

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Perawatan

Dwi Priyanta, (2000) mengartikan Perawatan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang dapat mengembalikan item atau mempertahankan pada kondisi selalu dapat berfungsi. Perawatan juga sebagai kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam menjaga berkesinambungan dalam proses produksi fasilitas dan peralatan membutuhkan kegiatan pemeliharaan seperti pembersihan (*Cleaning*), inspeksi (*Inspection*), pelumasan (*Oiling*) serta pengadaan suku cadang (*Stock spare part*) dari komponen yang terdapat dalam fasilitas industri. Komponen fasilitas akan mengalami penurunan keandalan secara bertahap dan akan melemah dalam nilai ekonomis dan teknik jika kegiatan perawatan tidak dijalankan. Ruang lingkup kegiatan perawatan adalah tanggung jawab bersama setiap elemen perusahaan yang diantaranya adalah bagian *Maintenance*.

Kegiatan perawatan yang dilakukan *Maintenance* tidak saja membantu kelancaran produksi sehingga produk yang dihasilkan tepat waktu diserahkan kepada pelanggan, tapi juga menjaga fasilitas dan peralatan tetap dalam efektif dan efisien di mana sasarannya adalah mewujudkan Nol kerusakan (*Zerro Breakdown*) pada mesin- mesin yang beroperasi..

Tujuan Perawatan

Adapun tujuan perawatan adalah perawatan bertujuan untuk fokus dalam langkah pencegahan untuk mengeliminasi kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan dan meminimalkan biaya perawatan (*Japan Institute of Plan Maintenance dan Consultant TPM India*)

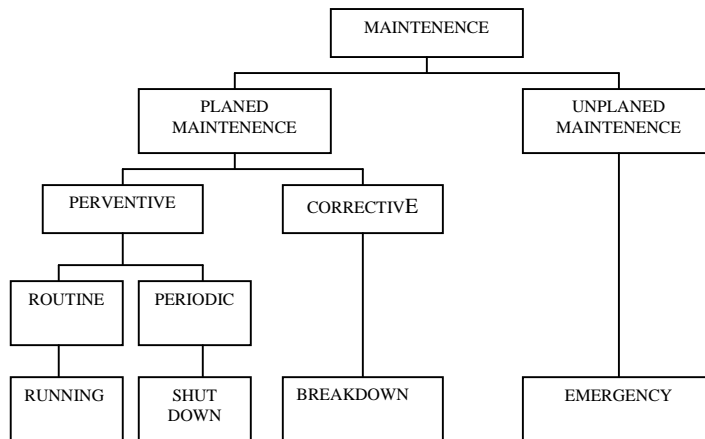
Sedangkan tujuan utama dilakukannya sistem manajemen perawatan adalah sebagai berikut :

- ❖ Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi
- ❖ Menjamin tingkat ketersediaan optimum dari fasilitas produksi

- ❖ Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat
- ❖ Menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.

Klasifikasi Perawatan

Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan umumnya terbagi dalam dua bagian yaitu perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Berikut gambar klasifikasi perencanaan menurut *Antony Corder* (1992)



Gambar 2.1 Hubungan berbagai bentuk perawatan (Antony Corder 1992)

1. Perawatan Terencana (*planned maintenance*)

Perawatan terencana dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

a. Perawatan pencegahan (*preventive maintenance*)

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi menjadi kerusakan pada saat digunakan dalam memproduksi.

Dalam prakteknya *preventive maintenance* yang dilakukan oleh perusahaan dibedakan atas :

- ❖ *Routine maintenance*
- ❖ *Periodic maintenance*
- ❖ *Running maintenance*
- ❖ *Shut down maintenance*

b. Perawatan perbaikan (*corrective maintenance*)

Corrective maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Macam perawatan perbaikan adalah *Breakdown maintenance* yang merupakan kegiatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang dan perlengkapan lainnya untuk kelangsungan kegiatan tersebut.

