentu mesin tersebut tetap rusak.

## 2.3 EFISIENSI DALAM PEMELIHARAAN

Dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan terdapat dua persoalan yang dihadapi oleh suatu perusahaan yaitu persoalan teknis dan persoalan ekonomis. (Sofjan Assauri, *Manajemen Produksi dan Operasi*, 1999, hal 97-98)

### 2.3.1 Persoalan Teknis

Adapun yang merupakan persoalan teknis dalam hal ini persoalan yang menyangkut usaha-usaha untuk menghilangkan kemungkinan timbulnya kemacetan yang disebabkan karena kondisi mesin atau peralatan produksi yang tidak baik.

Tujuan yang akan dicapai dalam mengatasi persoalan teknis ini adalah untuk dapat menjaga dan menjamin agar produksi pabrik dapat berjalan lancar.

Dalam persoalan teknis ini yang diperlukan adalah:

1. Tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan untuk memelihara peralatan yang ada dan untuk memperbaiki mesin-mesin atau peralatan yang rusak.
2. Alat-alat atau komponen-komponen apa yang dibutuhkan dan harus disediakan agar tindakan-tindakan di atas dapat dilakukan.

Jadi dalam persoalan teknis ini semua mesin atau peralatan yang rusak harus diperbaiki. Untuk perbaikan tersebut semua tindakan-tindakan atau usaha harus dilakukan yang secara teknis tidak dapat dihindarkan.

### 2.3.2 Persoalan Ekonomis

Adapun yang merupakan persoalan ekonomis dalam hal ini adalah persoalan yang menyangkut bagaimana usaha yang harus dilakukan agar supaya kegiatan pemeliharaan yang dibutuhkan secara teknis dapat efisien.

Jadi dalam persoalan ekonomis yang ditekankan adalah efisiensi, dengan memperhatikan besarnya biaya yang terjadi dan tentunya alternatif tindakan yang dipilih untuk dilaksanakan adalah yang menguntungkan perusahaan.

## 2.4 KONSEP KEANDALAN

Kata keandalan menunjukkan suatu tingkat dimana sesuatu dapat berfungsi dengan handal.

Keandalan dapat diartikan secara sederhana sebagai probabilitas suatu sistem atau produk akan dibuat menjadi memuaskan untuk periode waktu tertentu pada kondisi kerja tertentu.

Dalam konteks kegiatan berproduksi, keandalan didefinisikan sebagai suatu ukuran dari peralatan yang dioperasikan tanpa mengalami kegagalan pada suatu kondisi yang ditetapkan dalam suatu periode tertentu.

Definisi di atas ditekankan pada unsur-unsur probabilitas, fungsi yang diharapkan, waktu dan kondisi operasi.

## 1. Probabilitas

Setiap item dalam suatu sistem memiliki umur atau waktu hidup yang berbeda-beda, sehingga terdapat sekelompok item yang memiliki rata-rata hidup tertentu. Jadi, untuk mengidentifikasi distribusi frekuensi dari suatu item dapat dicari dengan melakukan estimasi waktu hidup dari item tersebut.

Apabila disebutkan bahwa kemungkinan bertahan suatu sistem yang dioperasikan selama 10 jam adalah 0.75 maka hal ini menunjukkan bahwa harapan sistem tersebut akan beroperasi adalah sebanyak 75 kali dari 100 sesudah dioperasikan selama 10 jam.

## 2. Fungsi Yang Diharapkan

Dalam hal ini berarti keandalan merupakan suatu karakteristik performansi sistem. Untuk suatu item yang andal, harus menghasilkan suatu fungsi tertentu secara memuaskan jika dioperasikan

## 3. Waktu

Keandalan menyatakan sebagai suatu kemungkinan item-item yang memperformansikan suatu fungsi dinyatakan dalam periode waktu, karena waktu merupakan parameter penting untuk melakukan penilaian kemungkinan sukses tidaknya suatu sistem. Biasanya faktor waktu yang dipergunakan untuk menilai keandalan suatu sistem akan dikaitkan dengan keadaan tertentu, misalnya waktu antara dua kerusakan (MTBF)

dan waktu rata-rata antara dua perbaikan (Mean Time Between Maintenance).

#### 4. Kondisi Operasi

Kondisi operasi adalah factor lingkungan yang mempengaruhi jalannya operasi mesin tersebut. Faktor ini dapat berupa suhu, kebersihan, kelembaban, kondisi listrik, getaran, tekanan dan masih banyak faktor lain. Kondisi operasi ini sangat berpengaruh pada tingkat keandalan.

Keandalan suatu sistem atau komponen cenderung tergantung pada lamanya waktu perbaikan. Untuk itu, landasan terpenting dalam mempelajari keandalan adalah distribusi waktu kegagalan, yakni distribusi waktu untuk suatu komponen mengalami kegagalan/kerusakan pada kondisi lingkungan tertentu. Cara yang tepat untuk menentukan distribusi ini adalah dengan menguji laju kegagalan darurat.

Untuk mengembangkan konsep tersebut di atas, ada beberapa variable yang biasa digunakan untuk mengukur besar keandalan, adalah: (Jardine, *Maintenance Replacement and Reliability*, 1973, hal 22)

##### 1. Fungsi Kepadatan Kemungkinan

Fungsi kepadatan kemungkinan berguna untuk menggambarkan karakteristik kegagalan peralatan. Probabilitas suatu kegagalan yang terjadi antara waktu  $t_x$  dan  $t_y$  ditunjukkan dalam persamaan berikut:  $t_y$

$$\int_{t_x} f(t) dt = 1$$

## 2. Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi distribusi kumulatif yaitu probabilitas terjadi kegagalan sebelum waktu  $t$ , dan hal ini ditunjukkan oleh persamaan berikut ;

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

Dimana  $t$  adalah waktu

$R(t)$  adalah kesatuan fungsi

## 3. Fungsi Keandalan

Kebalikan dari fungsi distribusi kumulatif adalah fungsi keandalan, yaitu yang menunjukkan tingkat kemampuan hidup (umur) suatu mesin dalam jangka waktu tertentu.

