

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Struktur penyusunan tinjauan pustaka harus didasari pada teori-teori yang mendukung topik yang dibahas. Pada topik Perancangan Sistem Perawatan Mesin ini, struktur penulisan tinjauan pustaka disusun mulai dengan pengertian dari perawatan. Tinjauan pustaka berisi penjelasan mengenai apa yang dimaksud dengan perawatan dan bagian-bagian yang berhubungan dengan perawatan dan jenis-jenis perawatan kemudian analisa kerusakan. Analisa kerusakan ini perlu dijelaskan karena merupakan salah satu penyebab perlu dilakukannya perawatan, dijelaskan pula jenis-jenis dari kerusakan itu.

Lebih lanjut menjelaskan mengenai teori keandalan, rumus-rumus dan cara menghitung keandalan mesin yang akan dirawat, model distribusi dari data yang ada dan MTTF, serta penjelasan mengenai replacement decision, yang berisi penjelasan dan rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan model perawatan yang optimal dengan biaya yang minimal.

### 2.1. Pengertian Perawatan

Perawatan merupakan suatu kegiatan atau aktivitas pemeliharaan, menjaga fasilitas atau peralatan dan mengupayakan perbaikan atau penggantian komponen yang rusak agar mesin dapat berfungsi dengan baik dan produksi dapat berjalan sesuai dengan rencana. Adapun tujuan dari perawatan antara lain adalah:

- a. Menjaga kegiatan produksi tetap berjalan lancar sesuai dengan rencana.
- b. Menjaga kondisi mesin agar tidak terjadi kemacetan pada saat proses produksi sedang berjalan.
- c. Menjaga kualitas produk agar sesuai dengan standart yang telah disesuaikan.
- d. Meminimalkan biaya yang timbul akibat rusaknya mesin-mesin produksi.
- e. Mengurangi resiko kecelakaan atau hal yang membahayakan resiko keselamatan pekerja pada mesin produksi yang mengalami *failure*.

Pada umumnya kegiatan perawatan dilakukan dalam suatu pabrik dapat dibedakan menjadi :

1. *Corrective maintenance*

*Corrective maintenance* yaitu perawatan yang dilakukan terhadap mesin bila mesin tersebut sudah mengalami kerusakan, atau lebih sering disebut sebagai reparasi, yaitu memperbaiki mesin yang rusak.

2. *Preventive maintenance.*

*Preventive maintenance* merupakan suatu kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi.

*Preventive maintenance* dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. *Septematic maintenance* : merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan mesin-mesin dan fasilitas produksi secara teratur dengan adanya jadwal yang tetap.
2. *Condition Based maintenance* : merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan mesin-mesin fasilitas produksi yang bergantung pada analisa keputusan untuk mengganti atau tidak komponen-komponen peralatan tersebut. Kondisi ini biasanya diterapkan pada mesin yang jika *breakdown* mengakibatkan kerugian yang lebih besar dari *septematic maintenance*.

Beberapa Kriteria yang perlu diperhatikan dalam menentukan kebijakan perawatan yaitu:

- Meminimalkan biaya perawatan, yaitu mengurangi biaya yang terjadi akibat kerusakan mesin.
- Meminimalkan *downtime*, yaitu mengurangi waktu mesin berhenti akibat terjadi kerusakan mesin guna mengurangi biaya kehilangan produksi.
- Memaksimalkan *avaibilitas*, dengan meminimalkan *downtime* maka *avaibilitas* akan bertambah.

## 2.2. Kerusakan / Failure

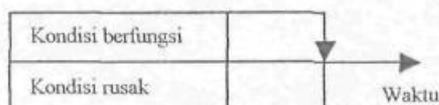
Mesin atau peralatan dikatakan rusak bila mesin atau peralatan tersebut tidak dapat dijalankan/digunakan sesuai dengan fungsinya secara baik dan lancar. Kerusakan dari mesin tersebut salah satunya dapat disebabkan oleh *human error* dimana mesin tersebut tidak dijalankan sesuai dengan standar mesin tersebut.

Biaya untuk memperbaiki kerusakan mesin tidaklah murah. Disamping biaya perbaikan masih terdapat biaya-biaya yang lain misalnya biaya kehilangan produksi. Hal penting yang dapat kita amati disini adalah gejala kerusakan yang hanya diselesaikan dengan tindakan *corrective maintenance*, tanpa berusaha melakukan penelitian terhadap penyebab kerusakan dan tindakan pencegahan maka dapat dipastikan biaya yang dikeluarkan akan lebih besar.

