

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Perawatan/ *Maintenance*

Apabila menginginkan kondisi mesin-mesin produksi selalu dalam kondisi fungsional yang baik, maka kegiatan perawatan atau pemeliharaan mesin-mesin merupakan aktivitas vital. Hal ini dikarenakan kegiatan pemeliharaan mesin menentukan kelancaran produksi.

Kegiatan pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai suatu aktifitas yang diperlukan untuk tetap menjaga suatu fasilitas berada dalam kondisi pengoperasian yang terbaik. *Maintenance* merupakan suatu kombinasi dari manajemen, keuangan, perekayasa (*engineering*) dan kegiatan lainnya yang diterapkan bagi aset fisik untuk mendapatkan biaya siklus hidup yang ekonomis; hal ini berhubungan dengan spesifikasi dan rancangan untuk keandalan serta kemampuan pemeliharaan dari pabrik, mesin-mesin, peralatan, bangunan dan strukturnya (Departemen Perdagangan dan Industri Inggris, April 1970).

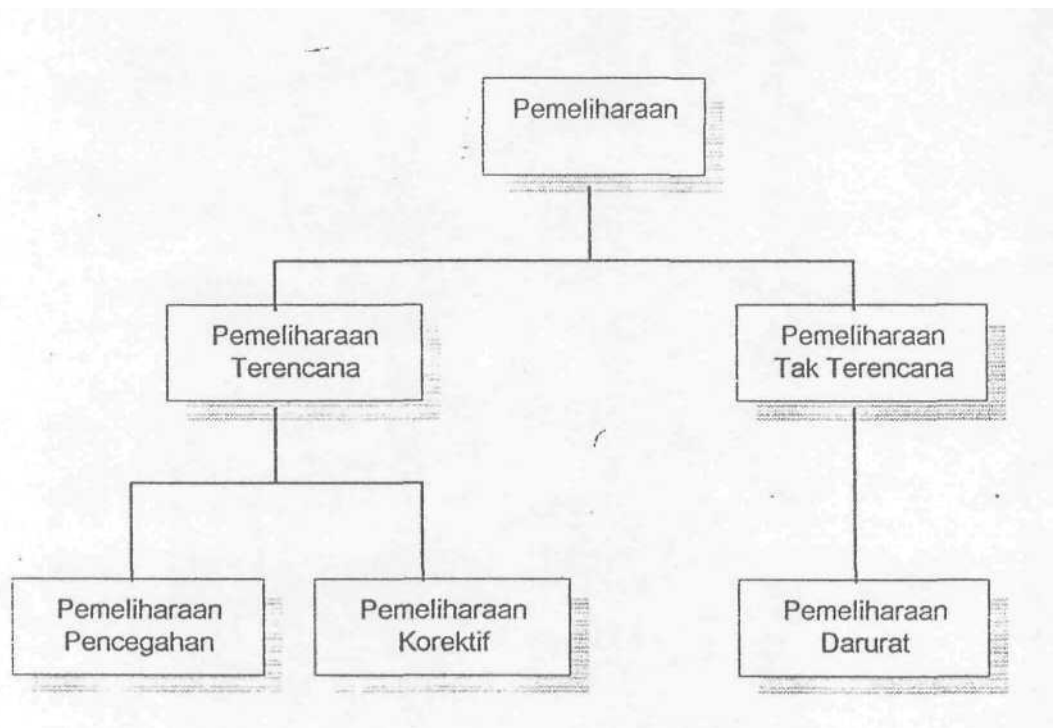
2.1.1. Tujuan Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan atau *mainlenance* memiliki beberapa tujuan, yaitu sebagai berikut:

- Memperpanjang usia kegunaan aset.
- Menjamin ketersediaan optimum peralatan produksi.
- Menjamin kesiapan operasional seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
- Menjamin keselamatan setiap orang yang menggunakan sarana yang ada.

2.1.2. K4acam-macam Pemeliharaan

Dalam kegiatannya, pemeliharaan atau *mainlenance* dapat dipilah-pilah menjadi pemeliharaan terencana dan tidak terencana. Berikut adalah bagan klasifikasi jenis pemeliharaan.



