

## **Bab 2**

### **Tinjauan Pustaka**

#### **2.1. *Maintenance***

##### **2.1.1. Definisi *Maintenance***

Menurut Budi Harsanto (2013), *maintenance* merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menjaga agar peralatan atau fasilitas dalam kondisi siap pakai. *Maintenance* juga bertujuan untuk menjaga fasilitas produksi berada pada kondisi yang optimal serta menjaga agar fasilitas tersebut tidak mudah mengalami kerusakan. Tindakan yang dilakukan pada saat *maintenance* ditujukan untuk mempertahankan, memperbaiki dan mengembalikan sistem pada suatu kondisi yang optimal. Kegiatan *maintenance* ini sangat berpengaruh pada kualitas produk, keselamatan, biaya produksi dan kapasitas produksi, maka dari itu kegiatan ini sangat penting untuk dilakukan.

A.K Verma juga berpendapat bahwa *maintenance* adalah kombinasi dari kegiatan teknis dan administrasi untuk memulihkan suatu sistem agar dapat melakukan fungsi yang diminta dengan performa baik. Tujuan dari *maintenance* sendiri adalah sebagai berikut:

1. Memastikan fungsi sistem seperti ketersediaan sistem, efisiensi sistem dan kualitas produk.
2. Memastikan umur sistem.
3. Memastikan keselamatan.
4. Memastikan kesejahteraan manusia.

Jika ada salah satu sistem rusak pada suatu perusahaan, maka proses produksi akan terhambat yang mengakibatkan turunnya kapasitas produksi dan berujung pada penurunan pendapatan perusahaan. Masalahnya pun bisa jadi ada pada pihak perusahaan yang tidak melakukan perawatan untuk sistem mereka karena

ongkosnya yang terlalu mahal serta mengabaikan perawatan rutin yang seharusnya dijalankan. Untuk itu perlu adanya perencanaan dan penjadwalan *maintenance* dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya serta dengan memperhatikan kriteria minimasi ongkos.

### **2.1.2. Jenis Maintenance**

Heizer (2011) mengatakan bahwa ada dua jenis pemeliharaan yang terdiri dari:

#### 1. *Preventive maintenance*

*Preventive maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan secara rutin yang dilakukan sebelum suatu sistem mengalami gagal fungsi. Kegiatannya meliputi inspeksi, perbaikan, pergantian, *cleaning*, lubrikasi, penyesuaian *setting* dan kalibrasi pada sistem yang akan dipelihara. Tujuan dari *preventive maintenance* adalah untuk mengoptimalkan umur dari sebuah sistem agar proses produksi sesuai rencana dari segi waktu, biaya dan kuantitasnya.

#### 2. *Corrective maintenance*

*Corrective maintenance* dilakukan pada saat suatu sistem mengalami kegagalan fungsi seperti produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar baik dari segi kualitas, kuantitas serta waktu proses operasinya. Kegiatan dari *corrective maintenance* ini meliputi pergantian atau perbaikan dari sistem yang mengalami kerusakan.

## **2.2. Uji Kolmogorov-Smirnov**

Uji Kolmogorov-smirnov merupakan salah satu uji non parametrik untuk memastikan bahwa data yang teramati telah mengikuti satu distribusi yang ditentukan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam uji Kolmogorov-smirnov ini adalah:

#### 1. Menentukan hipotesis

H0: Sampel mengikuti distribusi yang diinginkan

H1: Sampel tidak mengikuti distribusi yang diinginkan

#### 2. Menentukan nilai kriteria penerimaan

3. Melakukan uji statistik bisa menggunakan spss

4. Analisa perbandingan

Jika  $D_n < D_n$  tabel, maka  $H_0$  diterima yang artinya sampel mengikuti distribusi yang diinginkan.

### 2.3. Keandalan

Keandalan atau *Reliability* adalah peluang sebuah sistem atau mesin untuk dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya selama waktu atau keadaan yang telah ditetapkan. Keandalan dinyatakan sebagai persentase peluang, maka dari itu jika suatu komponen mempunyai keandalan sebesar 0,85 berarti peluang komponen tersebut untuk bekerja dengan baik sebesar 85% dari waktu yang telah ditetapkan. Hal ini juga berarti komponen tersebut mempunyai peluang kegagalan sebesar 15% atau dengan nilai 0,15.

