

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Perawatan

Di bawah ini beberapa definisi tentang perawatan :

1. Perawatan (*maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diarahkan pada tujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi sehingga dari sistem itu dapat diharapkan menghasilkan out put sesuai dengan yang dikehendaki. Sistem perawatan dapat dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi maka lebih intensif (Gasperz, 1992).
2. Perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaiki suatu kondisi yang bisa diterima (Corder, 1992).
3. Perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan produksi dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri, 1980).
4. Perawatan adalah suatu penggabungan tindakan atau kegiatan yang dilaksanakn untuk mempertahankan, atau memulihkan suatu alat, mesin, bangunan pada kondisi yang dapat diterima (Margono, 2006).

Dari definisi diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa perawatan mempunyai kaitan yang erat dengan tindakan pencegahan dan pembaharuan.

Dalam perawatan, tindakan-tindakan yang dapat dilakukan antara lain :

1. Pemeriksaan, yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem untuk mengetahui apakah sistem masih berada dalam keadaan yang memenuhi persyaratan yang diinginkan.
2. Penggantian Komponen, yaitu tindakan penggantian komponen sistem yang sudah tidak berfungsi dimana tindakan penggantian komponen sistem dilakukan dapat bersifat terencana dan tidak terencana.
3. *Repair* dan *overhaul*, yaitu melakukan pemeriksaan secara cermat serta melakukan perbaikan dimana dilakukan *set-up* ulang.
4. Penggantian sistem, yaitu tindakan yang diambil apabila tindakan-tindakan yang lain sudah tidak memungkinkan lagi.

Pada dasarnya terdapat dua prinsip utama sistem perawatan, yaitu :

1. Menekan (memperpendek) periode kerusakan (*break down period*) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek ekonomis.
  2. Menghindari kerusakan (*break down*) tidak terencana, kerusakan tiba-tiba.
- Pada kenyataannya suatu mesin pasti akan mengalami breakdown pada saat proses produksi berlangsung meskipun telah dilakukan perawatan *preventive* pada mesin tersebut, untuk menangani kerusakan seperti itu diperlukan penanganan secepatnya agar proses produksi tidak terhenti terlalu lama akibat mesin yang rusak tersebut (Prudensy, 2007).

Dalam sistem perawatan terdapat dua kegiatan pokok yang berkaitan dengan tindakan perawatan (Setiyowati, 2004), yaitu :

1. Perawatan yang bersifat *preventif*, Perawatan ini dimaksudkan untuk menjaga keadaan peralatan sebelum peralatan itu menjadi rusak. Pada dasarnya yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak diduga

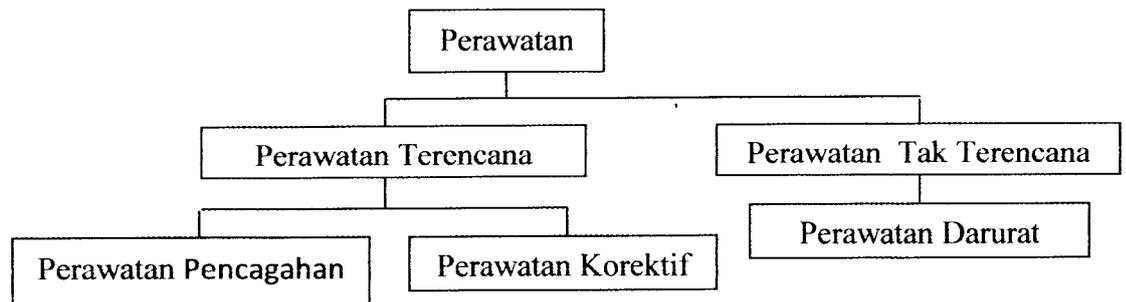
dan menentukan keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses operasi. Dengan demikian semua fasilitas-fasilitas operasi yang mendapat perawatan *preventif* akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi yang siap digunakan untuk setiap proses waktu. Selain itu kebijakan *preventive maintenance* adalah melakukan pemeriksaan secara intensif dan hasilnya mengurangi biaya perawatan yang besar (Chen, 2005). Hal ini memerlukan suatu rencana dalam jadwal perawatan yang sangat cermat dan rencana yang lebih tepat.

Dalam prakteknya perawatan *preventif* yang dilakukan oleh suatu perusahaan dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. Perawatan rutin, yaitu aktivitas pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin (setiap hari), yaitu dengan pembersihan peralatan, pelumasan, pengecekan oli, pengecekan bahan bakar.
  - b. Perawatan periode, yaitu aktivitas pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periode atau dalam jangka waktu tertentu. Seperti memeriksa komponen – komponen peralatan.
2. Perawatan yang bersifat korektif, Perawatan ini dimaksudkan untuk memperbaiki perawatan yang rusak. Pada dasarnya aktivitas yang dilakukan adalah pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada mesin tersebut. Perawatan korektif dapat juga didefinisikan sebagai perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya perawatan *preventif* maupun telah dilakukan perawatan *preventif* tapi sampai pada

suatu waktu tertentu fasilitas dan peralatan tersebut tetap rusak. Jadi dalam hal ini, kegiatan perawatan sifatnya hanya menunggu sampai terjadi kerusakan, baru kemudian diperbaiki atau dibetulkan.

