

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perawatan

2.2.1. Pengertian Perawatan

Perawatan (*Maintenance*) yaitu suatu kegiatan yang diperlukan untuk mesin supaya selalu dalam kondisi baik dan siap pakai (Harsanto, 2013). Adapun fungsi dari perawatan yaitu memonitor dan memelihara fasilitas pabrik dan peralatan dalam menjamin fungsi dari unit-unit tertentu selama waktu operasi dan meminimisasi *downtime* yang mengakibatkan adanya kerusakan maupun perbaikan (Manzini, 2010).

Menurut Susetyo dan Nurhardianto (2019) *Maintenance* adalah suatu kegiatan memelihara atau merawat mesin atau peralatan dalam kondisi yang terbaik, agar dapat digunakan untuk melakukan produksi sesuai dengan perencanaan. Diadakannya kegiatan perawatan pada mesin produksi tersebut, maka fasilitas pabrik bisa digunakan untuk menjalankan produksi sesuai rencana dan tidak mengalami kerusakan selama fasilitas atau peralatan dipergunakan untuk proses produksi.

Berdasarkan dari beberapa definisi diatas dapat disimpulkan bahwa perawatan merupakan suatu kegiatan yang diperlukan untuk memelihara suatu mesin atau peralatan kerja dan mengembalikan ke kondisi terbaiknya agar dapat melakukan produksi secara optimal.

2.1.2. Tujuan Perawatan

Tujuan dari dilakukannya manajemen perawatan (Prasetyo, 2017) yaitu:

1. Menjamin tingkat ketersediaan yang optimum dari fasilitas produksi.
2. Memperpanjang usia pemakaian fasilitas produksi.
3. Menjamin keselamatan pekerja dan pemakaian fasilitas.
4. Menjamin kesiapan operasional pada seluruh fasilitas yang diperlukan saat pemakaian darurat.

2.1.3. Klasifikasi Perawatan

Menurut Rizaldi (2018) perawatan dapat dibedakan menjadi tiga bagian adalah:

1. *Preventive Maintenance*

Perawatan *preventif* atau perawatan pencegahan merupakan kegiatan perawatan dan pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga serta untuk mengetahui kondisi yang dapat menyebabkan fasilitas produksi saat digunakan selama proses produksi. Perawatan *preventif* sangat penting dalam mendukung fasilitas produksi yang termasuk dalam kategori “*critical unit*”, teknik perawatan *preventif* ini dilakukan secara inspeksi terhadap asset peralatan untuk memprediksikan kegagalan atau kerusakan yang akan terjadi (Susetyo dan Nurhardianti, 2019).

Faktor – faktor dasar yang memutuskan untuk menerapkan *Preventive Maintenance* yaitu:

- a. Mengungkap kegagalan.
- b. Mendeteksi kegagalan
- c. Mencegah terjadinya kegagalan.
- d. Lebih efektif tidak melakukan apapun dari pada dilakukan pergantian.

Menurut Ambia dan Hamdy (2016) Program *preventif* ada tiga macam yaitu:

- a. *Time Driver*: program perawatan terjadwal, dimana komponen diganti berdasarkan waktu penggunaan atau jarak. Sistem ini telah banyak digunakan oleh perusahaan yang menggunakan mesin dengan komponen yang lebih murah.
- b. *Predictive*: pengukuran yang digunakan untuk mendeteksi terjadinya degradasi sistem (penurunan fungsional), sehingga perlu dicari alasan untuk menghilangkan atau mengendalikan interferensi sebelum berdampak signifikan terhadap penurunan fungsi komponen.
- c. *Proactive*: melakukan perawatan mesin sesuai hasil studi kelayakan mesin. Sistem ini digunakan di industri yang menggunakan mesin dengan komponen mahal.

2. *Improvement Maintenance*

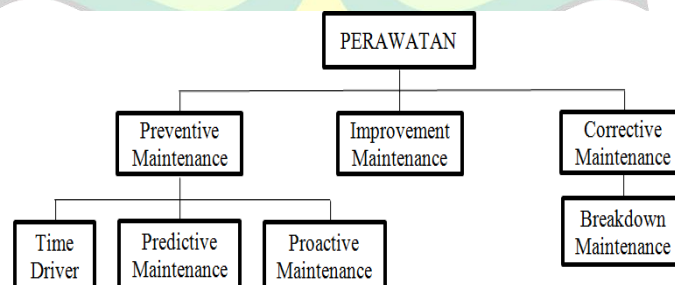
Improvement Maintenance atau Workshop adalah sistem perawatan untuk mengubah sistem pada suatu alat agar dapat digunakan secara maksimal. Adapun tujuan *Improvement Maintenance* yaitu:

- a. Memudahkan perawatan.
- b. Dapat meningkatkan keamanan kerja.
- c. Memfasilitasi pengoperasian sistem.
- d. Dapat meningkatkan kapasitas produksi.