2. Perawatan Tidak Terencana (*unplanned maintenance*)

Perawatan yang tergolong pada perawatan yang tidak terencana adalah *emergency maintenance* yaitu pemeliharaan dimana perlu segera dilaksanakan tindakan (*action*) untuk mencegah akibat yang serius. Berdasarkan rangkuman diatas terdapat factor penting yang perlu diperhatikan secara khusus yaitu :

- a. Kegiatan perawatan adalah kegiatan yang mutlak dilaksanakan oleh perusahaan untuk mendukung proses produksi secara berkesinambungan
- b. Dibutuhkan perangkat organisasi yang optimal untuk mendukung kegiatan perawatan. Organisasi yang terkait memiliki fungsi peran

sebagai perencana dan pengatur seluruh fungsi kegiatan yang ditujukan untuk kegiatan perawatan

- c. Fasilitas untuk mendukung kegiatan perawatan, dengan tersedianya alat pendukung maka kualitas mesin yang dirawat dapat terjaga

Kegiatan Perawatan (*Maintenance Activities*)

Kegiatan – kegiatan perawatan menurut *Japan Institute Of Plan Maintenance dan Confederation Industrial India* dikategorikan menjadi tiga element :

1.Activities To Prevent Deterioration

Kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya suatu keburukan/ kerusakan pada suatu peralatan pada suatu saat akan diperlukan sewaktu- waktu

2.Activities To Measure Deterioration

Kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mengukur terjadinya keburukan / kerusakan pada suatu peralatan, sehingga didapatkan tolak ukur melakukan evaluasi kerusakan

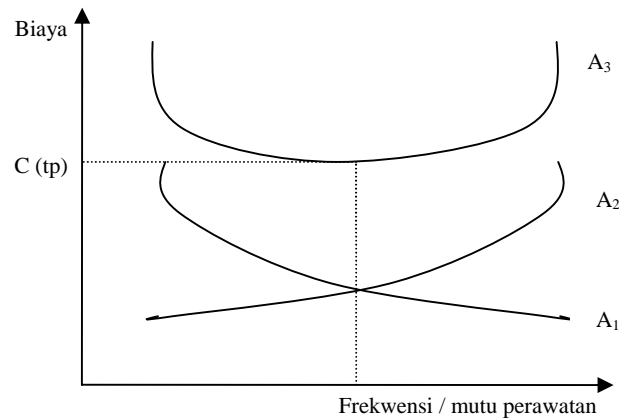
3.Activites To Restore Deterioration

Kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki keburukan / kerusakan peralatan menjadi pada kondisi sebelum terjadi kerusakan atau mengkondisikan peralatan seperti sedia kala.

Effisiensi Perawatan

Bila perawatan dilakukan pada waktu interval terlalu pendek akan mengakibatkan biaya perawatan yang besar dan biaya kerusakan yang kecil. Akan tetapi , bila perawatan dilakukan pada interval yang terlalu panjang mengakibatkan biaya kerusakan tinggi dan biaya perawatan kecil. Hal ini disebabkan karena semakin baik perawatan maka biaya perawatan semakin besar

.sedangkan dari waktu yang hilang akibat kerusakan akan semakin kecil dengan bertambahnya mutu perawatan , oleh karena itu perlu diadakanya perawatan yang optimal ditinjau dari biaya perawatan maupun biaya kerusakan . menurut *Sukanto* dan *Indriyo* (1991) hal tersebut digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 2.2 Efisiensi Perawatan

Keterangan :

A1 = Biaya perawatan preventive

A2 = Biaya waktu yang hilang akibat kerusakan

A3 = Total biaya perawatan

C (tp) = Total biaya perawatan terkecil

A0 = Titik optimum yang menunjukkan nilai perawatan yang seharusnya diberikan

Berkaitan dengan titik optimal tingkat perawatan , kegiatan perawatan ada yang perlu diperhatikan :

1. Persoalan Teknis

Tujuan persoalan teknis berkaitan dengan persoalan menjaga agar produksi pabrik berjalan lancar dengan cara :

- a. Tindakan apa yang harus dilakukan untuk memelihara dan merawat peralatan
- b. Alat yang dibutuhkan dan harus disediakan agar tindakan pada langkah pertama dapat dilakukan

2. Persoalan Ekonomis

Persoalan yang berkaitan bagaimana usaha yang dilakukan agar kegiatan perawatan dapat berjalan efektif dan efisien. Dan juga perlu adanya analisa biaya dari alternatif- alternatif yang diambil. Biaya – biaya yang perlu diperbandingkan