Gambar 2.1.2.1. Klasifikasi Jenis Pemeliharaan

Sumber: Corder, 1996

2.1.2. 1. Pemeliharaan Pencegahan

Yang dimaksud dengan pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) adalah suatu kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan pada selang waktu tertentu yang telah ditentukan sebelumnya/ telah direncanakan dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sebuah fasilitas (mesin, peralatan). Kegiatan yang termasuk ke dalam *preventive maintenance* ini adalah:

- Penggantian komponen minor
- Pemeriksaan (misal: penyetelan, pelumasan)

Pada pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*) penggantian komponen akan menambah biaya, yang disebabkan karena penggantian komponen atau *part* dilakukan sebelum komponen tersebut rusak. Karena hal tersebut maka perlu dilakukan perhitungan secara cermat kapan saat yang paling tepat (*optimal*) untuk melakukan penggantian komponen. Disamping itu diharapkan komponen-komponen yang akan dijadwalkan pengantiannya, meupakan komponen kritis di dalam sistem produksi yang ada.

2.1.2.2. Pemeliharaan Korektif

Yang dimaksud dengan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada saat suatu fasilitas (mesin/peralatan) atau sistem mengalami kerusakan atau gangguan yang mengakibatkan fasilitas tersebut tidak dapat menjalankan fungsinya dengan sebagaimana mestinya. Kegiatan pemeliharaan korektif ini sering juga disebut sebagai *repair maintenance*.

2.1.2.3. Pemeliharaan Darurat

Definisi pemeliharaan darurat ialah kegiatan pemeliharaan yang tak terencana dimana perlu segera dilaksanakan kegiatan pemeliharaan untuk mencegah akibat yang serius yang dapat ditimbulkan ketika mesin mengalami *breakdown* pada waktu yang tak terduga sebelumnya.

2.2. KERUSAKAN/FAILURES

2.2.1. Defmisi Kerusakan

Dapat dikatakan bahwa kerusakan/failures ialah suatu keadaan/fungsi yang menyimpang dari yang seharusnya. Dalam hal ini berarti ketika suatu mesin dan peralatan tidak lagi dapat menjalankan fungsinya dengan baik sebagaimana mestinya atau dengan kata lain menyimpang dari fungsi seharusnya, maka mesin atau peralatan tersebut dapat dikatakan telah mengalami kerusakan.

Secara umum ada dua macam pola fungsional dari piranti/perangkat berdasarkan pada kerusakannya, yaitu:

1. Piranti tereparasi, yaitu suatu piranti yang masih dapat diperbaiki apabila piranti tersebut mengalami kerusakan, sehingga kembali dapat menjalankan fungsi sebagaimana mestinya. Misal: mesin mobil, komputer, dan lain-lain.
2. Piranti Tak Tereparasi, yaitu suatu piranti yang tidak dapat diperbaiki lagi apabila mengalami kerusakan, sehingga tidak dapat digunakan kembali. Misal: bohlam latnpu, sekring pada mobil, dan lain-lain.

2.2.2. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah suatu metode/teknik yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, dan mengurangi kerusakan-kerusakan awal dan kerusakan-kerusakan potensial pada sistem, design, proses dan layanan.

Kegunaan dari metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* ini adalah sebagai berikut:

- Mengidentifikasi kerusakan-kerusakan awal dan potensial.
- Mengidentifikasi penyebab dan efek dari tiap jenis kerusakan.
- Menentukan prioritas jenis kerusakan berdasarkan nilai RPN (*Risk Priority Number*).
- Menyediakan masalah dan tindakan korektif.