Terdapat 2 macam pola fungsional dari piranti berdasarkan kerusakannya :

### 1. Piranti tak tereparasi

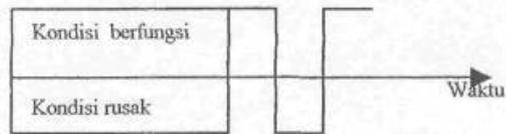
Tanpa memandang apa penyebabnya, suatu kerusakan akan membawa sebuah piranti ke keadaan baru. Pada beberapa piranti,transisi ke keadaan baru ini mengakibatkan piranti tersebut tidak dapat dipakai lagi. Piranti-piranti yang tergolong jenis ini disebut piranti tak tereparasi, dapat dilihat gambar dibawah ini



Gbr 2.2.1. Pola Functional dari Piranti Tak Tereparasi

### 2. Piranti tereparasi

Piranti tereparasi adalah sesudah mengalami kerusakan piranti tersebut masih dapat dikembalikan ke kondisi berfungsi kembali, dapat dilihat dalam gambar dibawah ini.



Gbr 2.2.2. Pola Functional dari Piranti Tereparasi

### 2.3. Pengertian Keandalan

Pengertian keandalan secara umum adalah sebagai kemampuan atau tingkat berfungsinya suatu komponen. Suatu peralatan / mesin dikatakan andal jika alat tersebut berfungsi dengan baik dan lancar sebagaimana mestinya, jika alat tersebut tidak berfungsi dengan baik dan lancar sebagaimana mestinya maka alat tersebut dikatakan tidak andal.

Keandalan juga dapat berarti menyatakan tingkat peluang suatu piranti menjalankan fungsi yang telah didefinisikan kepadanya, sesuai dengan desain piranti tersebut, secara memuaskan dalam kondisi operasional tertentu dan dalam periode waktu tertentu pula.

Dalam perhitungannya, keandalan memasukkan aspek-aspek statistik maupun teknik yang memperhatikan rangkaian perjalanan hidup suatu sistem mulai dari perencanaan, produksi, pengendalian kualitas, operasional, perawatan dan juga pengiriman.

#### 2.3.1. Fungsi keandalan

Keandalan dari suatu sistem dapat dikatakan merupakan probabilitas dari suatu sistem yang dapat berjalan dengan baik untuk melakukan tugas tertentu. Nilai keandalan berkisar antara 0 dan 1, karena merupakan fungsi probabilitas. Karena keandalan juga ditentukan oleh waktu sebagai variabel random maka diperlukan suatu fungsi keandalan.

Dapat dinotasikan sebagai berikut :

$R(t)$  : Probabilitas sistem dapat berfungsi dengan baik selama  $(0,t)$  sehingga  $R(t) = P\{\text{peralatan beroperasi pada saat } t\}$

Jika  $x$  menyatakan umur suatu peralatan maka :

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

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

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

Dimana  $F(t)$  : merupakan *Cumulative Distribution Function* (CDF) umur (*Lifetime*) peralatan dan  $R(t)$  merupakan fungsi keandalan. Berikutnya adalah *Probability Density Function* (PDF) yang menyatakan bentuk dari distribusi kegagalan sistem. Fungsi PDF ini dinyatakan sebagai:

$$\begin{aligned} f(t) &= \frac{dF(t)}{dt} \\ &= \frac{d(1 - R(t))}{dt} \\ &= \frac{-dR(t)}{dt} \\ R(t) &= 1 - \int_0^t f(t)dt \\ &= \int_t^{\infty} f(t)dt \end{aligned} \quad (2.1)$$

### 2.3.2. Model Distribusi

Dalam analisa keandalan terdapat beberapa distribusi statistik yang umumnya digunakan dan biasanya berbeda satu sama lainnya tergantung pada karakter kerusakan yang terjadi.