Persamaan untuk fungsi keandalan ini adalah :

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

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

Dimana:  $t$  adalah waktu

$R(t)$  mendekati nol

## 4. Laju Kerusakan

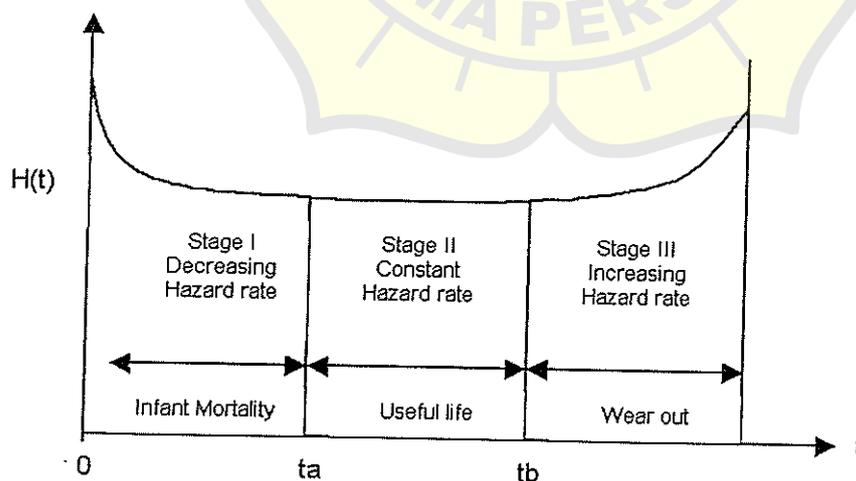
Laju kegagalan sering kali digunakan untuk menentukan karakteristik statistik mesin. Laju kegagalan pada interval di tunjukkan oleh persamaan berikut:

$$r(t) dt = \frac{\int_{-1}^{1-dt} f(t) dt}{\int_1^0 f(t) dt}$$

$$r(t) dt = \frac{F(t + dt) - F(t)}{1 - F(t)}$$

## 2.5 KURVA LAJU KERUSAKAN SESAAT (KURVA BATH-TUB)

Sub bab ini menjelaskan tentang kurva yang menunjukkan pola laju kerusakan sesaat yang umum bagi suatu item, yang dikenal dengan istilah "Kurva Bath- Tub". Karena pada kebanyakan kasus, laju kerusakan suatu item berubah-ubah sejalan dengan bertambahnya waktu, maka kurva seperti terlihat pada gambar berikut digunakan untuk menyatakan laju kerusakan sesaat produk.



Gambar 2.2 Kurva Kerusakan Bath tub

Kurva ini terbagi atas tiga daerah dengan pola laju kerusakan yang berbeda, yaitu : (Gaspersz, *Analisis Sistem Terapan*, 1992, hal 519-520)

1. Daerah I : Fasa Kerusakan awal

Dalam fasa ini, laju kerusakan sesaat item terus menurun, yang diawali dengan tingkat kerusakan sesaat yang cukup tinggi pada saat awal beroperasi ( $t_0$ ) dan terus menurun sampai mencapai saat ( $t_a$ ).

Beberapa alasan yang menyebabkan terjadinya fasa kerusakan awal diantaranya adalah :

- Pengendalian kualitas yang tidak memadai
- Metode manufacturing yang tidak memadai
- Performansi material dan tenaga kerja yang berada dibawah standar
- Kesalahan pemasangan dan set up
- Kesulitan manusia dan pemrosesan

2. Daerah II : Fasa Kegunaan umur pakai

Daerah ini ditandai dengan laju kerusakan sesaat yang konstan. Hal ini berarti bahwa laju kerusakan sesaat tidak akan bertambah walaupun umur peralatan terus bertambah sampai saat  $t_b$ , dan probabilitas rusak alat pada setiap saat adalah sama. Sebagai akibatnya, maka kerusakan mendadak yang merupakan keadaan diluar kebiasaan, sehingga dikenal sebagai kerusakan acak.

Beberapa alasan penyebab timbulnya kerusakan pada fasa ini diantaranya :

- Kerusakan yang tidak dapat dijelaskan penyebabnya
- Kesalahan manusia dan kerusakan alamiah
- Kerusakan cacat yang tidak terdeteksi

### 3. Daerah III : Fasa Pengoperasian melebihi umur pakai

Dalam wear-out region, laju kerusakan sesaat mulai terus bertambah dari  $t_b$ . Peningkatan ini mengindikasikan akhir dari umur pakai dari item mulai akan dipertanyakan saat terjadinya sejalan dengan semakin memburuknya kondisi item. Bila suatu alat telah memasuki fasa ini, maka sebaiknya dilakukan perawatan untuk mengurangi probabilitas rusak yang lebih fatal pada masa mendatang. Umumnya pada fasa ini dilakukan penggantian komponen yang telah direncanakan secara tepat, yaitu pada saat  $t_b$ , walaupun penentuan saat  $t_a$  dan  $t_b$  tersebut adalah tidak mudah dilakukan.

Beberapa penyebab untuk kerusakan yang terjadi selama fasa ini adalah :

- Perawatan yang tidak memadai
- Kelelahan karena aus akibat pemakaian
- Kelelahan karena umur pakai
- Kesalahan overhaul

Jika dilihat pada gambar yang mendeskripsikan kurva bath tub tersebut, dan dibandingkan dengan gambar fungsi-fungsi distribusi yang sering digunakan, akan terlihat bahwa :

- Daerah I dapat dipenuhi oleh distribusi weibull;
- Daerah II dapat dipenuhi oleh distribusi weibull dan eksponensial;
- Daerah III dapat dipenuhi oleh distribusi weibull dan normal.

Sehingga secara keseluruhan, ketiga daerah laju kerusakan sesaat tersebut dipenuhi oleh distribusi weibull.

## 2.6 FUNGSI-FUNGSI DISTRIBUSI KERUSAKAN

Ada beberapa distribusi peluang kontinu yang umum digunakan untuk menyatakan waktu kegagalan/kerusakan mesin dan peralatan. Contoh distribusi kerusakan dibawah ini akan dijelaskan dalam teori keandalan sebagai berikut : (Irwin Miller & John E. Freund, *Probability and Statistic for Engineers*, 1982 , hal 306-309)

### 1. Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan distribusi terpenting dalam statistik, yang menjadi dasar bagi banyak teori statistika induktif. Distribusi ini digunakan untuk komponen dengan variasi random independen, dan pemakaiannya untuk situasi bila beberapa kerusakan wajib dipakai.

Fungsi padat peubah acak normal  $x$ , dengan rata-rata  $\mu$  dan variansi  $\sigma^2$  ialah

$$f(x, \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2}$$

Dimana  $\pi = 3.14159$   
 $e = 2.71828$

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

Harga-harga keandalan untuk distribusi normal adalah sebagai berikut :

a. Fungsi kepadatan Kemungkinan

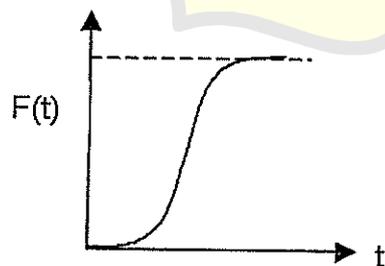
$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Dimana:  $-0 \leq t \leq \infty$