Jadi secara garis besar, langkah kerja dari FMEA pertama-tama ialah memahami sistem produksi, karena tanpa memahami jalannya sistem produksi dalam proses produksi, tidak dapat ditentukan tingkat potensial kerusakan yang ditimbulkan dari suatu mesin (dalam hal ini komponen mesin yang mendukung). Kemudian setelah itu baru dilakukan identifikasi untuk memperkirakan semua kerusakan yang mungkin terjadi. Dari hasil identifikasi tersebut dapat ditentukan besarnya RPN (*Risk Priority Number*) berdasarkan 3 kriteria, yaitu:

1. *Severity*, yaitu mengindikasikan tingkat keseriusan akibat sebuah kerusakan, yang dilihat dari sudut pandang keseluruhan sistem yang ada.
2. *Occurrence*, yaitu mengindikasikan tingkat frekwensi/keseringan terjadinya kerusakan.
3. *Detection*, yaitu mengindikasikan kemungkinan/probabilitas bahwa suatu kerusakan/problem dapat ditemukan.

Dari ketiga kriteria diatas, kemudian dilakukan penilaian dengan memberikan bobot (digunakan skala 1-10) untuk tiap-tiap kriteria. Setelah itu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *Risk Priority Number (RPN)* dengan cara mengalikan ketiga nilai kriteria di atas.

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.1)$$

Keterangan:

RPN adalah *Risk Priority Number*

S adalah *Severily*

O adalah *Occurrence*

D adalah *Deiection*

Dari hasil perhitungan RPN, dilakukan pengurutan berdasarkan nilai RPNnya, dimulai dari nilai terbesar^ hingga nilai terkecil. Komponen yang memiliki nilai terbesar adalah komponen paling kritis, demikian pula seterusnya. Dari urutan tersebut dapat ditentukan komponen-komponen mana yang merupakan komponen kritis dan yang tidak, sehingga dapat ditentukan skala prioritas pemeliharaan komponen dengan lebih baik. Dengan demikian diharapkan dapat dilakukan langkah-langkah pencegahan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan potensial pada mesin dan peralatan yang ada pada masa mendatang.

2.3. Uji Penentuan Bistribusi Data

Maksud digunakannya uji penentuan distribusi data adalah untuk mengetahui pola distribusi dari data-data yang ada. Dengan uji penentuan distribusi data, data yang kita miliki dapat ditentukan polanya, apakah data yang kita miliki berdistribusi normal, lognormal, weibull, atau yang lain.

Dalam pelaksanaannya, penulis akan menggunakan alat bantu yaitu berupa *software Statgraph for Windows* yang dapat membantu penulis untuk melakukan uji penentuan distribusi data.

2.4. Keandalan

2.4.1. Pengertian Keandalan (*Reliability*)

Keandalan (*Reliability*) ialah peluang sebuah sistem dapat menunjukkan kemampuan sesuai fungsinya, dalam kondisi lingkungan kerja dan periode waktu tertentu. Suatu alat dikatakan andal jika alat tersebut dapat berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya, sebaliknya jika suatu alat dikatakan tidak andal berarti alat tersebut tidak dapat berfungsi baik sebagaimana mestinya.

2.4.2. Parameter dan Fungsi Keandalan -

Dari definisi diatas dapat dikatakan bahwa tingkat keandalan dari suatu sistem adalah kemungkinan atau probabilitas sistem tersebut untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik selama periode waktu t.

Jika dimisalkan T adalah waktu untuk kegagalan dari sebuah sistem (komponen), dimana $T > 0$. Maka keandalan dari sistem tersebut dapat dinyatakan sebagai:

$$R(t) = \Pr\{T > t\} \quad ; \quad 0 < R(t) < 1 \quad (2.2)$$

Dimana $R(t) > 0$, $R(0) = 1$, dan $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$. Untuk sebuah nilai t, R(t) adalah probabilitas waktu kegagalan lebih besar atau sama dengan nilai t.

Jadi dapat dikatakan:

$$F(t) = 1 - R(t) = \Pr\{T < t\} \quad (2.3)$$

Dimana

$$F(0) = 0$$

Dan

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$$

maka F(t) adalah probabilitas sebuah kegagalan terjadi sebelum waktu t.