Jardine (1973) mengatakan bahwa keandalan ini merupakan fungsi yang melengkapi distribusi kumulatif dari manajemen pemeliharaan. Keandalan juga disebut sebagai fungsi ketahanan yang ditentukan dari probabilitas ketahanan suatu peralatan dalam kurun waktu yang telah ditentukan. Pada distribusi Weibull, keandalan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_{t_i} = \exp\left[-\left(\frac{t_i}{\alpha}\right)^\beta\right] \dots \dots \dots (2.1.)$$

Dimana

$R_{t_i}$  adalah keandalan

exp adalah fungsi eksponensial

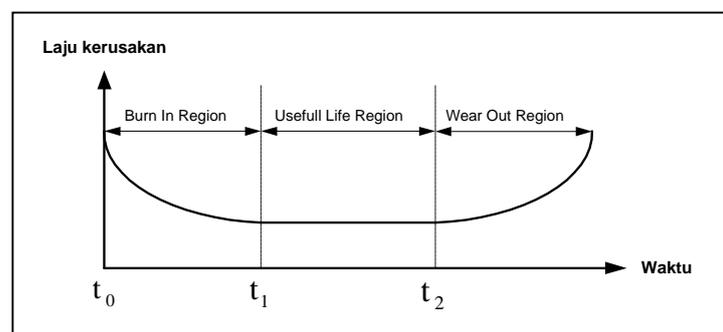
$t_i$  adalah periode waktu ke-i

$\alpha$  adalah parameter skala (alfa)

$\beta$  adalah parameter bentuk (beta)

## 2.4. Laju Kerusakan

Laju kerusakan adalah jumlah kerusakan yang terjadi selama waktu yang telah ditentukan. Menurut Jardine (1973) laju kerusakan dari peralatan pada waktu tertentu adalah probabilitas dimana peralatan tersebut akan mengalami kegagalan fungsi dalam interval waktu tertentu. A.K Verma (2007) mengatakan bahwa umur pakai suatu produk dapat di representasikan melalui grafik yang disebut dengan kurva *bathub*. Kurva ini terbagi dalam tiga area dan dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.1. Laju kerusakan

### a) Fase A kerusakan awal (*early failure*)

Fase kerusakan awal ini memberikan tanda bahwa laju kerusakan (*hazard rate*) suatu sistem mengalami penurunan. Fase ini dimulai dari  $t_0$  sampai  $t_1$ . Pada fase ini terjadi kerusakan dini dengan kurva menurun yang dapat dilihat pada titik  $t_1$ . Pada fase awal ini, kemungkinan terjadinya kerusakan akan lebih besar dibandingkan dengan fase selanjutnya.

### b) Fase B Kerusakan acak (*failure random in time*)

Pada fase ini laju kerusakan yang diperlihatkan cenderung stabil, ini dimulai dari  $t_1$  sampai  $t_2$  biasa disebut *usefull life*. Penyebab kerusakan yang terjadi pada fase ini biasanya adalah pemberian beban kerja yang melebihi batas kemampuan komponen atau kondisi ekstrim lainnya.

c) Fase C Pengoperasian melebihi umur komponen (*wear out operation*)

Laju kerusakan pada fase ini menunjukkan peningkatan yang terjadi pada titik t2 sampai seterusnya. Hal ini dikarenakan waktu penggunaan sudah melebihi batas umur komponen (*wear out*). Pergantian atau perawatan komponen memang sudah dilakukan pada titik t1 atau t2 tetapi permasalahannya adalah sulitnya mencari waktu yang tepat untuk melakukan kegiatan tersebut sehingga tidak optimalnya pembaruan yang telah dilakukan tersebut.

Menurut A.K Verma (2007), kurva *bath tube* ini dapat di representasikan dengan distribusi Weibull. Hal ini disebabkan karena bentuk distribusi Weibull dapat menyerupai berbagai macam pola dari laju kerusakan tergantung dari nilai parameter (beta) nya. Nilai laju kerusakan untuk distribusi Weibull dapat dilihat pada persamaan 2.2 berikut:

$$r_i = \frac{(n+0.4)}{(t-1+0.7)} \dots \dots \dots (2.2.)$$

Dimana

$r_i$  adalah laju kerusakan

$i$  adalah data ke- $i$

$n$  adalah jumlah data

**2.5. Mean Time to Failure**

*Mean time to failure* (MTTF) merupakan rata-rata waktu kerusakan dari sebuah sistem. Penentuan MTTF didasarkan pada data waktu kerusakan yang membentuk suatu distribusi. Untuk menentukan MTTF pada distribusi Weibull dapat menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$M = \alpha \Gamma(1 - \frac{1}{\beta}) \dots \dots \dots (2.3.)$$