$\mu$  adalah distribusi rata-rata

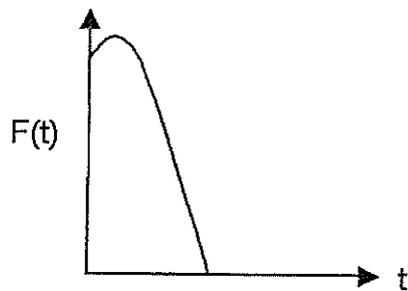
$\sigma$  adalah deviasi standar

b. Fungsi distribusi kumulatif



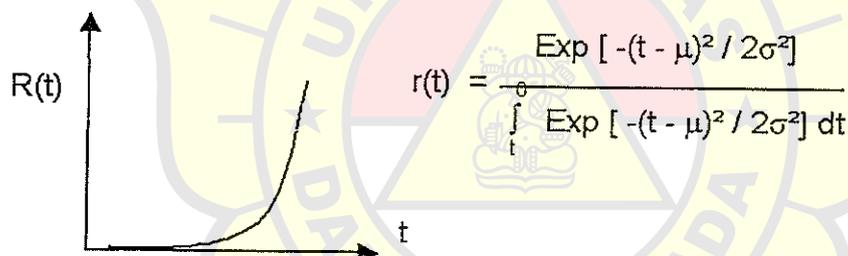
$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

## c. Fungsi Keandalan



$$R(t) \equiv \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^0 \exp\left(\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

## d. Laju Kegagalan



## 2. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial banyak digunakan dalam bidang statistik terutama teori keandalan dan teori antrian. Distribusi ini digunakan untuk menentukan kegagalan mesin yang disebabkan oleh kegagalan/kerusakan salah satu komponennya.

Fungsi padat peubah acak kontinu  $x$  berdistribusi eksponensial dengan parameter  $\beta$  ialah

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \cdot e^{-x/\beta}$$

Jika  $x > 0$  dan  $\beta > 0$

Harga-harga keandalan untuk distribusi eksponensial adalah sebagai berikut ;

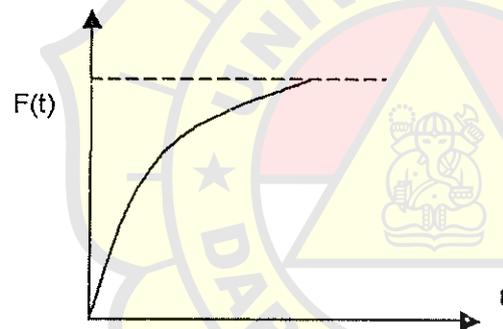
a. Fungsi kepadatan

$$f(t) = \lambda \cdot \text{Exp}(-\lambda \cdot t) \quad \text{dimana } t \geq 0$$

$\lambda$  adalah laju kerusakan rata-rata

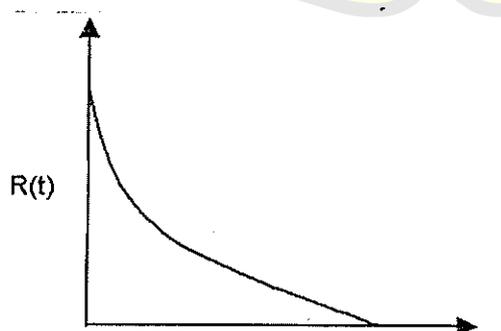
$1/\lambda$  adalah distribusi rata-rata

b. Fungsi distribusi Kumulatif



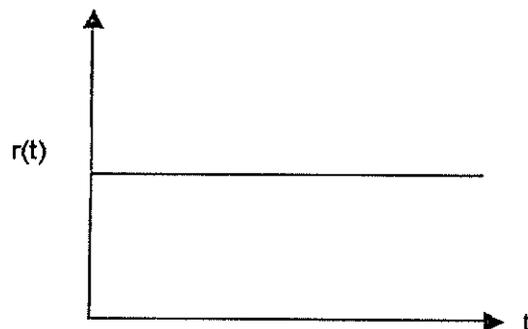
$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda \cdot t)$$

c. Fungsi keandalan



$$R(t) = \exp(-\lambda \cdot t)$$

## d. Laju Kegagalan



$$R(t) = \lambda$$

## 3. Distribusi Weibull

Distribusi weibull digunakan untuk menangani banyak masalah keandalan dan uji umur komponen. Distribusi ini untuk menunjukkan karakteristik kegagalan mesin yang sangat besar (kompleks) dan sifatnya dapat dibuat mendekati secara tepat kejadian observasi.

Fungsi padat peubah acak kontinu  $T$  berdistribusi weibull dengan parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  ialah :

$$F(x) = \alpha \beta \cdot X^{\beta-1} \cdot e^{-\alpha X^\beta}$$

Jika :  $x > 0$  ,  $\alpha > 0$  ,  $\beta > 0$

Harga keandalan untuk distribusi weibull adalah sebagai berikut ;

## a. Fungsi kepadatan kemungkinan

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

dimana  $t > 0$

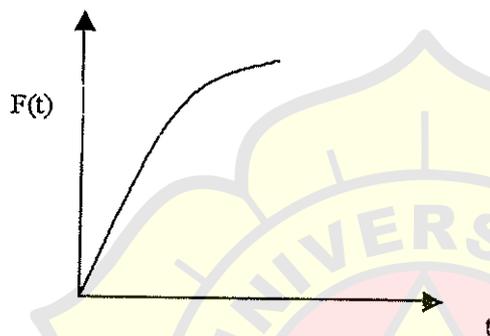
$\alpha$  adalah parameter skala perbandingan

$\alpha$  dan  $\beta$  adalah bernilai positif

Jika  $\beta = 1 \rightarrow$  weibull ekivalen dengan distribusi eksponensial

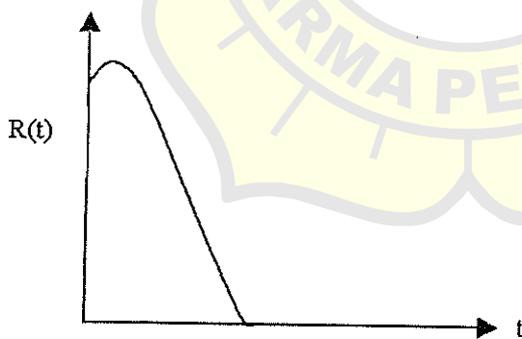
Jika  $\beta > 1 \rightarrow$  weibull ekivalen dengan distribusi normal

b. Fungsi distribusi kumulatif

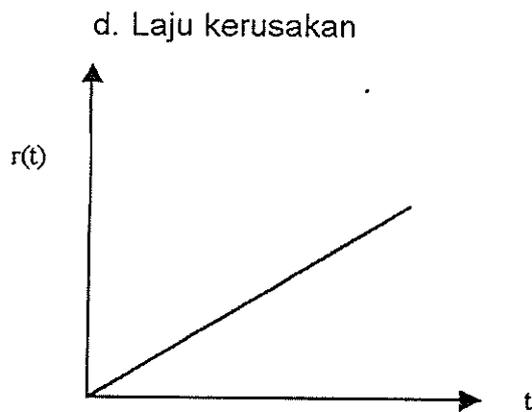


$$F(t) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right]$$

c. Fungsi Keandalan



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



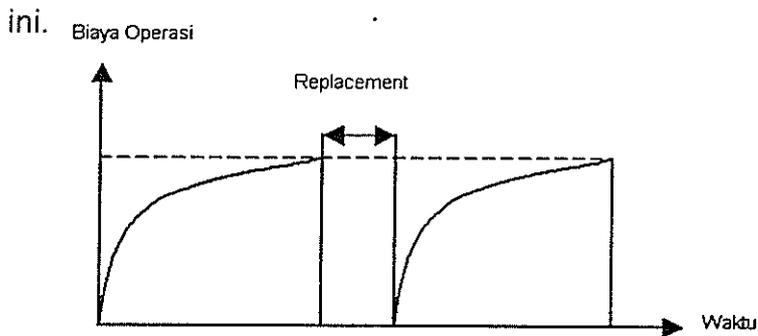
$$r(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$