- Distribusi Normal

$$\text{PDF: } f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.2)$$

$$\text{CDF: } F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (2.3)$$

Atau dengan bantuan tabel normal standar dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{CDF: } F(t) = N\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right] \quad (2.4)$$

Fungsi Keandalan:

$$R(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (2.5)$$

*Mean Time To Failure* (MTTF) untuk distribusi normal =  $\mu$  (2.6)

- Distribusi Lognormal

$$\text{PDF: } f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.7)$$

$$\text{CDF: } F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (2.8)$$

Atau dengan bantuan tabel normal standar dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{CDF: } F(t) = N\left[\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right] \quad (2.9)$$

Fungsi Keandalan:

$$R(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (2.10)$$

*Mean Time To Failure* (MTTF) untuk distribusi lognormal =  $\exp \mu$  (2.11)

dimana:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t_i \quad (2.12)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2} \quad (2.13)$$

- Distribusi Weibull

$$\text{PDF: } f(t) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (2.14)$$

$$\text{CDF: } F(t) = \int_0^t \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] dt \quad (2.15)$$

Fungsi Keandalan:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha} \quad (2.16)$$

$$\text{Mean Time To Failure (MTTF) untuk distribusi Weibull} = \beta \Gamma\left[\frac{1}{\alpha} + 1\right] \quad (2.17)$$

- Distribusi Eksponensial

$$\text{PDF: } f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (2.18)$$

$$\text{CDF: } F(t) = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (2.19)$$

Fungsi Keandalan:

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (2.20)$$

$$\text{Mean Time To Failure (MTTF) untuk distribusi eksponensial} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.21)$$

### 2.3.3 Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time Between Failure (MTBF).

*Mean Time / mean life* adalah rata-rata atau waktu ekspektasi terjadinya kegagalan dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. *Mean life* ini disebut juga MTBF atau MTTF. MTBF digunakan untuk unit-unit tereparasi, yang dapat digunakan lagi setelah proses reparasi karena terjadinya kegagalan. Sedangkan MTTF digunakan untuk unit-unit tak tereparasi, dan seringkali digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi masa pakai yang dinotasikan dengan  $E(t)$ , sehingga ekspektasi kerusakan dapat ditulis dengan:

$$E(t) = \int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt \quad (2.22)$$

karena  $t$  selalu positif maka persamaan menjadi :

$$\begin{aligned} E(t) &= \int_0^{\infty} t f(t) dt & (2.23) \\ &= \int_0^{\infty} t dF(t) \\ &= \int_0^{\infty} t d(1 - R(t)) \end{aligned}$$

$$= -\int_0^{\infty} t dR(t)$$

dengan integral parsial :

$$\int uv = uv - \int v$$

$$\text{misal } u = t \quad \text{maka } du = dt$$

$$dv = dR(t) \quad \text{maka } v = R(t)$$

$$E(t) = -tR(t) + \int_0^{\infty} R(t)$$

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

Maka persamaan MTTF diatas menjadi :

$$\text{MTTF} = E(t) = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.24)$$

#### 2.4. Replacement Decision

*Replacement decision* ini bertujuan untuk menentukan interval waktu penggantian komponen yang optimal. Dan model penggantian yang akan digunakan adalah mengasumsikan bahwa sistem akan kembali ke kondisi seperti baru kembali setelah terjadi pergantian komponen. Dengan asumsi ini maka biaya-biaya yang timbul, distribusi kegagalan dan sebagainya akan selalu sama.

Piranti pengganti mempunyai kemampuan atau karakteristik-karakteristik lain yang lebih baik dari piranti yang digantikannya akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sistem.

Model Perhitungan Total Cost ( $T_c$ ) yang optimal

Bertujuan untuk menghitung interval waktu penggantian komponen yang optimal dengan biaya yang paling minimal. Untuk menentukan interval waktu dimana penggantian komponen harus dilakukan walaupun tidak terjadi kerusakan pada komponen tersebut agar dapat meminimumkan total biaya ekspektasi penggantian per satuan waktu. Rumus yang dipakai untuk menghitung  $T_c$  optimal adalah :

$$Tc(tp) = \frac{\text{total exp biaya penggantian dalam selang waktu } tp}{\text{panjang selang}}$$

$$Tc(tp) = \frac{E.\text{biaya penggantian preventive} + E.\text{biaya penggantian failure}}{\text{panjang selang}}$$

Sehingga rumus *Total Cost* menjadi:

$$Tc(tp) = \frac{(C_p * R(tp)) + (C_f * F(tp))}{T_p} \quad (2.25)$$

Keterangan:

- $TC(tp)$  : total ekspektasi biaya penggantian komponen per satuan waktu.
- $C_p$  : biaya akibat preventive replacement.
- $C_f$  : Biaya akibat failure replacement.
- $R(tp)$  : probabilitas komponen andal selama waktu  $tp$ .
- $F(tp)$  : probabilitas komponen gagal selama waktu  $tp$ .