3. *Corrective Maintenance*

Menurut Assauri (2008) *Corrective Maintenance* merupakan suatu kegiatan perawatan dan pemeliharaan yang dikerjakan setelah terjadinya suatu kerusakan atau cacat yang terjadi pada fasilitas atau peralatan yang mengakibatkan fasilitas atau peralatan tidak bisa berfungsi dengan baik. *Corrective maintenance* atau biasa disebut perawatan perbaikan jauh lebih mahal biayanya dibandingkan dengan perawatan *preventive*. Kegiatan perawatan *corrective* biasa disebut sebaagai *Breakdown Maintenance*.

Breakdown Maintenance adalah operasi pemeliharaan yang dilakukan tanpa jadwal dan rencana. Oleh karena itu, perawatan semacam ini dilakukan pada saat sistem atau komponen mengalami kerusakan atau saat terjadi kegagalan tersebut secara tiba-tiba saat mesin sedang berjalan (Hamid, 2019). Jenis perawatan ini harus dihindari, karena penghentian mesin produksi akan menimbulkan kerugian yang berakibat pada kualitas atau hasil yang tidak dapat dicapai. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh kurangnya perhatian terhadap kondisi pengoperasian mesin, peralatan atau sistem yang dioperasikan.



Gambar 2.1 Klasifikasi Perawatan
Sumber: Rizaldi (2018)

2.1. *Reliability Centered Maintenance*

2.1.1. *Pengertian Reliability Centered Maintenance*

Reliability Centered Maintenance biasanya sering diartikan sebagai sistem pakar pemeliharaan yaitu sesuatu metode dalam rencana perawatan yang direncanakan untuk memelihara sistem agar bekerja secara keseluruhan menurut tingkat kinerja yang dibutuhkan, (Moubray, 1997). Upaya untuk pertahankan fungsi perangkat itu mencakup semua kebutuhan penting dalam manajemen keperawatan dalam ruang lingkup bisnis peralatan.

Menurut Denur dkk (2017) *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu sebuah metode dalam menentukan tugas-tugas pemeliharaan dalam menjamin sebuah perancangan sistem keandalan. Fungsi RCM yaitu menyelesaikan penyebab utama kegagalan, yang akan menghasilkan keputusan perawatan yang lebih baik serta pencegahan jenis kegagalan yang sering terjadi.

Menurut Moubray (1997) pengertian RCM yaitu sebuah proses teknik logika dalam menentukan tugas-tugas pemeliharaan yang akan menjamin pada sebuah perancangan sistem keandalan dengan kondisi pengoperasian yang spesifik pada sebuah lingkungan pengoperasian yang khusus.

Berdasarkan dari beberapa definisi diatas dapat disimpulkan bahwa *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu metode dalam rencana perawatan yang direncanakan untuk memelihara sistem agar bekerja secara keseluruhan menurut kinerja yang dibutuhkan. Adapun fungsi dari metode RCM ialah menyelesaikan penyebab utama kegagalan yang akan menghasilkan keputusan perawatan yang lebih baik.

2.1.2. *Tujuan Reliability Centered Maintenance*

Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* (Mulia, 2017) sebagai berikut:

1. Untuk menciptakan suatu prioritas desain dalam memfasilitasi kegiatan perawatan yang efektif.
2. Mengumpulkan data – data yang berkaitan dengan perbaikan item dengan berdasarkan bukti keandalan yang tidak memuaskan.

3. Untuk merencanakan perawatan preventif pada level-level tertentu dari sistem yang aman dan handal.
4. Untuk dapat mencapai tujuan diatas dengan biaya yang kecil. RCM sangat menitikberatkan pada pengunaan perawatan preventif, jadi keuntungan dan kerugiannya juga hampir sama.