Hubungan antara berbagai jenis perawatan dapat dilihat pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Hubungan antara berbagai bentuk perawatan

Perawatan dapat diklasifikasikan menjadi berikut (Sufa, 2007) :

1. *Corrective Maintenance*, merupakan perawatan yang terjadwal ketika suatu sistem mengalami kegagalan untuk memperbaiki sistem pada kondisi tertentu.
2. *Preventive Maintenance*, meliputi semua aktivitas yang terjadwal untuk menjaga sistem / produk dalam kondisi operasi tertentu. Jadwal perawatan meliputi periode inspeksi.
3. *Predictive Maintenance*, sering berhubungan dengan memonitor kondisi program perawatan preventif dimana metode memonitor secara langsung digunakan untuk menentukan kondisi peralatan secara teliti.
4. *Maintenance Prevention*, merupakan usaha mengarahkan *maintenance free design* yang digunakan dalam konsep "*Total Predictive Maintenance (TPM)*". Melalui desain dan pengembangan peralatan, keandalan dan pemeliharaan dengan meminimalkan *downtime* dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya siklus hidup.

5. *Adaptive Maintenance*, menggunakan *software* komputer untuk memproses data yang diperlukan untuk perawatan.
6. *Perfective Maintenance*, meningkatkan kinerja, pembungkusan/ pengepakan/ pemeliharaan dengan menggunakan *software* komputer.

## 2.2 Perkembangan Penelitian Menggunakan Metode Penentuan Model

### Distribusi Pada Sistem Perawatan

Telah banyak penelitian dalam sistem perawatan, diantaranya adalah yang dilakukan oleh Pratiwi (2006), penelitian yang dilakukan untuk menentukan *MTTF*, *MTTR*, dan keandalan pada mesin kritis, tetapi tidak menganalisis biaya dari *preventive* maupun *repair maintenance*. Penelitian juga dilakukan oleh Linawati (2005), penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode pengelompokkan komponen mesin berdasarkan *design modularity* yang bertujuan untuk membandingkan biaya *maintenance* antara desain awal, desain *preventive maintenance*, dan desain *preventive maintenance* yang sudah menggunakan *modularity*. Selain itu, penelitian dalam sistem perawatan juga dilakukan oleh Adianto (2005). Penelitian menggunakan model *preventive maintenance* Smith dan Dekker, yaitu sebuah model yang terdiri dari satu mesin yang beroperasi dan didukung oleh  $(n-1)$  unit mesin cadangan. Metode ini menggabungkan model *availabilitas* dan model perawatan pencegahan dengan memperhatikan *uptime* dan *downtime* dari sistem. Terdapat juga penelitian terhadap sistem perawatan menggunakan metode *Total Productive Maintenance (TPM)* yang dilakukan oleh Halim (2008). Penelitian ini menentukan *OEE (Overall equipment effectiveness)* yang didapat dari *Availability*, *downtime*, *ideal cycle time* dan waktu operasi mesin. Tujuan dari *TPM* ini adalah untuk memperoleh *zero breakdown* dan *zero*

karena Jika breakdown dan defect dapat dikurangi, equipment operation rates meningkat, cost berkurang, inventory minimal, dan sebagai akibatnya produktifitas pekerja naik.

Penelitian sistem perawatan yang sekarang mencoba untuk menentukan jadwal perawatan *preventive* usulan yang didapat dari perhitungan *MTTR* dan *MTTF* berdasarkan distribusi terpilih. Sehingga meminimalkan biaya perawatan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Penelitian yang sekarang juga akan mencoba untuk menganalisa biaya kebijakan *Repair Maintenance* dan biaya kebijakan *Preventive Maintenance*, sehingga dapat memberikan pertimbangan apakah layak *Preventive Maintenance* dilakukan dari pada *Repair Maintenance*. Untuk perkembangan penelitian selanjutnya, dapat di fokuskan pada jumlah downtime dan uptime, karena dari analisa downtime dan uptime tersebut dapat untuk menentukan umur penggantian komponen dan selang waktu penggantian pencegahan.

### **2.3 Fungsi dan Tujuan Perawatan**

Fungsi perawatan adalah memperbaiki mesin atau peralatan (*Equipment*) yang rusak dan menjaga agar selalu dalam kondisi siap dioperasikan. Perawatan adalah meliputi seluruh kegiatan yang diambil untuk menjaga kondisi mesin yang bisa diterima.

Perawatan mempunyai tujuan utama sebagai berikut (Corder, 1992) :

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan aset mesin produksi yang ada di pabrik (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).