- a. Jumlah biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan *perventive maintenance*
- b. Jumlah biaya – biaya pemeliharaan dan perbaikan terhadap suatu peralatan dengan harga peralatan
- c. Jumlah biaya pemeliharaan dan perbaikan yang dibutuhkan peralatan dengan jumlah kerugian yang akan dihadapi apabila peralatan tersebut berhenti atau rusak

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi agar perawatan bisa efektif dan efisien yaitu :

1. Harus ada data mengenai mesin dan peralatan yang dimiliki perusahaan

Data dalam hal ini mencakup adalah data mengenai mesin dan peralatan , nomer, jenis (*type*), umur dan tahun pembuatanya. Dari data tersebut bisa ditentukan kegiatan perbaikan yang mungkin akan dilakukan

2. Harus ada perencanaan dan penjadualan

Perencanaan terkait penyusunan kapan dilakukan perawatan jangka panjang dan jangka pendek mengenai inspeksi, pelumasan pembersihan dan perbaikan kerusakan. Dan perlu juga direncanakan banyaknya tenaga perawatan agar efektif dan efisien.

3. Harus ada persediaan alat (*Spare part*)

Persediaan suku cadang harus disediakan saat dibutuhkan dan investasi suku cadang persediaan adalah minimum (dalam arti , tidak kurang dan tidak lebih)

4. Harus ada catatan

Catatan kegiatan *maintenance* semua tercatat baik *progress maintenance* maupun *action maintenance*. Catatan tentang karakteristik mesin serta catatan inspeksi interval kerusakannya.

5. Harus ada Laporan , Pengawasan dan Analisa (*Report, Control. Analys*)

Laporan , pengawasan, dan analisa dimaksudkan untuk mengevaluasi kegagalan dan segera diambil keputusan untuk memperbaiki langkah – langkah perbaikan.

Model Matematis Sistem Perawatan

Model *Age Replacement* adalah model perawatan dengan menetapkan nilai interval waktu perawatan pencegahan berdasarkan selang waktu termakan yang menuntut tindakan penggantian dengan kriteria minimasi (*AKS Jardine , 1973*).

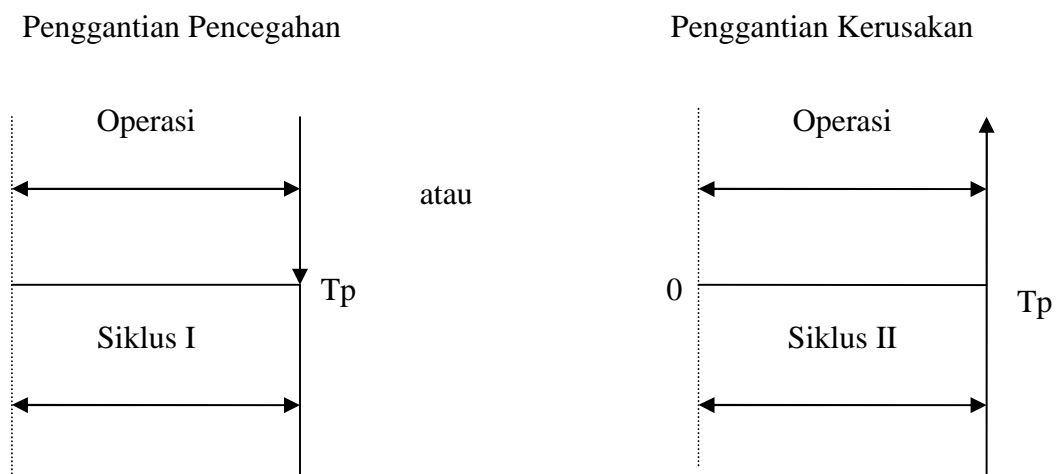
Asumsi – asumsi yang di gunakan dalam fokus pengembangan permasalahan :

- a. Laju kerusakan sesuai dengan peningkatan pemakaian

- b. Peralatan setelah dilakukan perbaikan kembali pada kondisi semula
- c. Tidak ada masalah dalam ketersediaan komponen

Model *Age Replacement* terdapat 2 siklus operasi yaitu :

- a. Siklus I adalah siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan pencegahan dengan melakukan penggantian komponen yang telah mencapai umur penggantian sesuai dengan yang direncanakan
- b. Siklus II adalah siklus kerusakan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan sebelum mencapai waktu yang telah ditetapkan