2.1.3. Langkah-langkah Penerapan *Reliability Centered Maintenance*

Menurut Smith and Hinchcliffe (2004) langkah langkah dalam RCM sebagai berikut:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

a. Pemilihan Sistem

Saat menerapkan program RCM pada fasilitas ada dua hal yang menjadi bahan pertimbangan, sebagai berikut:

1) Sistem yang akan dilakukan analisis.

Proses analisis RCM ada tingkat sistem yang akan memberikan informasi yang lebih detail terkait fungsi dan kegagalan fungsi komponen.

2) Seluruh sistem akan dilakukan proses analisis jika tidak bagaimana dilakukan pemilihan sistem. Tidak semua sistem perlu dilakukan proses analisis. Hal ini disebabkan karena jika proses analisis dilakukan secara bersamaan untuk lebih dari dua sistem, maka proses analisis akan menjadi sangat luas. Selain itu, jika proses analisis akan dilakukan secara terpisah, maka lebih mudah dibahas dalam menunjukkan setiap karakteristik sistem dari fasilitas (mesin atau peralatan).

b. Pengumpulan Informasi

Fungsi dari pengumpulan informasi diperoleh gambaran dan pengertian yang lebih detail mengenai sistem dan bagaimana sistem bekerja. Informasi-informasi yang dikumpulkan diperoleh dari observasi dilapangan, wawancara, dan sejumlah buku referensi.

2. Pendefinisian Batasan Sistem

Jumlah sistem pada suatu fasilitas atau pabrik sangat luas, oleh karena itu perlu dilakukan definisi batas sistem. Tujuan pendefinisian batasan sistem untuk hindari tumpang tindih antara satu sistem dengan sistem yang lainnya.

3. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsi

a. Deskripsi Sistem

Tahap pendeskripsian sistem digunakan untuk mengetahui komponen-komponen yang ada didalam sistem tersebut dan bagaimana komponen-komponen yang ada pada sistem tersebut dioperasikan. Sedangkan informasi fungsi peralatan dan cara sistem beroperasi dapat digunakan sebagai informasi dalam membuat dasar untuk menentukan kegiatan.

b. Blok Diagram Fungsi

Dengan cara pembuatan blok diagram fungsi pada suatu sistem, maka diperoleh masukan dan keluaran serta hubungan antara sub-sub sistem tersebut dapat tergambar dengan jelas.

4. Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsi

Fungsi sistem adalah kinerja yang diharapkan oleh sistem agar dapat beroperasi sedangkan kegagalan fungsi merupakan suatu sistem yang berjalan tidak sesuai dengan standar fungsi sistem tersebut. Pada tahap ini, diperlukan menganalisis kegagalan fungsional yang terjadi pada suatu sistem yang diteliti.

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

Menurut Stamatis, D.H. (1995) FMEA adalah sebuah metode yang digunakan dalam meneliti kegagalan yang terjadi pada suatu sistem, proses, desain, atau pelayanan (*service*). Untuk mengidentifikasi kegagalan potensial dengan cara memberi nilai atau skor pada masing-masing kegagalan berdasarkan dari tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*). FMEA adalah teknik yang digunakan secara umum untuk mencari penyebab kegagalan (*failure mode*) dan akibat yang ditimbulkan (*failure effect*) jika terjadi kegagalan (*failure mode*), Hamid (2019).

Menurut Razaq (2017) *Risk Priority Number* (RPN) yaitu sebuah pengukuran dari resiko yang sifatnya relatif. Sebelum mengimplementasikan

perlu dilakukan perhitungan RPN sebagai rekomendasi tindakan perbaikan, serta digunakan dalam mengetahui bagian – bagian yang menjadi prioritas utama berdasarkan nilai RPN tertinggi.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Hasil dari RPN menunjukkan bahwa tingkat prioritas pada peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke dalam tindakan perbaikan. Terdapat tiga komponen yang membentuk nilai RPN. Ketiga komponen tersebut, (Stamatis, D.H, 1995) adalah:

- a. *Severity* (S) merupakan nilai tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan dari mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin.