$F$  ke- $n$   
= Frekwensi kerusakan

Perhitungan persentase kumulatif dari persentase frekwensi kerusakan adalah penjumlahan persentase frekwensi kerusakan mesin atau komponen mesin yang dimaksud dengan persentase frekwensi kerusakan sebelumnya. sebagai contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

$$Fk_n = Xk_n + Xk(n-1) \quad \dots (2)$$

Dimana :  $Fk_n$  = Kumulatif dari persentase frekwensi kerusakan ke- $n$

$Xk_n$  = Persentase dari frekwensi kerusakan mesin atau komponen ke- $n$  (%)

$Xk(n-1)$  = Persentase dari frekwensi kerusakan mesin atau komponen sebelumnya (kumulatif dari kerusakan mesin atau komponen sebelumnya).

Perhitungan persentase dari *stop hour*, serta persentase kumulatif dari persentase *stop hour* caranya sama dengan yang di atas, Cuma yang membedakan datanya saja, data yang digunakan adalah data jumlah *stop hour*.

## 2.5 Keandalan

### 2.5.1 Definisi Keandalan

Definisi keandalan adalah kemungkinan (*probabilitas*) bahwa suatu item akan tetap memenuhi unjuk kerjanya (*performance*) atas persyaratan fungsional tanpa kegagalan pada suatu kondisi operasi tertentu dan pada suatu periode tertentu.

keandalan adalah probabilitas sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai fungsi yang ditetapkan dalam suatu jangka waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan. (Ebeling, 1997).

Suatu peralatan atau mesin dapat dikatakan andal apabila peralatan atau mesin tersebut dapat berfungsi secara optimal. Keandalan juga berarti tingkat peluang atau probabilitas suatu piranti menjalankan tugasnya (Wahjudi, 2000).

Dari definisi diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa keandalan berhubungan dengan peluang bersyarat yang diberikan dengan tingkat keyakinan bahwa suatu peralatan atau komponen akan melakukan fungsinya sebagaimana mestinya tanpa mengalami masalah atau kerusakan pada waktu keadaan operasi yang tetap dilaksanakan pada periode waktu yang dipergunakan.

Berdasarkan definisi keandalan dapat diketahui masalah keandalan sangat berhubungan erat dengan empat parameter berikut ini :

### 1. Waktu

Konsep keandalan selalu berpijak pada masalah peluang, dimana suatu peralatan akan berfungsi secara memuaskan selama periode waktu tertentu.

### 2. Standar Performansi

Umumnya menyatakan kemampuan dari suatu peralatan untuk memenuhi tugas yang diberikan. Dalam beberapa hal penurunan performansi masih diijinkan sampai tingkat toleransi tertentu, dimana sebagai pembatas adalah pemenuhan permintaan akan sistem secara keseluruhan.

### 3. Peluang

Parameter ini menunjukkan kuantitas dan kualitas suatu sistem untuk mempertahankan performansi standarnya.

#### 4. Kondisi Lingkungan

Kadang kala suatu peralatan berhadapan dengan faktor-faktor tertentu dari lingkungan yang akan mempengaruhi terjadinya suatu kerusakan seperti temperatur, kelembaban, guncangan, zat kimia dan lain-lain.

Ada beberapa macam usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan dan suatu system (Mugiyarto, 2008), yaitu:

1. Membuat desain sistem dengan komponen-komponen yang mempunyai keandalan yang baik.
2. Membuat desain sistem sedemikian rupa sehingga mudah melakukan perawatan, yaitu untuk perbaikan dan inspeksi.
3. Mempergunakan komponen yang paralel dalam *stage* tertentu.
4. Mempersiapkan persediaan di antara *stage* yang penting.
5. Merencanakan perawatan pencegahan, seperti apakah suatu komponen kritis hanya diperbaiki saja atau perlu diganti sebelum ia mengalami kerusakan yang lebih parah.
6. Menyediakan persediaan *spare parts* dengan maksud memperkecil rata-rata waktu menganggur.

### 2.5.2 Fungsi Distribusi Keandalan

Pada dasarnya statistika sangat berperan didalam teori keandalan. karena keputusan dalam bidang perawatan berhubungan dengan permasalahan peluang. Sementara masa transisi peralatan dari kondisi baik ke kondisi rusak tidak dapat diketahui secara pasti

Para pakar menggambarkan perilaku kerusakan mesin atau peralatan dengan berbagai cara. Salah satunya melalui *Probability Density Function*, (*PDF*), fungsi kepadatan peluang. Fungsi ini menggambarkan besarnya peluang terjadinya kerusakan mesin pada waktu  $t$  yang disimbolkan dengan  $f(t)$ .

Cara lainnya melalui *Cummulative Distribution Function* (*CDF*), fungsi distribusi kumulatif. Fungsi ini sering disebut sebagai ketidakandalan atau fungsi kerusakan peralatan. Makna dari ini adalah peluang terjadinya kerusakan sebelum Waktu  $t$  (Ebeling, 1997).