## 2.7 TINDAKAN PENGGANTIAN

Permasalahan penggantian dan secara umum permasalahan perawatan dapat diklasifikasikan menjadi dua masalah deterministic dan probabilistic (Jardine, *Maintenance Replacement and Reliability*, 1973, hal 31)

Masalah deterministic adalah masalah penggantian yang waktu dan hasil dari tindakan penggantian diasumsikan dapat diketahui dengan pasti. Sebagai contoh peralatan yang biaya operasinya meningkat sedangkan laju kerusakannya tetap, sejalan dengan bertambahnya waktu penggunaan. Untuk mengurangi biaya operasi yang terus meningkat, tindakan penggantian dapat dilaksanakan. Setelah penggantian dilaksanakan, kurva biaya operasi dapat diketahui.

Masalah deterministic tersebut digambarkan dalam diagram berikut



Gambar 2.3 Tindakan Penggantian Pada Biaya Operasi Yang Meningkat.

Masalah probabilistic adalah masalah penggantian yang waktu dan hasil dari tindakan penggantian bergantung pada suatu kondisi tertentu. Dalam kondisi yang paling sederhana, peralatan dapat diklasifikasikan ke dalam dua golongan yaitu dalam kondisi baik atau kondisi rusak. Dengan demikian, waktu antar kerusakan adalah suatu variabel acak dan mungkin mengikuti distribusi kerusakan tertentu.

Penentuan tindakan penggantian dari komponen peralatan yang rusak melibatkan pengambilan keputusan dalam suatu ketidakpastian, karena kejadian rusak, atau secara umum perpindahan dari suatu status ke status lain tidak dapat diperkirakan secara pasti. Kerusakan mesin atau status peralatan dapat diperkirakan setelah tindakan perawatan lainnya, yaitu pemeriksaan dilaksanakan.

Dalam menentukan kapan tindakan penggantian komponen dilakukan, penentuan siklus waktu tindakan tersebut adalah suatu hal yang harus dipertimbangkan.

Karena terdapat berbagai kriteria tujuan pelaksanaan perawatan yang harus ditentukan terlebih dahulu, seperti maksimasi keuntungan, minimasi waktu kerusakan, maksimasi ketersediaan dan sebagainya.

Tindakan perawatan penggantian mengasumsikan bahwa setelah penggantian komponen akan kembali ke dalam kondisi semula dan meneruskan pelayanan yang sama seperti komponen sebelumnya. Terdapat dua syarat yang harus dipenuhi dalam tindakan perawatan penggantian, yaitu:

1. Total biaya penggantian sesudah terjadinya kerusakan harus lebih besar dibandingkan sebelum terjadinya kerusakan. Hal ini dapat disebabkan oleh biaya yang timbul akibat mesin tidak berproduksi atau kerusakan suatu komponen akan menimbulkan efek kerusakan terhadap komponen yang lain.
2. Laju kerusakan dari mesin atau komponen harus meningkat. Jika suatu peralatan memiliki distribusi kerusakan eksponensial, maka laju kerusakannya konstan. Maka tindakan penggantian akan sia-sia karena tidak akan mempengaruhi probabilitas terjadinya kerusakan berikutnya.

Untuk peralatan dengan distribusikerusakan hyper eksponensial tindakan penggantian tidak diperlukan karena laju kerusakannya menurun. Dengan demikian pengetahuan mengenai laju kerusakan peralatan sangat penting dalam menentukan jenis dan tindakan perawatan pencegahan yang akan dilaksanakan.

## 2.8 KONSEP MAINTAINABILITAS

Maintainabilitas suatu peralatan didefinisikan sebagai probabilitas peralatan yang rusak akan beroperasi kembali dalam periode waktu  $T$  tertentu, dimana tindakan perawatan seperti perbaikan (repair), overhaul atau penggantian(replacement) dilaksanakan [Jardine, Maintenance Replacement and Reliability, 1973, hal 23]. Jika  $g(t)$  adalah fungsi kepadatan probabilitas dari waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan tindakan perawatan tersebut, maka secara matematis maintainabilitas dirumuskan sebagai berikut:

$$M(t) = \int_0^T g(t) dt$$

Dengan demikian, jelaslah bahwa maintainabilitas berkaitan erat dengan standar desain suatu peralatan. Jika diketahui waktu perbaikan berdistribusi eksponensial, fungsi maintainabilitas akan menjadi

$$M(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{MTTR}\right)$$

Rataan waktu untuk tindakan perbaikan (MTTR) dapat diestimasikan dengan persamaan berikut:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i T_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i}$$

Dimana

- Ti adalah waktu perbaikan yang dibutuhkan ketika komponen I rusak
- M adalah jumlah komponen yang diperbaiki dalam peralatan
- $\lambda$  adalah laju kerusakan komponen i

## 2.9 MODEL PENGGANTIAN PENCEGAHAN

Dalam masalah perawatan, khususnya berkenaan dengan masalah perawatan pencegahan baik untuk kasus pemeriksaan maupun penggantian komponen, telah ada model standar yang dikembangkan orang, diantaranya model matematis yang dikembangkan oleh Jardine.

Pemilihan model standar yang akan digunakan disesuaikan dengan karakteristik permasalahan yang diambil. Begitu pula halnya dengan kriteria yang akan digunakan, yaitu maksimasi keuntungan atau minimasi ongkos, minimasi downtime, ataupun maksimasi availabilitas.

Dalam masalah perawatan, khususnya dengan kasus penggantian komponen, sebenarnya ada banyak model. Diantara model standar yang dikembangkan Jardine, yaitu model age replacement dengan kriteria minimasi downtime dan model group replacement dengan kriteria minimasi ongkos. Model ini banyak digunakan karena model ini mendasarkan pada umur pakai peralatan, sehingga dapat menghindarkan terjadinya peralatan yang masih baru dipasang akan diganti dalam waktu yang relatif singkat, jika terjadi kerusakan.

### 2.9.1 Age Replacement

Dalam model ini, saat untuk dilakukannya penggantian pencegahan adalah tergantung pada umur dari komponen. Jadi penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika terjadi penggantian akibat kerusakan yang terjadi.