Tabel 2.1. *Severity*

Nilai	Kriteria
1	Tidak berpengaruh (pengaruh buruk yang dapat diabaikan) tidak perlu memikirkan akibat akan berdampak pada kualitas produk.
2	Pengaruh buruk yang ringan, akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan.
3	
4	
5	Pengaruh buruk yang moderat, penurunan kualitas sangat dirasakan namun masih dalam batas toleransi
6	
7	Pengaruh buruk yang tinggi, merasakan penurunan kualitas yang berada di luar batas wajar.
8	
9	Pengaruh buruk yang sangat tinggi, akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain.
10	

Sumber: Stamatis, D.H (1995)

- b. *Occurance* merupakan nilai tingkat yang disesuaikan dengan jumlah yang diperkirakan atau estimasi jumlah kegagalan kumulatif yang terjadi.

Tabel 2.2. *Occurance*

Nilai	Kriteria
1	Tidak mungkin penyebab ini mengakibatkan kegagalan
2	Penyebab kegagalan akan jaraang terjadi
3	
4	
5	Penyebab kegagalan agak mungkin terjadi
6	
7	Penyebab kegagalan adalah sangat mungkin terjadi
8	
9	Hampir dapat dipastikan bahwa penyebab kegagalan akan mungkin terjadi
10	

Sumber: Stamatis, D.H (1995)

- c. *Detection* merupakan nilai pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan dan mengontrol suatu kegagalan yang dapat terjadi.

Tabel 2.3. *Detection*

Nilai	Kriteria
1	Metode deteksi sangat efektif, tidak ada kesempatan bahwa penyebab akan muncul lagi
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah
3	
4	
5	Kemungkinan penyebab bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab terjadi
6	
7	Kemungkinan penyebab masih tinggi. Metode deteksi kurang efektif, penyebab dapat terulang kembali
8	
9	Kemungkinan bahwa penyebab itu terjadi sangat tinggi. Metode deteksi tidak efektif, penyebab akan selalu terjadi
10	

Sumber: Stamatis, D.H (1995)

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

Pengertian *Logic Tree Analysis* adalah suatu alat pengukur kualitatif, adapun tujuan dari penyusunan LTA adalah untuk memberikan prioritas pada setiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan menjadi tidak sama. Suatu mode kerusakan bisa diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang disediakan dalam LTA ini, Tondang (2016).

Struktur LTA tersebut berisi informasi mengenai nomor dan mode kerusakan, nomor dan nama kegagalan fungsi, analisis kekritisan dan keterangan – keterangan lain yang dibutuhkan. Analisis kekritisan menempatkan pada setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Ada empat hal penting pada analisis kekritisan, Tondang (2016) adalah:

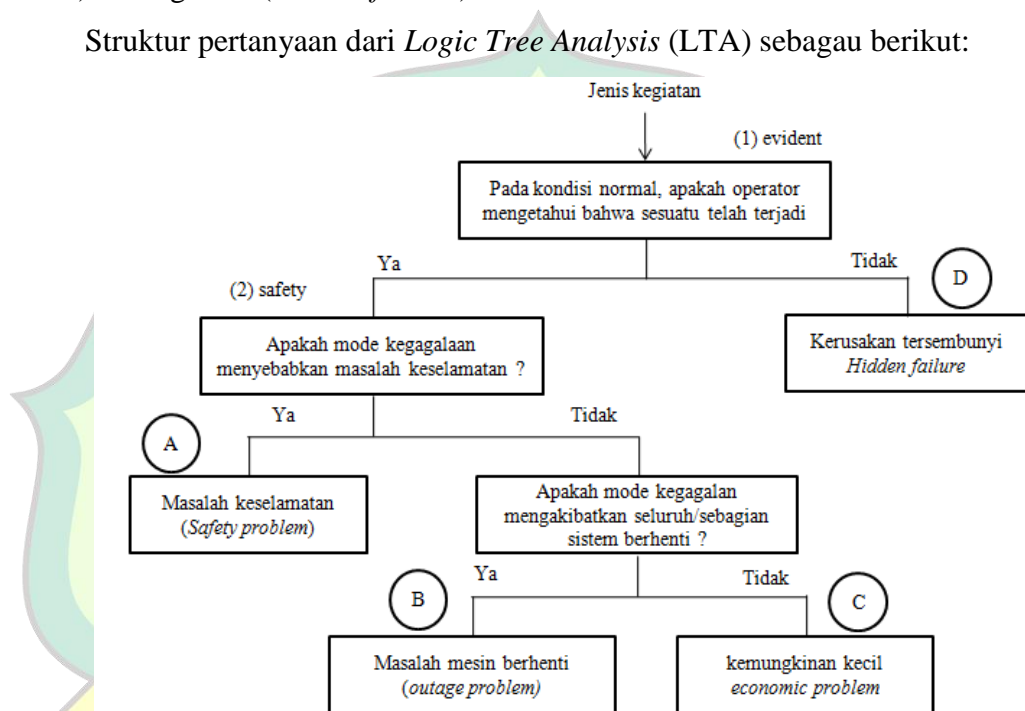
- a. *Evident*, ialah apakah operator mengetahui dalam keadaan normal, telah terjadi gangguan pada suatu sistem ?
- b. *Safety*, ialah apakah mode kerusakan ini menjadi penyebab pada masalah keselamatan ?
- c. *Outage*, ialah apakah mode kerusakan ini menjadikan seluruh atau sebagian mesin berhenti ?