Dimana

adalah parameter skala (alfa)

adalah parameter bentuk (beta)

$\Gamma$  adalah fungsi gamma

## 2.6. Distribusi Weibull

Menurut Smith (2001), distribusi Weibull digunakan untuk data yang laju kerusakannya bergantung pada umur sistem. Distribusi Weibull juga dapat digunakan untuk untuk memperlihatkan karakteristik dari kerusakan dan keandalan komponen. Parameter dari distribusi ini adalah (alfa) yang dapat mempengaruhi median dari pola data dan (beta) yang berguna untuk mengetahui tingkat kerusakan dari pola data. Bentuk dari distribusi Weibull ini dapat menyerupai bentuk dari distribusi lainnya, tergantung pada nilai sebagai berikut:

1.  $\alpha < 1$  : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi hyper-exponential dengan laju kerusakan cenderung menurun.
2.  $\alpha = 1$  : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.
3.  $\alpha > 1$  : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

Beberapa fungsi yang digunakan untuk mencari parameter pada distribusi Weibull adalah sebagai berikut (Jardine, 1973):

$$1. X = \ln[\ln(r(t))] \dots\dots\dots(2.4.)$$

$$2. Y = \ln(t_i) \dots\dots\dots(2.5.)$$

$$3. b = \frac{n \sum X \cdot Y - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(2.6.)$$

$$4. a = \frac{\sum Y}{n} - \left[ b \left( \frac{\sum X}{n} \right) \right] \dots\dots\dots(2.7.)$$

$$5. \alpha = \exp(a) \dots\dots\dots(2.8.)$$

$$6. \beta = \frac{1}{b} \dots\dots\dots(2.9.)$$

$$7. F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \dots\dots\dots(2.10.)$$

$$8. M_{(t)} = \frac{M}{F_{(t)}} \dots\dots\dots(2.11.)$$

Dimana:

n adalah jumlah data

t<sub>i</sub> adalah periode waktu ke-i

α adalah parameter skala (alfa)

β adalah parameter bentuk (beta)

MTTF adalah mean time to failure

Γ adalah fungsi gamma

R<sub>t</sub> adalah keandalan

F<sub>t</sub> adalah fungsi distribusi kumulatif

M<sub>t</sub> adalah waktu rata-rata terjadinya kerusakan

**2.7. Model Penggantian Pencegahan**

Memodelkan penggantian pencegahan dilakukan untuk menentukan interval waktu yang terbaik dalam melakukan penggantian komponen sehingga didapatkan ongkos yang minimal. Dalam menentukan model penggantian pencegahan dengan kategori minimasi ongkos penggantian, harus diketahui variabel-variabel ongkos seperti berikut:

$$1. BTP = \text{Jumlah tenaga kerja} \times G_p \times ha \times \text{waktu perawatan} \dots\dots(2.12.)$$

$$2. Cp = B_{pe} + B_{tp} \dots\dots\dots(2.13.)$$

$$3. BTG = \text{Jumlah tenaga kerja} \times G_p \times ha \times \text{waktu pergantian} \dots\dots(2.14.)$$

$$4. Cf = B_{pe} + B_{tp} \dots\dots\dots(2.15.)$$

Dimana

BTP adalah biaya teknisi perawatan

BTG adalah biaya teknisi pergantian

Cp adalah ongkos perawatan

Cf adalah ongkos pergantian

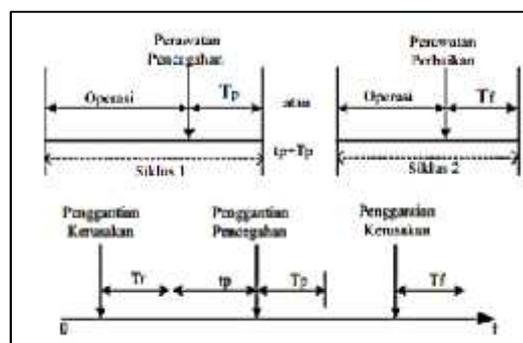
Model pergantian pencegahan ini mempunyai dua konsep yaitu model *age replacement* dan *block replacement*. Kedua model ini memiliki perbedaan dari pengaturan interval pergantiannya. Model *age replacement* mempunyai waktu interval pergantian sesuai dengan umur komponen, sedangkan model *block replacement* interval pergantiannya konstan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan dan tidak mempertikan umur komponen.