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(t)dt \quad \dots (3)$$

Apabila variabel  $X$  dikaitkan dengan waktu kerusakan suatu peralatan, maka keandalan sebagai fungsi waktu  $t$  dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P(X > t) = R(t), t \geq 0 \quad \dots (4)$$

Disini  $R(t)$  menggambarkan kemungkinan peralatan dapat berfungsi setelah beroperasi selama  $t$  satuan waktu. Secara matematis fungsi keandalan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - F(t) \\ R(t) &= 1 - P(X \leq t) \end{aligned} \quad \dots (5)$$

dimana  $F(t)$  adalah fungsi distribusi peralatan. Kemudian apabila waktu kerusakan peralatan sebagai variabel acak mempunyai fungsi kepadatan  $f(t)$ , maka :

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - F(t) \\ R(t) &= 1 - \int_{-\infty}^t f(t)dt \end{aligned}$$

$$R(t) = \int_1^{\infty} f(t) dt \quad \dots (6)$$

### 2.5.3 Keandalan Dari Sistem

Komponen dengan suatu sistem mungkin dihubungkan dengan suatu sistem lainya di dalam dua jalur utama, tidak terkecuali serial atau pararael konfigurasi. Dalam series semua komponen harus berfungsi untuk suatu sistem fungsi. Di dalam Pararel atau redundan, konfigurasi, paling sedikit satu komponen harus berfungsi dalam sistem fungsi. Itu berarti, semua komponen diartikan sebagai kritis yang mana fungsinya harus ditunjukkan dalam suatu sistem yang berkelanjutan.

Jika setiap komponen memiliki kerusakan yang konstan ( $\lambda_i$ ), keandalan sistem (Ebeling, 1997), yaitu :

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) = \prod_{i=1}^n \exp(-\lambda_i t) = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right) = \exp(-\lambda_s t) \quad \dots (7)$$

Dimana  $\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ . Dari (2.10) jelas sistem juga mempunyai kerusakan yang konstan. Jika kerusakan komponen berdistribusi *Weibull* maka,

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n \exp R_i \left[ -\left(\frac{t}{\theta_i}\right)^{\beta_i} \right] = \exp \left[ -\sum_{i=1}^n \left(\frac{t}{\theta_i}\right)^{\beta_i} \right] \quad \dots (8)$$

### 2.5.4 Laju Kerusakan (*Failure Rate*)

Frekuensi rata – rata dari di dalam beberapa peralatan yang gagal / rusak dinamakan laju kerusakan (Juarez, 2008). Distribusi kerusakan tergantung pada laju kerusakanya, yang di gambarkan sebagai probabilitas kerusakan sebelum waktu yang lebih spesifik.

Untuk mengenal laju kerusakan dapat membayangkan sebuah tes atau percobaan yang dilakukan, dimana percobaan tersebut dilakukan dalam jumlah yang besar terhadap komponen-komponen yang identik dioperasikan dan waktu untuk gagal (*time of failure*) setiap komponen dicatat. Perkiraan laju kegagalan setiap komponen untuk titik waktu adalah rasio dari jumlah item yang gagal dalam interval waktu terhadap populasi awal pada waktu operasi dimulai. Maka laju kegagalan sebuah perawatan pada waktu  $t$  adalah peluang peralatan tersebut akan gagal dalam interval waktu selanjutnya dengan syarat peralatan tersebut berfungsi pada waktu awal interval.

### 2.5.5 Karakteristik Fungsi Laju Kerusakan

Sesuai dengan teori tentang fungsi, fungsi laju kerusakan mempunyai karakteristik tertentu. Dikaitkan dengan perubahan waktu, karakteristik ini dapat digolongkan menjadi 3 bagian. Misalnya untuk setiap harga  $t_2 > t_1$ , maka apabila:

1.  $h(t_2) > h(t_1)$ , maka  $h(t)$  adalah monoton naik.
2.  $h(t_2) < h(t_1)$ , maka  $h(t)$  adalah monoton turun.
3.  $h(t_2) = h(t_1)$ , maka  $h(t)$  adalah monoton tetap.

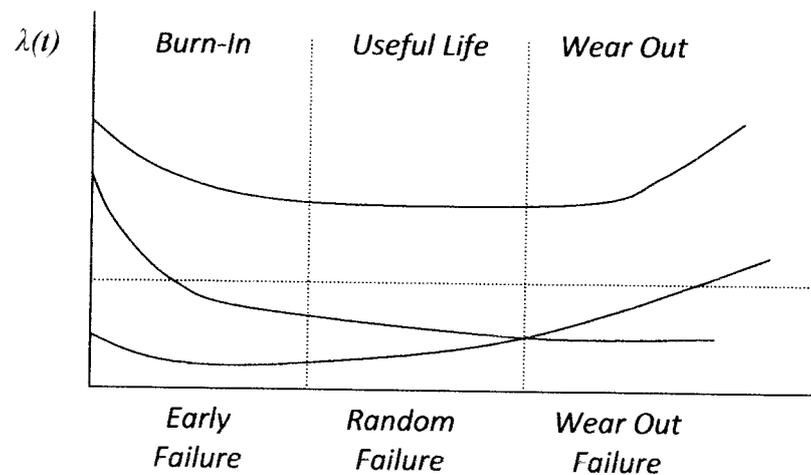
Dengan memperhatikan bentuk kurva fungsi laju kerusakan distribusi Weibull, Normal dan Eksponensial maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Fungsi laju kerusakan berdistribusi *Weibull* dengan  $\beta > 1$  dan fungsi kerusakan berdistribusi normal adalah monoton naik.
2. Fungsi laju kerusakan berdistribusi *Weibull* dengan  $\beta = 1$  dan fungsi kerusakan eksponensial adalah monoton tetap.
3. Fungsi laju kerusakan berdistribusi *Weibull* dengan  $\beta < 1$  monoton turun.