d. *Category*, adalah klasifikasi diperoleh dari menjawab pertanyaan-pertanyaan.

Dalam analisis ini, komponen dibagi menjadi empat kategori, yaitu:

- 1) Kategori A (*Safety problem*)
- 2) Kategori B (*Outage problem*)
- 3) Kategori C (*Economic problem*)
- 4) Kategori D (*Hidden failure*)

Struktur pertanyaan dari *Logic Tree Analysis* (LTA) sebagai berikut:



Gambar 2.2. *Logic Tree Analysis*
Sumber: Smith and Hinchcliffe (2004)

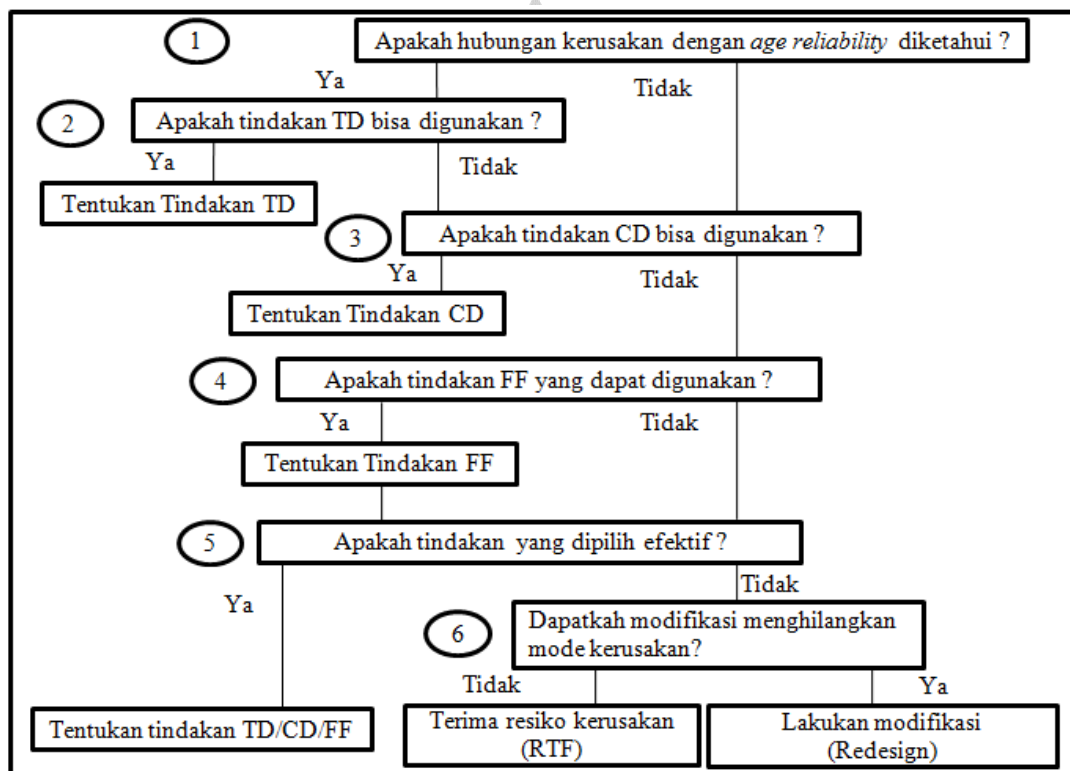
7. Pemilihan tindakan

Tahap terakhir dalam proses RCM adalah pemilihan tindakan, Pada proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Terdapat tiga jenis tindakan perawatan (Smith and Hinchcliffe, 2004) sebagai berikut:

- a. *Condition-Directed* (CD), merupakan tindakan yang diambil bertujuan untuk mendeteksi kerusakan, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Jika saat pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan pada peralatan maka diperlukan perbaikan atau pengantian komponen.