### 2.7.1. Model Age Replacement

Pada model *age replacement*, pergantian dilakukan dengan memperhatikan umur pergantian dan umur pakai dari komponen. Hal ini memungkinkan interval waktu pergantian sama dengan umur komponen peralatan dan jika terjadi kerusakan, maka jadwal pergantian akan menyesuaikan kembali setelah pergantian komponen. Model ini baik digunakan untuk komponen yang jika mengalami kerusakan maka tidak mempengaruhi komponen lain. Model ini mempunyai dua siklus pergantian, yaitu:

1. Siklus pencegahan, yaitu pergantian komponen sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Siklus ini diakhiri dengan kegiatan pergantian pencegahan.
2. Siklus kerusakan, yaitu pergantian komponen sebelum jadwal pergantian yang telah ditetapkan. Hal ini disebabkan karena komponen tersebut mengalami kerusakan sebelum jadwal pergantian yang telah direncanakan. Siklus ini diakhiri dengan pergantian kerusakan.

Siklus tersebut diilustrasikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Siklus *age replacement* (Jardine, 1973)

Jadwal untuk pergantian model *age replacement* dapat dilihat dari nilai  $C_{(tp)}$  terkecil dari periode waktu yang telah ditentukan. Untuk mendapatkan nilai  $C_{(tp)}$  dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{(t)} = \frac{(C_f \times R(t)) + (C_p \times [1 - R(t)])}{((t + T_f) \times R(t)) + ((M(t) + T_p) \times [1 - R(t)])} \dots\dots\dots(2.16.)$$

Dimana

$C_f$  adalah ongkos penggantian

$C_p$  adalah ongkos perawatan

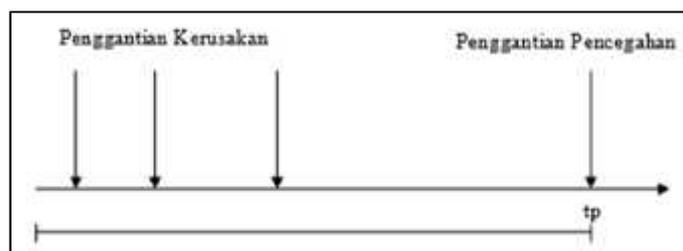
$T_f$  adalah waktu penggantian kerusakan

$T_p$  adalah waktu penggantian pencegahan

$t_p$  adalah interval waktu penggantian

**2.7.2. Model Block Replacement**

Berbeda dengan model *age replacement*, jadwal pergantian untuk model *block replacement* dilakukan pada interval waktu yang konstan tanpa memperhatikan umur pemakaian dari komponen. Model ini memungkinkan pergantian pada komponen yang baru saja diganti dalam kurun waktu yang berdekatan dan tentu saja model ini mempunyai ongkos yang lebih tinggi. Model ini juga cocok untuk pengguna yang menginginkan jadwal pergantian yang lebih sederhana karena waktu penggantian komponennya yang konstan dan ingin menjamin semua komponen diganti sebelum masa krisis rusaknya. Model *block replacement* diilustrasikan pada gambar 2.4 berikut ini



Gambar 2.3. Model *block replacement* (Jardine, 1973)

Sama seperti model *age replacement*, untuk menentukan interval penggantian komponen dapat dilihat dari nilai  $C_{(tp)}$  yang terendah dalam periode tertentu. Rumus dari model *block replacement* dapat diuraikan sebagai berikut:

$$1. H_t = \int_{t-1}^t \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right) dt \dots\dots\dots(2.17.)$$

$$2. C(t_1) = \frac{C_f + [C_p \cdot H_t]}{t_1 + T} \dots\dots\dots(2.18.)$$

Dimana :  $C_f$  adalah ongkos penggantian

$C_p$  adalah ongkos perawatan

$T_f$  adalah waktu penggantian kerusakan

$T_p$  adalah waktu penggantian pencegahan

$t_p$  adalah interval waktu penggantian

$H(t_p)$  adalah ekspektasi jumlah kerusakan dalam interval waktu.