Gambar 2.3 Siklus Model Age Replacement (*Jardine* , 1973)

Perhitungan Total Biaya Pemeliharaan

Hubungan biaya pemeliharaan pencegahan , biaya perbaikan kerusakan dan terjadinya probabilitas siklus keandalan pada interval waktu selama

fungsi padat probabilitas untuk menentukan total biaya pemeliharaan persatuan waktu dirumuskan sebagai berikut :

$$C(tP) = \frac{C_m x R(tp) + C_f x [1 - R(tp)]}{F(tp) x R(tp) + \int_{-\infty}^{tp} t f(t) dt}$$

Dimana : C_m = Biaya pemeliharaan pencegahan

C_f = Biaya perbaikan kerusakan

$R(T_p)$ = Probabilitas terjadinya siklus pertama

T_p = Interval waktu penggantian pencegahan

$F(tp)$ = Fungsi padat probabilitas

$C(tp)$ = Nilai biaya pemeliharaan persatuan waktu

2.7 Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan pada umumnya berbeda meskipun dioperasikan pada waktu yang bersamaan , karakteristik yang sama akan memberikan selang waktu terjadinya kerusakan yang berbeda. Karena kerusakan suatu alat atau komponen tergantung pada variabel waktu dan untuk mengetahui variabel waktu kerusakan digunakan fungsi padat probabilitas

2.7.1 Fungsi Padat Probabilitas

A.K.S Jardine, (1973) kegiatan perawatan digunakan fungsi padat probabilitas karena kerusakan komponen tergantung pada variabel waktu dimana fungsi padat probabilitas antara selang waktu tertentu (t_x, t_y), maka :

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

Probabilitas terjadinya kerusakan antara t_a dan t_z adalah

$$\int_{t_a}^{t_z} f(t)dt = 1$$

2.7.2 Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi distribusi kumulatif di masalah perawatan adalah probabilitas padt kerusakan yang merupakan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu tertentu yang secara matematis sebagai berikut :

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

Dimana $F(t)$ menyatakan distribusi kumulatif , dan jika $t \rightarrow \infty$, maka $F(t) \rightarrow 1$

2.7.3 Laju Kerusakan

Laju kerusakan didefinisikan probabilitas banyaknya komponen yang mengalami kerusakan setiap waktu, bila komponen sejenis dioperasikan secara bersama. Laju kerusakan $f(t)$ dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f(t) &= P\{x < t + \Delta t / x > t\} \\ &= \frac{P\{(x < t + \Delta t / x > t)\}}{P(x > t)} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} P\{x > t\} \cap (x < t + \Delta t) &= P\{x < t + \Delta t\} = f(t)\Delta t \\ f(t) &= -\frac{d}{dt}R(t) \end{aligned}$$

Sedangkan :

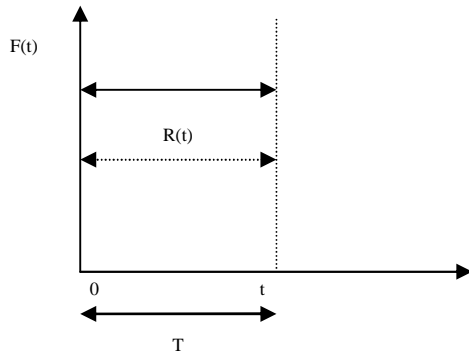
$$\begin{aligned} \lambda(t) &= \frac{f(t)}{R(t)} \\ &= -\frac{1}{R(t)} \frac{d}{dt} R(t) \\ \lambda(t) dt &= \frac{-dR(t)}{R(t)} \\ \int_0^t \lambda(t) dt &= -\ln[R(t)] \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga : } R(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]$$

2.8 Pengertian Keandalan

Dwi Priyanta(2000) Keandalan adalah probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan kepada kondisi pengoperasian lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. Item yang dimaksud adalah bisa komponen, sub sistem ataupun satu kesatuan komponen.