- b. *Time-Directed* (TD) adalah tindakan untuk mencegah langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
- c. *Failure-Finding* (FF) merupakan tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dengan cara memeriksa berkala.

Berikut ini cara untuk mengetahui pemilihan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan yang terjadi pada setiap komponen kritis.



Gambar 2.3. Road Map Pemilihan Tindakan
Sumber: Smith and Hinchcliffe (2004)

2.2. Keandalan (*Reliability*)

Menurut Mulia (2017) *Reliability* dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan. Pemeliharaan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Keandalan juga digunakan untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan sendiri. Konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan interval pergantian komponen mesin. Dalam *reliability* terdapat empat

konsep yang dipakai dalam pengukuran tingkat keandalan (*reliability*) suatu sistem atau produk, yaitu:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

Fungsi ini menunjukkan bahwa kerusakan terjadi terus menerus (*continious*) dan bersifat probabilistik dalam selang waktu $(0, \infty)$. Pengukuran kerusakan dilakukan dengan menggunakan data variabel seperti tinggi, jarak, dan jangka waktu. Dimana fungsi $f(x)$ dinyatakan fungsi kepadatan probabilitas.

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak, dimana variabel acak tidak lebih dari x .

3. Fungsi Keandalan

Jika variabel acak dinyatakan sebagai waktu kegagalan atau umur komponen, fungsi keandalan dinyatakan dengan $R(t)$ memiliki range $0 < R(t) < 1$, dimana: $R = 1$ sistem dapat melaksanakan fungsi dengan baik.

$R = 2$ sistem tidak dapat melaksanakan fungsi dengan baik.

Maka rumus keandalan adalah:

$$R(t) = 1 - P(T < t) = 1 - F(t)$$

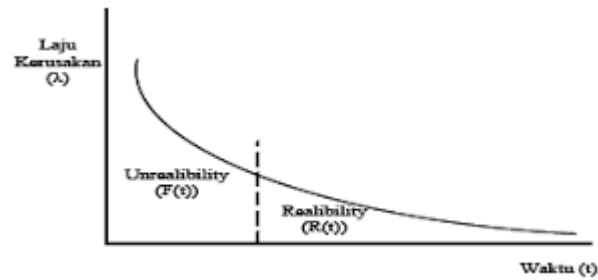
Fungsi keandalan $R(t)$ untuk perawatan preventif dirumuskan sebagai berikut:

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

Dimana n adalah jumlah pergantian pecegahan yang telah dilakukan sampai kurun waktu t , T adalah interval pergantian komponen, dan $F(t)$ adalah frekuensi distribusi kumulatif komponen.

4. Fungsi Laju Kerusakan

Fungsi laju kerusakan didefinisikan sebagai batas laju kerusakan dalam interval waktu yang lama mendekati nol, maka fungsi laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat.

Gambar 2.4. Kurva *Reability*

Sumber: Mulia (2017)

2.2.1. Pola Distribusi

Dalam menentukan *reability* suatu komponen faktor – faktor yang dapat saling berhubungan adalah faktor laju kerusakan dan waktu. Distribusi yang biasa digunakan untuk mengetahui pola data kerusakan adalah lognormal, normal, *weibull*, dan exponential. Adapun notasi yang digunakan Abdurrahman (2017) yaitu:

t	= Interval waktu
$f(t)$	= Probability density function
$F(t)$	= Cumulative ditribution function
$R(t)$	= Fungsi keandalan
$\lambda(t)$	= Fungsi laju kegagalan
σ	= Standar deviasi
μ	= Rata-rata
s	= Scale parameter
t_{med}	= median
β	= Shape parameter
θ	= Scale parameter
$MTTF$	= Mean time to failure

1. Distribusi *Lognormal*

Distribusi *lognormal* mempunyai dua parameter, yaitu s (*scale parameter*) dan t_{med} (*median* dari data waktu kerusakan) yang juga menunjukkan median dari data.