Bagi sistem yang mempunyai fungsi tingkat kerusakan monoton naik berarti dengan bertambahnya waktu, tingkat kerusakan semakin meningkat. Fenomena seperti itu yang menyebabkan mesin perlu dilakukan perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan lebih berat yang tentunya akan memerlukan biaya perawatan yang lebih mahal.

### 2.5.6 Kurva Bak Mandi (*Bath Tub Curve*)

Kurva bak mandi (*Bath Tub Curve*) atau kurva laju kerusakan merupakan suatu kurva yang menunjukkan pola laju kerusakan sesaat yang umum bagi suatu produk. Pada umumnya laju kerusakan suatu sistem selalu berubah sesuai dengan bertambahnya waktu. Bentuk umum dari kurva tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2. *Bath Tub Curve*

#### 1. *Early failures* (kegagalan awal)

Kegagalan ini dapat terjadi pada awal kondisi yang disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah:

- a. Penggunaan material/*part* yang tidak berkualitas.

- b. Tenaga kerja yang bekerja dibawah standar.
- c. Inspeksi yang kurang baik.
- d. Kesalahan-kesalahan yang diakibatkan oleh manusia.

Kegagalan awal ini dapat ditanggulangi dengan melakukan pengujian terlebih dahulu terhadap material/*part* yang diuji memiliki kualitas yang baik, sehingga dapat digunakan sesuai dengan kondisi dan waktu operasi yang telah ditentukan serta tidak sering menimbulkan masalah yang dapat mengganggu kelancaran proses produksi.

### 2. *Random failures* (kegagalan acak)

Kegagalan acak ini dapat terjadi pada saat mesin sedang dalam keadaan operasi. Kegagalan ini terjadi secara acak, karena disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah:

- a. Kerusakan yang disebabkan oleh manusia.
- b. Kerusakan alamiah (lingkungan sekitar pabrik yang berdebu, dll).
- c. Kerusakan yang tidak diketahui penyebabnya.

### 3. *Wear out failures* (kegagalan karena usang)

Kegagalan ini disebabkan oleh umur mesin yang sudah tua, sehingga sering menyebabkan kerusakan sebelum dilakukan penggantian komponen. Laju kerusakan akan cenderung meningkat pada periode waktu. Dengan adanya peningkatan tersebut, menunjukkan bahwa sudah waktunya untuk melakukan penggantian material/*part*, karena umur penggunaan sudah berakhir.

Kegagalan yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah :

- a. Kelelahan yang terjadi diakibatkan aus pada mesin.

- b. Kelelahan akibat umur pemakaian penggunaan.
- c. Kelelahan akibat timbulnya korosi pada peralatan.
- d. Perawatan yang kurang baik.

## 2.6 Availability (Ketersediaan)

Availabilitas merupakan peluang dimana komponen atau sistem dapat melakukan fungsi yang diharapkan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan jika dioperasikan dan dirawat dengan kondisi yang ditentukan.

Secara matematis *availability* merupakan rasio waktu operasional dibagi waktu total, yang merupakan penjumlahan waktu operasional ditambah dengan waktu berhenti.

$$\text{Availabilitas} = \frac{\text{Uptime}}{\text{Uptime} + \text{Downtime}} \quad \dots (9)$$

Dimana :

*Uptime* : Merupakan waktu selama mesin dapat bekerja

*Downtime* : Merupakan waktu dimana mesin tidak dapat melaksanakan pekerjaannya.

## 2.7 Distribusi Kerusakan

Beberapa jenis fungsi distribusi kemungkinan yang sering digunakan untuk menganalisa masalah perawatan, diantaranya :

### 2.7.1 Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi yang paling banyak di gunakan untuk waktu kerusakan karena distribusi ini dapat digunakan baik untuk laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Dua

parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah  $\theta$  yang disebut dengan parameter scalar dan  $\beta$  yang disebut parameter bentuk.