Pada model age replacement ini terdapat dua macam siklus penggantian, yaitu:

- Siklus pertama ditentukan melalui komponen yang telah mencapai umur penggantian ( $t_p$ ) sesuai dengan yang telah direncanakan
- Siklus kedua ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum mencapai waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya.

### 2.9.2 Group Replacement

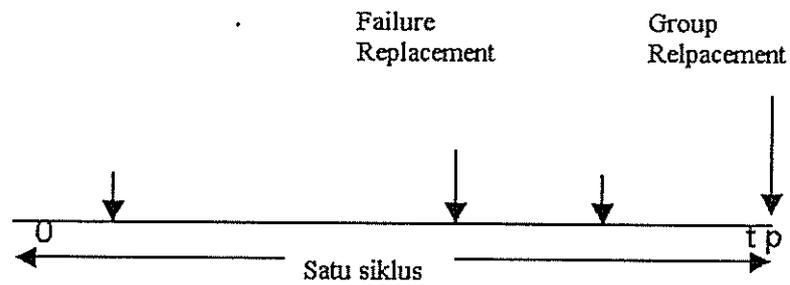
Penggantian elemen atau item yang sama secara grup sering kali lebih murah dan mudah dilakukan dibandingkan secara satu per satu. Contoh sederhana dari model penggantian secara grup adalah lampu jalan, dimana sangat tidak efisien untuk mengganti lampu satu per satu bila ada yang tidak berfungsi atau mati.

Jika diketahui terdapat sejumlah elemen yang sama, yang bergantung pada kerusakan, maka jika ditemukan elemen yang rusak akan diganti dengan elemen yang baru.

Terdapat pula kemungkinan untuk melakukan tindakan group replacement dalam interval tetap. Ongkos penggantian satu item secara group diasumsikan lebih rendah dibandingkan *failure replacement* yang akan terjadi, tetapi keseimbangan dibutuhkan antara biaya yang dikeluarkan dalam group replacement dan pengurangan dari failure replacement. Model yang dikembangkan untuk masalah ini berdasarkan pada asumsi bahwa kebijakan replacement secara grup dilakukan pada interval yang tetap dengan failure replacement terjadi apabila diperlukan. Kita mengharapkan untuk mendapatkan interval yang optimal dalam group replacement untuk meminimasi total biaya ekspektasi per satuan waktu [Jardine, Maintenance Replacemen and Reliability, 1973, hal 98]

### 2.9.3 Konstruksi dari Model

- $C_g$  adalah ongkos mengganti satu elemen di bawah kondisi group replacement
- $C_f$  adalah ongkos failure replacement
- $F(t)$  adalah fungsi padat dari waktu antar kerusakan dari komponen
- $N$  adalah total jumlah elemen dalam group
- Kebijakan replacement adalah untuk menentukan interval konstan sepanjang  $t_p$  di bawah kebijakan group replacement. Failure replacement terjadi selama dibutuhkan dalam interval  $(0, t_p)$ .
- Tujuannya adalah menentukan interval group replacement yang optimal meminimasi total biaya ekspektasi per satuan waktu.



Gambar 2.4 Kebijakan Group Replacement

Total biaya ekspektasi per satuan waktu untuk Group Replacement pada waktu  $t_p$ , dinyatakan dalam  $C(t_p)$  adalah :

$$C(t_p) = \frac{\text{Total Biaya Ekspektasi pada Interval } (0, t_p)}{\text{Panjang Interval}}$$

Total biaya ekspektasi dalam interval  $(0, t_p)$  adalah penjumlahan dari biaya group replacement pada waktu  $t_p$  dengan biaya ekspektasi dari failure replacement dalam interval  $(0, t_p)$  atau

$$\text{Total biaya ekspektasi pada interval } (0, t_p) = N C_g + N H(t_p) C_f$$

Dimana

$H(t_p)$  adalah ekspektasi frekuensi satu item rusak dalam interval  $(0, t_p)$ . Maka,

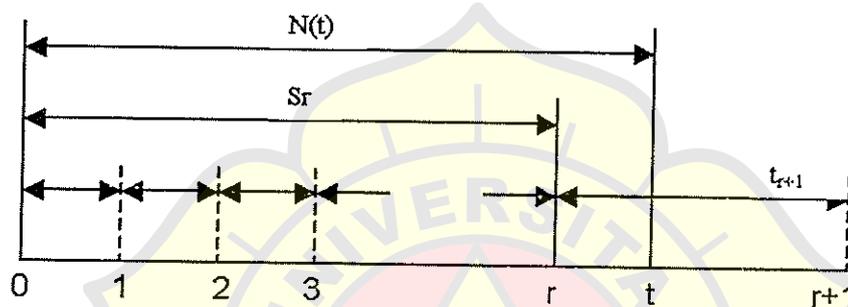
$$C(t_p) = \frac{N C_g + N H(t_p) C_f}{t_p}$$

Model group replacement di atas adalah suatu model yang berhubungan dengan interval  $t_p$  dalam kaitannya dengan total biaya.

[Jardine, *Maintenance Replacemen and Reliability*, 1973, hal 99]

### 2.9.4 Penentuan Jumlah kerusakan dengan Pendekatan Renewal Theory

Nilai  $H(t)$  yaitu jumlah ekspektasi kerusakan yang terjadi pada selang waktu  $(0,t)$  dapat ditentukan dengan pendekatan *Renewal Theory*. Metode pencarian nilai tersebut dijelaskan berikut ini. (Jardine, *Maintenance Replacement and Reliability*, 1999, hal 80-82)



Gambar 2.5 Ekspektasi Jumlah Kerusakan

Dengan mengacu pada gambar 2.5 dapat ditentukan notasi-notasi sebagai berikut :

$N(t)$  adalah jumlah dari kerusakan dalam interval  $(0,t)$

$H(t)$  adalah ekspektasi jumlah kerusakan dalam interval  $(0,t)$  sama dengan  $E [n(t)]$  dimana  $E [ ]$  berarti ekspektasi..

$t_1, t_2$  adalah interval kerusakan

$S_r$  adalah waktu sampai kerusakan ke  $r = t_1 + t_2 + \dots + t_r$

Probabilitas dari  $N(t)$  adalah  $r$  adalah probabilitas bahwa  $t$  berada di antara kerusakan ke  $r$  dan  $(r+1)$ . Hal ini diproduksi dari :

$$P[N(t) < r] = 1 - F_r(t)$$

Dengan  $F_r(t)$  adalah fungsi distribusi kumulatif dari  $S_r$ .

$$P[N(t) > r] = F_{r+1}(t)$$

$$P[N(t) < r] + P[N(t) = r] + P[N(t) > r] = 1$$

Dengan demikian,

$$P[N(t) = r] = F_r(t) - F_{r+1}(t)$$

Ekspektasi nilai dari  $N(t)$  adalah

$$H(t) = \sum_{r=0}^{\infty} r P[N(t) = r] = \sum_{r=0}^{\infty} r [F_r(t) - F_{r+1}(t)]$$

$$H(t) = \sum_{r=1}^{\infty} F_r(t)$$

Dengan menerapkan transformasi Laplace untuk kedua sisi dari persamaan di atas, maka diperoleh :

$$H^*(s) = \frac{f^*(s)}{s[1 - f^*(s)]}$$

Masalah yang timbul kemudian adalah menentukan  $H(t)$  dari  $H^*(s)$ . Hal ini dilakukan dengan menentukan  $f(t)$  dari  $f^*(s)$  dengan suatu proses inversi. I

Inversi biasanya dilakukan dengan bantuan referensi tabel yang telah menjabarkan Transformasi Laplace dan fungsi biasa  $f(t)$  menjadi bentuk umum dari  $f^*(s)$ .