Suatu alat merupakan mempunyai dua state yaitu ” baik ” dan ” rusak ” yang merupakan proses probabilistik sehingga jika keandalan berharga 1 , maka sistem dapat dipastikan dalam keadaan baik dan jika berharga 0, maka dipastikan bahwa sistem dalam keadaan rusak. Jika keandalan adalah $R(t)$ maka keandalan berkisar $0 \leq R(t) \leq 1$ sehingga dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.4 Fungsi keandalan sebagai fungsi waktu

Dimana :

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

T = Lamanya Suatu Peralatan Beroperasi sampai dengan Rusak
yang merupakan Variabel Acak

$R(t)$ = $P \{ \text{alat dapat berfungsi} \}$ pada saat t
= $P \{ T \}$ (mesin dapat berfungsi)
= $1 - P \{ T > t \}$
= $1 - F(t)$

Jadi keandalan dapat di hitung dengan rumus :

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

$$= 1 - F(t) \text{ untuk } 0 \leq R(t) \leq 1$$

Dimana :

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

Untuk $t \rightarrow 0$, $R(t) \rightarrow 1$, berarti sistem baik

Untuk $t \rightarrow \infty$, $R(t) \rightarrow 0$, berarti sistem rusak

2.9 Mean Time To Failure

Keandalan $E(t)$ sering disebut rata – rata waktu kerusakan atau *Mean Time To Failure (MTTF)* yang digunakan pada komponen atau peralatan yang masih baru atau baik yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E(T) &= \int_0^t t f(t) dt \\ &= \int_0^t DF(t) dt \\ &= \int_0^t t \cdot d[1 - R(t)] \\ &= \int_0^t t \cdot dR(t) \end{aligned}$$

Sedangkan *Mean Time To Between Failure (MTBF)* dikondisikan pada peralatan atau mesin di mana jika terjadi kerusakan segera diperbaiki sehingga menjadi baik pada kondisi barunya.

2.10 Bentuk – Bentuk Distribusi Kerusakan

Distribusi yang digunakan untuk menentukan kerusakan komponen berdasarkan interval waktu kerusakannya bisa di gunakan adalah

❖ Distribusi Weibull

Fungsi Padat Probabilitasnya :

$$F(t) = \frac{S}{y} \left(\frac{t-x}{y} \right)^{S-1} \exp \left[- \left(\frac{t-x}{y} \right)^S \right]$$

Untuk = shape parameter, > 0

= scala parameter untuk karakteristik life time

> 0

Fungsi Keandalanya :

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-x}{y}\right)^s\right]$$

Laju Kerusakanya :

$$f(t) = \frac{s}{y} \left(\frac{t-x}{y}\right)^{s-1}$$

❖ Distribusi Exponential Negatif

Fungsi Padat Probabilitasnya:

$$f(t) = \lambda \exp^{-\lambda t}$$

t = waktu t > 0

= kecepatan rata – rata terjadinya kerusakan > 0

Fungsi Keandalan :

$$R(t) = \exp^{-\lambda t}$$

Laju Kerusakan :

$$f(t) = \lambda$$

❖ Distribusi Hiper Exponential

Fungsi Padat Probabilitas :

$$f(t) = 2k^2 \exp[-2k]t + 2(1-k)^2 \exp[-2(1-k)]t$$

Untuk t > 0 dengan 0 < k < 0.5, k adalah parameter dari distribusi

Fungsi Keandalan :

$$R(t) = k \exp[-2k]t - (1-k) \exp[-2(1-k)]t$$

Laju Kerusakan :

$$f(t) = \frac{2[k^2 + (1-k)^2 \exp[-2(1-k)]t]}{k + (1-k)^2 \exp[-2(1-k)]t}$$

❖ Distribusi Normal

Fungsi Probabilitasnya:

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

untuk $-\infty < t < \infty$; $\sigma > 0 < \mu < \infty$

Fungsi Keandalannya :

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

Laju Kerusakanya :

$$f(t) = \frac{\exp\left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]}{\int_t^{\infty} \exp\left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]}$$

❖ Distribusi Log Normal

Apabila variable acak interval waktu kerusakan berdistribusi Lognormal maka :

Fungsi padat probabilitasnya :

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2s^2} \left(\ln \frac{t}{med}\right)^2\right] t \geq 0$$

Fungsi Keandalan :

$$R(t) = 1 - \Phi\left[\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_0}\right]$$

Laju kerusakan :

$$f(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

2.11 Karakteristik Kerusakan

Karakteristik kerusakan pada peralatan di bagi menjadi tiga tahap yaitu :

❖ Kegagalan Awal (*Early Failure*)

Kegagalan yang terjadi pada awal pengoperasian suatu item yang ditandai dengan laju kerusakan yang menurun.