### 2.7.2 Distribusi Normal

Distribusi normal yang dikenal dengan bentuknya yang seperti genta dan mempunyai dua parameter bentuk yaitu  $\mu$  dan  $\sigma$

Bentuk integral dari fungsi distribusi normal sukar diatasi, tetapi dengan menggunakan bantuan tabel normal. Maka kesulitan tersebut dapat diatasi

### 2.7.3 Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal adalah distribusi yang berguna untuk mendeskripsikan distribusi kerusakan dalam berbagai situasi yang bervariasi. Distribusi ini dimengerti hanya untuk  $t$  positif dan lebih sesuai dari distribusi normal dalam hal kekuasaan. Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah  $t_{med}$  yang disebut dengan parameter lokasi dan  $s$  yang disebut parameter bentuk.

### 2.7.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang paling sering digunakan dalam distribusi keandalan. Distribusi eksponensial sering digunakan untuk menggambarkan distribusi kerusakan komponen dan sangat cocok ketika komponen yang masih digunakan secara statistik masih sebagus ketika baru pertama kali dipakai. Distribusi ini mempunyai laju kerusakan yang tetap terhadap waktu dan tidak tergantung dengan umur komponen

sehingga sangat sesuai digunakan dalam menerangkan peralatan yang terdiri dari beberapa komponen dan menjelaskan kerusakan peralatan yang disebabkan fenomena acak.

## 2.8 Parameter Untuk Setiap Distribusi

### 2.8.1 Parameter untuk distribusi Eksponensial

$$x_i = t_i \quad \dots (10)$$

$$y_i = \ln \left\{ \frac{1}{(1 - F(t_i))} \right\} \quad \dots (11)$$

$$F(t_i) = \frac{(i - 0.3)}{(n + 0.4)} \quad \dots (12)$$

$$\text{parameter :} \quad \lambda = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad \dots (13)$$

Dimana :  $t_i$  = *Time to Failure* (repair ke- $i$ )

$i$  = urutan data kerusakan

$n$  = jumlah data kerusakan

### 2.8.2 Parameter untuk Distribusi Weibull

$$x_i = \ln t_i \quad \dots (14)$$

$$y_i = \ln \ln \left\{ \frac{1}{(1 - F(t_i))} \right\} \quad \dots (15)$$

$$F(t_i) = \frac{(i - 0.3)}{(n + 0.4)} \quad \dots (16)$$

$$b = \frac{n \sum_i x_i y_i - \left( \sum_i x_i \sum_i y_i \right)}{n \sum_i x_i^2 - \left( \sum_i x_i \right)^2} \quad \dots (17)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \dots (18)$$

$$\text{parameter: } \theta = \exp^{\frac{-a}{\beta}} \quad \dots (19)$$

dimana:

- $t_i$  = *Time to Failure*
- $i$  = urutan data kerusakan
- $n$  = jumlah data kerusakan
- $\theta$  = parameter skala
- $\beta$  = parameter bentuk

### 2.8.3 Parameter untuk distribusi Normal

$$x_i = t_i \quad \dots (20)$$

$$F(t_i) = \frac{(i - 0.3)}{(n + 0.4)} \quad \dots (21)$$

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{t_i - \mu}{\sigma} \quad \dots (22)$$

$$b = \frac{n \sum_i x_i y_i - \left( \sum_i x_i \sum_i y_i \right)}{n \sum_i x_i^2 - \left( \sum_i x_i \right)^2} \quad \dots (23)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \dots (24)$$

$$\text{parameter } \sigma = \frac{1}{b} \quad \dots (25)$$

$$\mu = \frac{-a}{b} \quad \dots (26)$$

dimana:  $t_i$  = *Time to Failure*

- $i$  = urutan data kerusakan  
 $n$  = jumlah data kerusakan  
 $Z_i$  = dari table distribusi normal  
 $\mu$  = rata- rata

#### 2.8.4 Parameter untuk distribusi Log Normal

$$x_i = \ln t_i \quad \dots (27)$$

$$F(t_i) = \frac{(i - 0.3)}{(n + 0.4)} \quad \dots (28)$$

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{1}{s} \ln i - \left( \frac{1}{s} \ln t_{med} \right) \quad \dots (29)$$

$$b = \frac{n \sum_i x_i y_i - \left( \sum_i x_i \sum_i y_i \right)}{n \sum_i x_i^2 - \left( \sum_i x_i \right)^2} \quad \dots (30)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \dots (31)$$

parameter:  $s = \frac{1}{b}$  ... (32)

$$t_{med} = \exp^{as} \quad \dots (33)$$

- dimana:
- $t_i$  = *Time to Failure*  
 $i$  = urutan data kerusakan  
 $n$  = jumlah data kerusakan  
 $Z_i$  = dari table distribusi normal  
 $s$  = parameter bentuk  
 $t_{med}$  = parameter lokasi