Dinyatakan R(t) sebagai Fungsi Keandalan dan F(t) adalah merupakan Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cumulative Distribution Function/CDF*) dari distribusi kesalahan. Fungsi berikutnya adalah Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function/PDF*), yang mana fungsi ini menyatakan bentuk dari distribusi kegagalan sistem. Fungsi PDF ini dinyatakan sebagai:

$$\begin{aligned} f(t) &= d F(t) / dt \\ f(t) &= - d R(t) / dt; f(t) \geq 0 \text{ dan } \int f(t) dt = 1 \end{aligned} \quad (2.4)$$

2.4.3. Mean Time To Failvre

Mean Tirna 'fo h'uilure atau MTTF adalah merupakan nilai rata-rata waktu kegagalan dari sebuah sistem (komponen). MTTF dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (2.5)$$

Dari persamaan 2.4 , maka Persamaan 2.5 menjadi:

$$E(t) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = \int_0^{\infty} t \cdot \frac{dF(t)}{dt} dt = \int_0^{\infty} t \cdot \frac{d(-R(t))}{dt}$$

$$E(t) = - \int_0^{\infty} t \cdot \frac{dR(t)}{dt} dt \quad (2.6)$$

Dengan penggunaan integral parsial, Persamaan 2.6 menjadi:

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

$$E(t) = MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.7)$$

2.4.4. Fungsi Keandalan Masing-Masing Distribusi

Fungsi dan parameter keandalan untuk masing-masing distribusi adalah berbeda antara satu dengan lainnya. Berikut akan diberikan fungsi keandalan untuk Distribusi Nonnal, Distribusi Lognormal, dan Distribusi Weibull.

- Distribusi Normal

$$\text{PDF:} \quad f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.8)$$

$$\text{CDF:} \quad F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.9)$$

Atau dengan bantuan tabel normal standar, perhitungan rumus Fungsi Distribusi Kumulatif dapat disederhanakan menjadi:

$$\text{CDF: } F(t) = N\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.10)$$

$$\text{Fungsi Keandalan: } R(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.11)$$

$$MTTF = \mu \quad (2.12)$$

- Distribusi Lognormal

$$\text{PDF: } f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.13)$$

$$\text{CDF: } F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.14)$$

Atau dengan bantuan tabel normal standar, perhitungan rumus Fungsi Distribusi Kumulatif dapat disederhanakan menjadi:

$$\text{CDF: } F(t) = N\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.15)$$

$$\text{Fungsi Keandalan: } R(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2.16)$$

$$MTTF = \exp \mu \quad (2.17)$$

$$\text{dimana: } \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t_i \quad (2.18)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2} \quad (2.19)$$

- Distribusi Weibull

$$\text{PDF: } f(t) = \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (2.20)$$

$$\text{CDF: } F(t) = \int_0^t \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\alpha^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (2.21)$$

$$\text{Fungsi Keandalan: } R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (2.22)$$

$$\text{MTTF} = \beta \Gamma\left[\frac{1}{\alpha} + 1\right] \quad (2.23)$$

2.5. Keputusan Penggantian Komponen

2.5.1. Model Perhitungan Total Ekspektasi Biaya Penggantian

Untuk menentukan selang waktu yang optimal untuk penggantian komponen, diperlukan model perhitungan total biaya penggantian komponen. Model perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan selang waktu yang optimal dengan pertimbangan faktor keandalan dan faktor biaya.

Dari pengertian tersebut maka perhitungan total ekspektasi biaya penggantian per satuan waktu adalah sebagai berikut:

$$\text{TC}(tp) = \frac{\text{Total ekspektasi biaya penggantian dalam selang waktu } tp}{\text{panjang selang waktu}}$$

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

Sehingga rumus *Total Cost* menjadi:

$$\text{TC}(tp) = \frac{[Cp * R(tp)] + [Cf * F(tp)]}{tp} \quad (2.24)$$

Keterangan:

a. $TC(t_p)$ ialah Total ekspektasi biaya penggantian komponen per satuan waktu

b. C_p adalah biaya *preventive replacement*

Dimana T_p adalah waktu rata-rata *preventive replacement*

c. C_f adalah biaya *akibat failure replacement*

Dimana T_f adalah waktu rata-rata *failure replacement*

d. $R(t_p)$ adalah probabilitas keandalan komponen selama waktu t_p

e. $F(t_p)$ adalah probabilitas komponen mengalami kegagalan selama waktu t_p