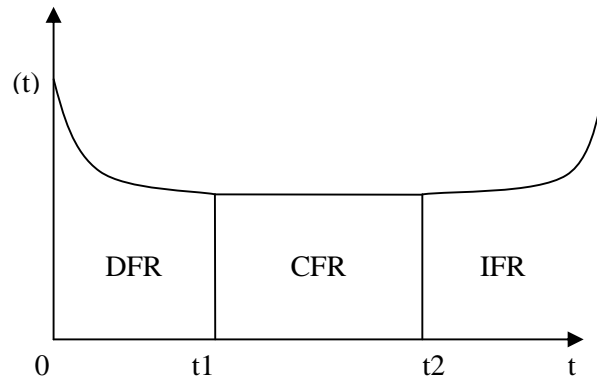
❖ Kegagalan Acak (*Random Failure*)

Kegagalan yang terjadi pada item yang berjalan normal ditandai dengan laju kegagalan konstant

❖ Kegagalan Usang (*Wear – Out Failure*)

Kegagalan yang terjadi pada usia kegunaan tertentu yang ditandai dengan laju kerusakan yang semakin meningkat yang menuntut segera

dilakukan penggantian (*Raplacement*) ke bagian alat atau keseluruhan dengan yang baru



Gambar 2.5 Kurva Bathub- shape (Ebeling , 1997)

2.12 Kebijakan Penggantian Komponen

A. K. S Jardine (1973) penggantian komponen dan perawatan secara umum diklasifikasikan sebagai masalah deterministik dan masalah probabilistik. Dimana permasalahan deterministik terjadi jika waktu dan hasil tindakan penggantian komponen diasumsikan telah diketahui secara pasti, sedangkan permasalahan probabilistik terjadi jika waktu dan hasil tindakan penggantian komponen tergantung pada suatu kemungkinan.

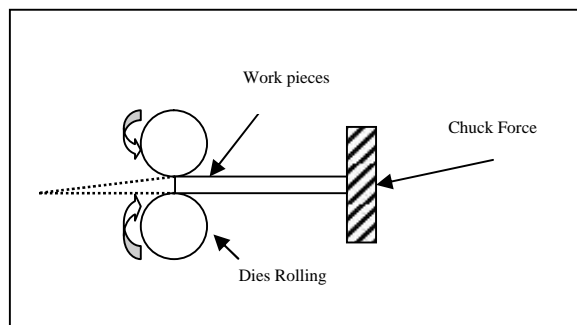
Langkah kebijakan penggantian komponen sebelum komponen mencapai kondisi rusak :

1. Ongkos dari penggantian komponen akibat kerusakan harus lebih besar dari pada ongkos total penggantian komponen untuk melakukan pencegahan atau dengan kriteria lain biaya kerusakan harus lebih besar dari pada biaya *breakdown* apabila dilakukan penggantian pencegahan
2. Laju kerusakan dari peralatan harus meningkat seiring bertambahnya waktu karena penggantian sebelum rusak. Pola kerusakan ini tidak berlaku jika distribusi kerusakan berdistribusi

eksponensial negatif dan hiper eksponensial karena laju kerusakan konstant dan menurun terhadap waktu, dengan kesimpulan laju kerusakan bertambah sesuai dengan peningkatan komponen yang terjadi pada mesindan peralatan.