## 2.9 Identifikasi Awal Dengan Metode Least Square Curve Fitting

Identifikasi awla dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *probability plot* dan *least-square curve fitting*. *Probability plot* digunakan bila jumlah sample terlalu kecil atau data yang digunakan tidak lengkap sedangkan metode yang digunakan disini adalah metode *least-square curve fitting* yang dinilai lebih akurat dibanding *probability plot* karena tingkat subjektifitas untuk menilai kelurusan garis menjadi berkurang . Dengan *least-square curve fitting* distribusi yang terpilih adalah distribusi yang nilai *index of fit*-nya terbesar. *Index of fit (r)* adalah koefisien korelasi yang menunjukkan kekuatan hubungan secara linear antara variabel x dan y (Saputra, 2007). Nilai koefisien (r) berada diantara 0 dan 1 ( $0 < r < 1$ ) jika semakin besar nilai *index of fit* di dalam suatu distribusi sebaran data (mendekati 1) maka data tersebut makin sesuai dengan distribusi tersebut begitu pula dengan sebaliknya jika r mendekati 0 maka menunjukkan hubungan linier yang lemah antara variabel x dan y.

Dalam mengidentifikasi distribusi kerusakan atau perbaikan suatu komponen dengan metode *least-square curve fitting* digunakan *index of fit (r)* yang merupakan ukuran hubungan linear antara peubah x dan y. Dimana r diperoleh dengan rumus (Walpole, 1992).

Perhitungan umum pada *least-squares curve fitting* (Ebeling, 1997), yaitu :

1) Perhitungan Plotting Position ( F (ti) ) :

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4} \quad \dots (34)$$

2) Perhitungan *Index of fit ( r )* :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad \dots (35)$$

Dimana : n adalah jumlah kerusakan yang terjadi.

3) Gradien :

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad \text{untuk distribusi Weibull, Normal dan}$$

Lognormal ... (36)

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad \text{untuk distribusi Eksponensial} \quad \dots (37)$$

Dimana : n adalah jumlah kerusakan yang terjadi.

## 2.10 Mean Time To Failure

*Mean Time To Failure (MTTF)* merupakan nilai rata-rata waktu kegagalan dari sebuah sistem/ komponen (Linawati, 2005).

Mean Time To failure adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh *probability density function*  $f(t)$  sebagai berikut:

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

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad \dots (38)$$

2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk memproduksi (atau jasa) dan mendapatkan laba investasi (*return of investment*) maksimum yang mungkin.
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadaman kebakaran dan penyelamat, dan sebagainya.
4. Menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Bagian perawatan berkaitan erat dengan proses produksi karena kegagalan kegiatan perawatan sangat mengganggu kelancaran proses produksi. Dengan adanya kegiatan perawatan yang baik dan efektif, akan mencegah timbulnya kerusakan (*breakdown*) pada waktu yang telah diperkirakan terlebih dahulu.

#### **2.4 Mesin Kritis Dan Komponen Mesin Kritis**

Mesin kritis adalah mesin yang mengalami frekwensi kerusakan terbesar dengan total downtime terbesar. Untuk penentuan mesin kritis ini, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengukur lamanya waktu downtime produksi dari tiap-tiap mesin yang ada (Pratiwi, 2007).

Program perawatan untuk peralatan maupun mesin harus dilakukan secara terencana. Namun demikian, disadari pula bahwa tidak mungkin membuat suatu program yang merencanakan sistem perawatan untuk semua mesin dipabrik atau tidak mungkin semua kerusakan dapat diatasi. Tetapi dengan adanya program perawatan tersebut sekurang-kurangnya akan dapat mengatasi masalah-masalah yang ada. Usaha yang mendasar dalam merencanakan perawatan pencegahan yaitu dengan cara memberikan perhatian serius pada mesin kritis dan unit atau komponen kritis dari mesin tersebut. Suatu mesin

dapat dikategorikan sebagai mesin kritis apabila memiliki jumlah frekuensi kerusakan dan jumlah *stop hour* terbanyak dibanding mesin lainnya. Sedangkan suatu komponen atau unit dapat dikualifikasikan kritis apabila :

1. Kerusakan unit itu dapat membahayakan kesehatan atau mengancam keselamatan penggunaannya.
2. Kerusakan unit dapat mempengaruhi kualitas dari produk.
3. Kerusakan unit dapat menimbulkan kemacetan produksi.
4. Biaya investasi untuk unit itu sangat mahal.

Dan untuk mengetahui mesin kritis serta komponen kritis dari suatu mesin dilakukan analisa terhadap frekwensi kerusakan, persentase dari frekwensi kerusakan, persentase kumulatif dari persentase frekwensi kerusakan, Jumlah *stop hour*, persentase dari *stop hour*, serta persentase kumulatif dari persentase *stop hour* terhadap mesin dan komponen mesin yang diteliti.

Analisa frekwensi kerusakan mesin atau komponen ke- $n$  ( $F_n$ ) didapat dari menjumlahkan semua kerusakan yang terjadi terhadap mesin dan komponen mesin selama periode penelitian. Sedangkan analisa jumlah *stop hour* didapatkan dari menjumlahkan waktu dari mulai mesin dan komponen dari mesin tersebut rusak atau Break Down sampai waktu selesai diperbaiki.