Jika nilai  $t$  cukup besar atau menuju tak hingga, maka  $H(t)$  dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut ;

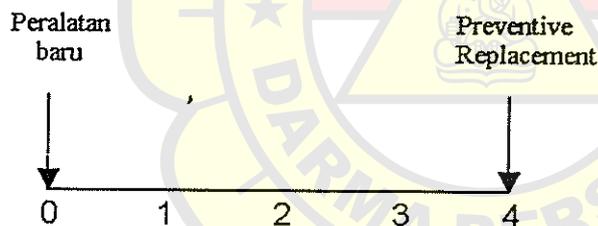
$$H(t) = \frac{t}{\mu} + \frac{\sigma^2 \mu^2}{2\mu}$$

dengan  $\sigma^2$  dan  $\mu$  adalah variansi dan mean dari  $f(t)$ .

Dengan demikian dapat dilihat bahwa penentuan nilai  $H(t)$  dengan menggunakan pendekatan Renewal Theory cukup sulit, terutama dalam hal inversi nilai  $H^*(s)$  menjadi  $H(t)$ .

### 2.9.5 Penentuan Jumlah Kerusakan Dengan Pendekatan Diskrit

Gambar 2.5 mengilustrasikan kasus dimana terdapat empat minggu diantara preventive replacements.  $H(4)$  adalah ekspektasi jumlah kerusakan dalam interval  $(0,4)$ , dimulai ketika komponen baru.



Gambar 2.5 Pendekatan Diskrit

Waktu dimulai pada saat nol, kerusakan pertama (jika terdapat satu kerusakan) akan terjadi baik pada minggu pertama, kedua, ketiga, atau keempat dan operasi. Mengingat kenyataan ini didapat :

$H(4) =$  Jumlah dari ekspektasi kerusakan terjadi dalam Interval  $(0,4)$  jika kerusakan pertama terjadi pada minggu pertama  $\times$  Probabilitas dari kerusakan pertama terjadi dalam interval  $(0,1)$

$+ \text{Jumlah dari ekspektasi kerusakan terjadi dalam Interval } (0,4) \text{ jika kerusakan pertama terjadi pada minggu kedua } \times \text{ Probabilitas dari kerusakan pertama terjadi dalam interval } (1,2)$

$+ \text{Jumlah dari ekspektasi kerusakan terjadi dalam Interval } (0,4) \text{ jika kerusakan pertama terjadi pada minggu ketiga } \times \text{ Probabilitas dari kerusakan pertama terjadi dalam interval } (2,3)$

$+ \text{Jumlah dari ekspektasi kerusakan terjadi dalam Interval } (0,4) \text{ jika kerusakan pertama terjadi pada minggu keempat } \times \text{ Probabilitas dari kerusakan pertama terjadi dalam interval } (3,4)$

Diasumsikan bahwa tidak terdapat lebih dari satu kerusakan dapat terjadi pada setiap interval mingguan. Hal ini tidaklah mengikat, mengingat panjang dari setiap interval dapat dibuat sependek yang diinginkan.

Jika demikian halnya maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah ekspektasi} & & \text{Kerusakan yang terjadi} \\
 \text{kerusakan yang terjadi} & & \text{dalam minggu pertama} + \\
 \text{dalam interval } (0,4) \text{ jika} & = & \text{Ekspektasi jumlah} \\
 \text{kerusakan pertama terjadi} & & \text{kerusakan pada sisa tiga} \\
 \text{pada minggu pertama} & & \text{minggu berikutnya} \\
 & & \\
 & = & 1 + H(3)
 \end{aligned}$$

$H(3)$  digunakan karena terdapat komponen baru sebagai hasil dari mengganti kerusakan pada minggu pertama dan terdapat tiga minggu berikutnya sebelum preventive replacement dilakukan. Hal ini berarti, ekspektasi jumlah kerusakan pada sisa tiga minggu berikutnya, dimulai dengan komponen yang baru, ekuivalen dengan  $H(3)$ .

Probabilitas dari kerusakan pertama terjadi pada minggu pertama

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

Sama halnya untuk konsekuensi dari kerusakan pertama terjadi dalam minggu kedua, ketiga, keempat, maka

$$H(4) = [1 + H(3)] \int_0^1 f(t) dt + [1 + H(2)] \int_1^2 f(t) dt + [1 + H(1)] \int_2^3 f(t) dt + [1 + H(0)] \int_3^4 f(t) dt$$

$$H(T) = \sum_{i=0}^{T-1} [1 + H(T-1-i)] \int_i^{i+1} f(t) dt$$

Persamaan di atas memiliki hubungan yang berantai. Karena diketahui nilai  $H(0) = 0$ , maka kita dapat memperoleh  $H(1)$ ,  $H(2)$ ,  $H(3)$  dan seterusnya. [Jardine, *Maintenance Replacemen and Reliability*, 1973, hal 83-84]

## 2.10 ELEMEN WAKTU DAN ONGKOS DALAM PERAWATAN

Dalam kegiatan produksi terdapat berbagai elemen waktu yang dapat dibedakan, masing-masing adalah

- Waktu Operasi, dimana mesin/fasilitas berfungsi dengan baik dan tidak terdapat gangguan dan dipergunakan oleh sistem untuk melakukan kegiatan.
- Waktu Delay, dimana mesin/fasilitas berfungsi dengan baik dan tidak terdapat gangguan, tetapi tidak dipergunakan oleh sistem.
- Waktu Rintangan, yaitu total waktu dimana sistem tidak dapat dipergunakan.

Waktu rintangan dapat dibagi menjadi dua kelompok besar:

1. Komponen waktu rintangan akibat penggantian pencegahan
  - Waktu Pembongkaran
  - Waktu menyiapkan komponen
  - Waktu pemasangan komponen
  - Waktu pengujian
2. Komponen waktu rintangan akibat penggantian kerusakan
  - Waktu administrasi, pelaporan kondisi mesin yang rusak sampai saat mendapat persetujuan/ perintah untuk mendatangkan teknisi.
  - Waktu pembongkaran
  - Waktu menemukan kerusakan
  - Waktu menunggu kedatangan komponen pengganti

- Waktu pemasangan komponen
- Waktu pengujian

Tindakan perawatan, baik yang terencana maupun yang dilakukan mendadak akibat timbulnya kerusakan menimbulkan ongkos bagi perusahaan. Ongkos tersebut dapat berupa ongkos langsung (biaya komponen, biaya tenaga kerja perawatan) maupun ongkos tak langsung (ongkos menganggur, ongkos kesempatan, dll). Elemen ongkos yaitu :

### Ongkos Tetap

#### 1. Ongkos tenaga kerja perawatan

Tenaga yang melakukan perawatan, baik pada saat perbaikan mesin yang rusak, maupun pada saat perawatan pencegahan, dibayar untuk melakukan pekerjaannya. Upah yang dibayarkan ini menjadi ongkos tenaga kerja perawatan.