2.12 Prinsip Kerja Mesin Taper

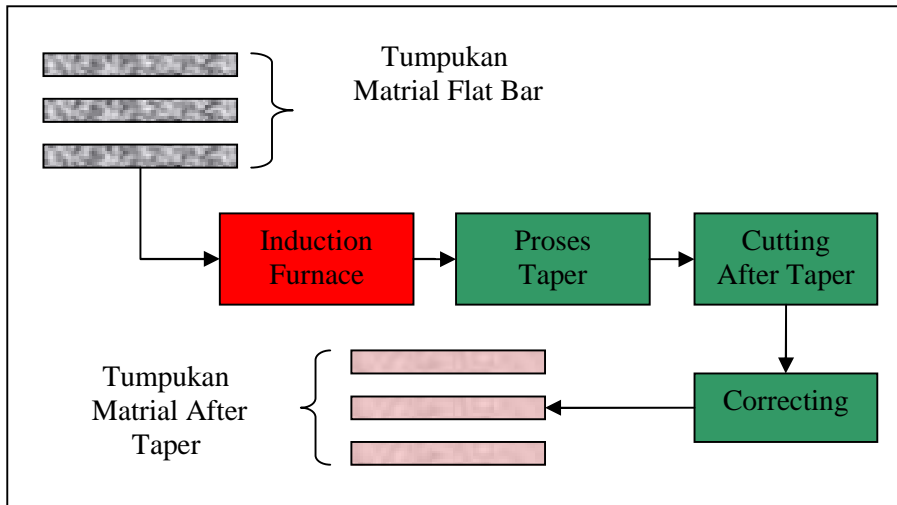
Mesin Taper adalah mesin yang berfungsi untuk membentuk *flat bar* atau Logam dengan media *Rolling* yang menghasilkan bentuk permukaan taper pada produk *leaf spring* sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. *Sritomo Wignjosubroto*, (2003) prinsip kerja *Rolling* adalah proses pembentukan logam baik dikerjakan secara dingin ataupun panas kearah memanjang atau melebar dengan cara melewati material (Logam) ke dalam dua atau lebih roll sehingga di dapatkan hasil roll (Taper) yang dikehendaki. Dimana roll dalam bentuk cetakan logam disebut ” *Dies* ”.



Gambar 2.6 Proses Rolling, *Morita & Company (2006)*

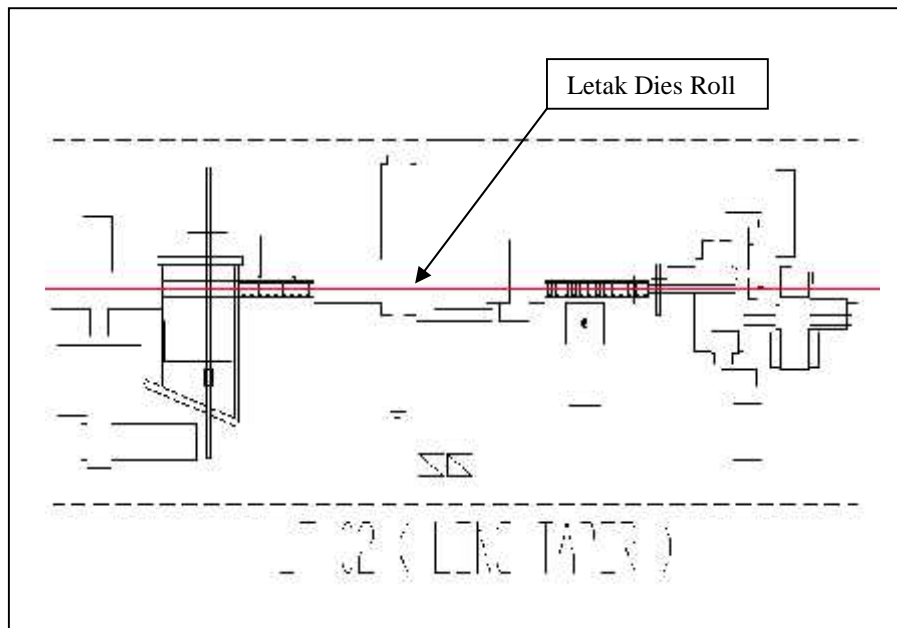
2.12.1 Proses Pengerjaan Taper

Pada proses pengerjaan Taper pada produk *leaf spring* bertujuan untuk mendapatkan *design* dari *leaf spring* terutama untuk pegas – pegas *parabolik Taper*. Proses pengerjaan taper pada pegas daun diawali *input raw matrial* hasil mesin potong sesuai dengan dimensi yang dikehendaki, matrial sebelum di proses taper di panaskan pada *Induction Furnace* dengan temperatur berkisar 900 – 970°C dengan *cycle time* 30 detik setelah itu masuk ke langkah penaperan dengan media dies rolling. Berikut flow diagram proses penaperan mesin long taper



Gambar 2.7 Flow Diagram Proses Taper (*Indospring Plant II*)

Sedangkan letak dies roll pada mesin long taper 2 di PT. Indospring Tbk Gresik sebagai berikut :



Gambar 2.8 Skema Letak Dies Roll LT 2