Perhitungan persentase dari frekwensi kerusakan dapat dicontohkan sebagai berikut :

$$Xk_n = \frac{F_n}{\sum F} \times 100\% \quad \dots (1)$$

Dimana :  $Xk_n$  = Persentase dari frekwensi kerusakan mesin  
atau komponen ke- $n$  (%)

$F_n$  = frekwensi kerusakan mesin atau komponen

Perhitungan MTTF untuk setiap distribusi:

$$1. \text{ Distribusi eksponensial} \quad MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad \dots (39)$$

$$2. \text{ Distribusi Weibull} \quad MTTF = \theta \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad \dots (40)$$

$$3. \text{ Distribusi Normal} \quad MTTF = \mu \quad \dots (41)$$

$$4. \text{ Distribusi Log Normal} \quad MTTF = t_{med} \exp^{\frac{s^2}{2}} \quad \dots (42)$$

### 2.11 *Maintainability* (Kemampuan Perawatan)

*Maintainability* adalah suatu peluang dari suatu alat beroperasi kembali dalam periode perawatan tertentu setelah kegiatan perawatan telah dilakukan sebelumnya. Untuk mengukur *maintainability* ini, waktu kerusakan dari suatu alat harus diketahui. *MTTR* (waktu rata-rata reparasi) merupakan rata-rata waktu perbaikan sama dengan *MTTF*.

### 2.12 Interval Pemeriksaan Optimal

Dalam melaksanakan tindakan perawatan, selain melakukan penggantian pencegahan juga diperlukan tindakan pemeriksaan yang dilakukan secara berkala, model pemeriksaan ini mengikuti model yang dikemukakan oleh Jardine. Melalui model pemeriksaan ini diharapkan dapat diperoleh suatu pemecahan yang dapat mengidentifikasi level yang paling optimum untuk melakukan kegiatan pemeriksaan dan selanjutnya diharapkan bahwa efek dilaksanakannya kegiatan pemeriksaan menurut level tersebut akan dapat mengurangi laju kerusakan mesin, meminimalkan

*downtime* yang akan meningkatkan tingkat ketersediaan operasi mesin, yang akan membawa dampak bagi terjaminnya layanan pemakai bersih.

Total *downtime* setiap waktu dapat dijabarkan dalam bentuk suatu fungsi dari frekuensi pemeriksaan ( $n$ ) yaitu (Jardine, 1973) :

$D(n)$  = *downtime* yang terjadi kerana perbaikan per unit waktu + *downtime* yang terjadi karena pemeriksaan per unit waktu.

$$D(n) = \lambda(n)T_f + nT$$

Dimana :

- $\lambda(n)$  adalah laju kerusakan yang terjadi

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga : } \lambda'(n) = -\frac{k}{n^2} \quad \dots (43)$$

- $k$  adalah nilai konstan dari jumlah kerusakan (*breakdown*) per satuan waktu.

$$K = \frac{\text{Frekuensi jumlah kerusakan}}{\text{Periode terjadinya kerusakan}} \quad \dots (44)$$

- $T_f$  adalah waktu rata-rata untuk melakukan penggantian ( $\frac{1}{\mu}$ )
- $T_i$  adalah waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan ( $1/i$ )
- $n$  adalah jumlah pemeriksaan (frekuensi) yang dilakukan per satuan waktu

Sehingga :

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n\mu} + \frac{n}{i}$$

Jika persamaan  $D(n)$  diatas dideferensikan akan terjadi :

$$D'(n) = -\frac{k}{n^2\mu} + \frac{1}{i} = 0$$

$$\text{Sehingga frekuensi pemeriksaan : } n = \sqrt{\frac{k.i}{\mu}} \quad \dots (45)$$

### 2.13 Ekspektasi Biaya Kebijakan *Repair* dan *Preventive maintenance*

Perhitungan ini dimaksudkan untuk memberi perbandingan apakah layak preventive maintenance diusulkan dan apakah *Preventive Maintenance* lebih baik dari pada *Repair Maintenance* bila dilihat dari segi biaya perawatan.

Rumus yang digunakan adalah (Noldi, 2006) :

a. Biaya Repair ( $C_r$ )

$$C_r = \text{Biaya pekerja per orang per jam} \times \text{MTTR} \quad \dots (46)$$

b. Biaya Preventive ( $C_m$ )

$$C_m = \text{Biaya pekerja per orang per jam} \times \text{Waktu pemeriksaan Blade} \dots (47)$$

c. Ekspektasi Biaya kebijaksanaan Reparasi ( $TC_r$ )

Rata – Rata kerusakan dari komponen Blade (B) per bulan :

$$B = \frac{\text{Jam beroperasi mesin}}{\text{MTTF}} \quad \dots (48)$$

$$TC_r = B \times C_r \quad \dots (49)$$

d. Ekspektasi Biaya kebijaksanaan Perawatan *Preventive* ( $TC_m$ )

$$TC_m = \frac{\text{Jumlah Komponen mesin} \times C_m}{n} \quad \dots (50)$$