#### 2. Ongkos tenaga kerja produksi yang menganggur

Pada saat mesin berhenti berproduksi, dan dilakukan perawatan, perusahaan akan tetap membayar tenaga kerja operator mesin tersebut dan yang berkaitan dengan produksi mesin tersebut.

#### 3. Depresiasi mesin produksi

Investasi tinggi untuk pembelian mesin akan menjadi elemen ongkos depresiasi yang percuma apabila mesin tersebut mengalami kerusakan atau tidak berproduksi

## Ongkos variabel

### 1. Ongkos pembelian komponen penggantian

Adakalanya suatu komponen tidak dapat diperbaiki lagi, tetapi harus diganti. Ongkos pembelianya merupakan ongkos pembelian komponen penggantian. Jika ternyata komponen tersebut dapat diperbaiki, maka ongkosnya adalah ongkos perbaikan.

### 2. Ongkos tenaga kerja produksi yang menganggur

Pada saat mesin berhenti berproduksi, dan dilakukan perawatan, perusahaan akan tetap membayar tenaga kerja operator mesin tersebut dan yang berkaitan dengan produksi mesin tersebut.

### 3. Keuntungan yang tidak dapat diperoleh

Merupakan ongkos yang tidak langsung berupa hilangnya kesempatan memperoleh keuntungan sesuai yang direncanakan.

### 4. Ongkos administrasi dan ongkos lainnya.

## 2.11 UJI KRUSKAL-WALLIS H

Uji Kruskal- Wallis merupakan padanan bagi Analisis Ragam dalam metode parametric, sehingga uji ini dikenal juga dengan nama Analisi Ragam Satu Arah Kruskal-Wallis. (Wijaya, *Statiska Non Parametrik*, 2000, hal 64-65)

Dalam uji ini tidak diperlukan asumsi tentang kebebasan galat, ragam yang sama mupun distribusinya yang normal. Asumsi yang menjadi

dasar pengujiannya adalah bahwa sample yang diperbandingkan berasal dari distribusi yang kontinu. Cara analisisnya adalah:

- a. Semua nilai pengamatan k sample digabung, kemudian dirangking
- b. Menghitung jumlah rangking dari setiap sample
- c. Menghitung Statistik yang digunakan adalah

$$H = \frac{12}{n(n+1)} [\sum R_j^2 / n_i] - 3(n+1) \quad db\chi^2 = k - 1$$

H mendekati distribusi  $\chi^2$  dengan db  $\chi^2 = k-1$

$n_i$  = banyaknya nilai pengamatan pada tiap-tiap sample

k = banyaknya sample yang diuji

$R_j$  = jumlah rangking tiap sample

n = total pengamatan

Kriteria

1. jika k = 3 dan  $n_i \geq 5$ , digunakan table harga kritis H Anava

Ranking Satu Arah Kruskal Wallis. Kaidahnya : Tolak  $H_0$  jika

$$H \geq H_{table}$$

2. Jika  $n_i > 5$ , maka H didekati oleh  $\chi^2$  dengan db = k - 1

Kaidahnya : Tolak  $H_0$  jika  $H \geq \chi^2$ -tabel dengan taraf nyata  $\alpha$

dengan db = (k-1)

Jika terdapat skor yang sama, maka rangkingnya adalah

rata-ratanya. Berlaku

1. jika banyaknya skor yang sama > 25%, dilakukan koreksi pembagian dengan  $1 - [(\sum T) / (n^3 - n)]$  dimana  $\sum T = \sum (t^3 - t)$
2. Jika banyaknya skor yang sama 25%, maka koreksi diabaikan

## 2.12 PENGELOMPOKKAN DATA KE DALAM BENTUK DISTRIBUSI

Data yang telah dikumpulkan kemudian dibuat distribusi frekuensi, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menghitung Range  
 $R = \text{Nilai maksimum} - \text{Nilai minimum}$
2. Menghitung Jumlah Kelas interval berdasarkan rumus Struggess yaitu; Kelas interval (k) =  $1 + 3.3 \log N$  (N = jumlah data)
3. Menentukan panjang interval kelas  
 $I = R/k$   
 Dimana  $i = \text{panjang kelas}$   
 $R = \text{range}$   
 $k = \text{interval kelas}$

Dengan diketahuinya panjang kelas interval dan dengan memperhatikan nilai-nilai data maksimum dan minimum maka besarnya tiap-tiap interval dapat ditentukan. Hasil penyusunan data yang telah ditetapkan tersebut disebut distribusi frekuensi. (Walpole, *Ilmu Peluang dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan*, 1986, hal-112)

### 2.13 PENGUJIAN KESESUAIAN DISTRIBUSI

Untuk menguji distribusi kerusakan mesin baik secara keseluruhan maupun berdasarkan subsistemnya serta waktu perbaikannya dan waktu penjadwalannya digunakan Chi Square Goodness of Fit Test.

Pengujian yang dilakukan berdasarkan hal-hal berikut:

Jika akan dilakukan pengujian data untuk distribusi weibull, maka hipotesis yang diambil adalah :

$H_0$  = Menyatakan bahwa waktu kerusakan mengikuti distribusi weibull

$H_1$  = Menyatakan bahwa waktu kerusakan tidak mengikuti distribusi weibull

Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Tentukan taraf signifikansi  $\alpha = 5\%$
2. Tentukan frekuensi hasil pengamatan ( $F_o$ )
3. Tentukan nilai pengamatan teoritis ( $F_t$ )

$$F_t = N P_t$$

$P_i$  = kemungkinan terjadinya kerusakan dalam selang waktu

$$(T_1, T_2)$$

$$P_i = e^{-t_1/\lambda} - e^{-t_2/\lambda}$$

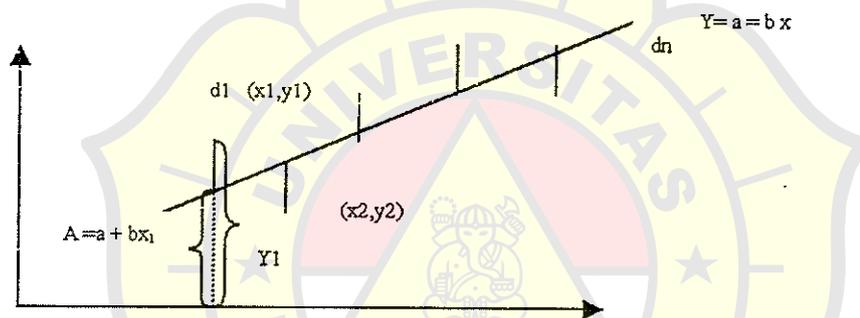
4. Tentukan tes statistik hasil pengamatan ( $\chi^2$ )
5. Kaidah keputusan, bandingkan  $\chi^2$  dari pengamatan dengan  $\chi^2$  ( $v, \alpha$ ) dari table untuk mendapatkan peluang menurut  $H_0$ .  $H_0$

diterima bila  $\lambda^2 < \lambda^2 (v, \alpha)$  dari table untuk mendapatkan peluang menurut  $H_0$ ; diterima

Bila  $V = k - 1$  (derajat kebebasan)  $V =$  jumlah kelas interval

## 2.14 PENENTUAN PARAMETER KEANDALAN

Perhitungan parameter distribusi weibull yang menggunakan metode kuadrat terkecil dengan aturan Cramer, yaitu (P.A Surjadi, *Pendahuluan Teori Kemungkinan dan Statistik*, 1990, hal 56-57)



Gambar 2.6 Garis kuadrat terkecil

$$Y = a + bx$$

$$Y = \alpha + \beta x$$

$$Y = \ln \ln [1/R(t)]$$

$$R(t) = \exp [-(t/\alpha)^\beta]$$

$$R(t) = \frac{n - 1 + 0.7}{N + 0.4}$$

$$a = \frac{(\sum x^2) (\sum y) - (\sum x) (\sum x y)}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$\text{dimana } b = \beta \quad a = -\beta \ln \alpha$$

$$\alpha = \exp(-a/b) \quad x = \ln t$$

## 2.15 METODE PENENTUAN SUKU CADANG KRITIS

Upaya untuk mengetahui suku cadang kritis dalam penelitian ini menggunakan metode pengklasifikasian barang yang sering digunakan adalah analisis ABC atau analisis pareto yang dikembangkan oleh Vilfredo Pareto (1848-1923).

Pendekatan yang dilakukan dengan metode ini yaitu dengan cara melakukan klasifikasi terhadap suku cadang yang memiliki prioritas untuk dikendalikan secara ketat,

yaitu dengan cara mengelompokkan barang yang memiliki kuantitas sedikit tapi memiliki nilai yang tinggi, sehingga barang yang berkarakter tersebut dinyatakan sebagai kritis dan dikategorikan sebagai A, prioritas selanjutnya adalah B dan terakhir C.

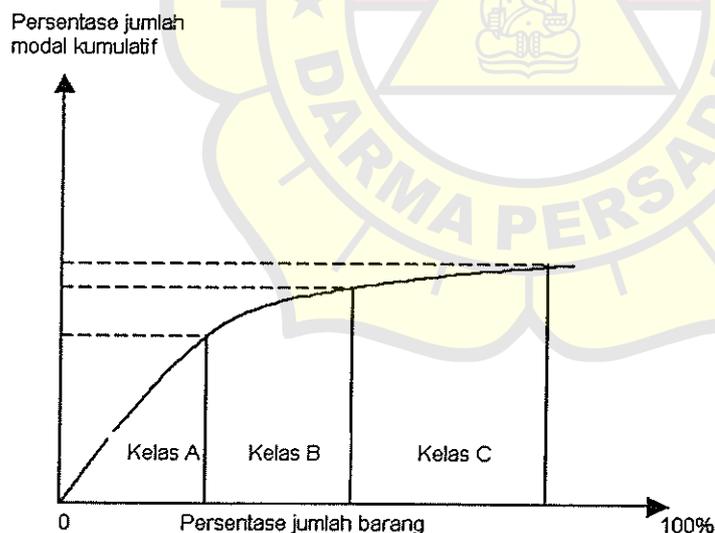
Adapun pengklasifikasian dari ketiga kelompok kelas yaitu (Bedworth David. D and Bailey James. E, *Integrated Productions Control System*, 1987, hal 179-180):

1. Barang kelas A. yang merupakan barang yang terpenting. Barang ini berjumlah 5% - 10% dari seluruh suku cadang dan menyerap

modal atau mempunyai nilai 80% dari seluruh nilai modal yang tertanam.

2. Barang kelas B, yaitu barang dengan derajat kepentingan dibawah kelas A, yang berjumlah 20% - 30% dan menyerap modal atau mempunyai nilai 15% dari seluruh nilai atau modal tertanam.
3. Barang kelas C, yaitu barang yang tidak begitu penting dibandingkan dua jenis barang di atas.

Metode analisis ABC ini dapat dibuatkan dalam suatu diagram dengan menghitung jumlah modal yang diserap setiap jenis barang dan kemudian mengurutkan dari yang besar ke yang kecil. Kemudian dilakukan perhitungan kumulatif urutan jumlah modal yang diserap tersebut.



Gambar 2.7 Diagram Pareto

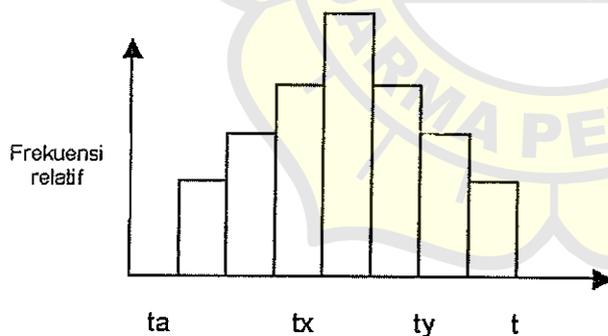
Pengklasifikasian barang bisa dilakukan dengan metode yang lain tergantung dari tujuannya.

Apabila diinginkan pengendalian suku cadang berdasarkan pemakaiannya maka suku cadang dapat diklasifikasikan berdasarkan frekuensi penggantian yang dilakukan. Suku cadang yang sering mengalami penggantian akan menjadi prioritas utama.

## 2.16 HISTOGRAM FREKUENSI RELATIF

Dari sejumlah mesin produksi yang sejenis dari suatu pabrik, kita dapat mengetahui dengan pasti bahwa masing masingMesin tersebut akan rusak pada saat yang sama.

Dengan mencatat waktu terjadinya kerusakan masing-masing mesin kita dapat menggambarkan histogram, yang mana luas dari pada segmen dalam interval waktu tertentu menyatakan frekuensi relatif terjadinya kerusakan dalam interval waktu tersebut.



Gambar 2.8Histogram Frekuensi Relatif

Besarnya kemungkinan terjadinya kerusakan dalam interfal waktu antara  $t_x$  dan  $t_y$  adalah hasil perkalian antara koordinat  $y$  dengan panjang interval  $(t_y - t_x)$ . (Jardine, Maintenance Replacement and Reliability, 1973, hal 19)