Menurut Abdurrahman (2017) fungsi yang terdapat dalam distribusi *lognormal* yaitu:

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \Phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

Dimana $\Phi(z)$ diperoleh dari tabel standarisasi normal dan lognormal

- d. Fungsi laju Kerusakan

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

- e. Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = t_{med} \exp \left(\frac{s^2}{2} \right)$$

1. Distribusi Normal

Distribusi ini biasanya disebut kurva lonceng karena grafik fungsi kepadatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng. Parameter pada distribusi normal yaitu μ dan σ . Menurut (Abdurrahman, 2017) fungsi yang ada pada distribusi normal antara lain:

- a. Fungsi kepadatan Probabilitas

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

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)$$

Dimana $\Phi(z)$ diperoleh dari tabel standarisasi normal dan lognormal

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \varphi\left(t - \frac{\mu}{\sigma}\right)}$$

e. Mean Time To Failure (MTTF)

$$\text{MTTF} = \mu$$

2. Distribusi *Weibull*

Distribusi *weibull* adalah satu distribusi yang digunakan dalam keandalan dan teknik perawatan. Distribusi *weibull* merupakan suatu distribusi serbaguna yang dapat digunakan dalam berbagai bentuk atau pola kerusakan, tergantung pada nilai parameter β , sehingga tingkat fungsi kegagalan dapat berkurang, tetap, atau terus meningkat.

Distribusi *weibull* mempunyai dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini, yaitu β (Shape Parameter) dan θ (Scale Parameter). Menurut (Abdurrahman, 2017) Distribusi *Weibull* dengan dua parameter diformulasikan sebagai berikut:

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

Dimana $t \geq 0$; $\delta, \beta, \theta > 0$

Sedangkan rumus distribusi *weibull* dengan tiga parameter adalah sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \text{ dengan } \delta \text{ merupakan parameter lokasi}$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right]$$

c. Fungsi Keandalan

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

d. Mean Time To Failure (MTTF)

$$\text{MTTF} = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

3. Distribusi Exponential

Distribusi exponential digunakan untuk memodelkan laju kerusakan yang konstan untuk sistem yang beroperasi secara kontinyu. Menurut Abdurrahman (2017) fungsi yang terdapat dalam distribusi eksponential yaitu:

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda.t)$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda.t)$$

c. Fungsi Laju Kerusakan

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

d. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \exp(-\lambda.t)$$

e. Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

2.2.2. Index of Fit

Menurut (Abdurrahman, 2017) dalam menentukan jenis distribusi yang hendak digunakan untuk menghitung keandalan dan MTTF, maka langkah yang harus dilakukan adalah mencari nilai *r* (*correlation coefficient*) untuk masing-masing jenis distribusi dan pilih berdasarkan *r* terbesar. Rumus *index of fit* dapat menggunakan rumus yang terdapat pada statistik:

1. *Correlation coefficient* distribusi *weibull* dan *exponensial*

$$r_{\text{weibull dan exponensial}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

2. *Correlation coefficient* distribusi normal dan lognormal

$$r_{\text{normal dan lognormal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

Dimana rumus yang digunakan antara lain:

a. Distribusi *Weibull*

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$$

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

b. Distribusi eksponensial

$$x_i = t_i$$

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

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

c. Distribusi Normal

$$x_i = t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$$

Z_i = diperoleh dari tabel z (tabel normal)

d. Distribusi Lognormal

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$$

Z_i = diperoleh dari tabel z (tabel normal)

2.2.3. Parameter Distribusi

Menurut (Abdurrahman, 2017) salah satu faktor yang penting dalam menentukan keandalan suatu komponen atau mesin dan dalam mengetahui tingkat kerusakan suatu komponen atau mesin adalah parameter dari setiap distribusi.

Rumus yang digunakan dalam menentukan parameter distribusi antara lain:

1. Distribusi *Weibull*

$$\text{Parameter } \mu = \alpha^{-\frac{1}{\beta}} \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$\text{Parameter } \sigma = \alpha^{-\frac{2}{\beta}} \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \left(\Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right)^2 \right]$$

2. Distribusi Normal

$$\text{Parameter } \mu = X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\text{Parameter } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{n-1}}$$

3. Distribusi Lognormal

$$\text{Gradien } b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{n (\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$\text{Intersep } a = y_i - b x_i$$

$$\text{Parameter } s = \frac{1}{b}$$

$$\text{Parameter } t_{\text{med}} = e^{-sa}$$

4. Distribusi Eksponensial

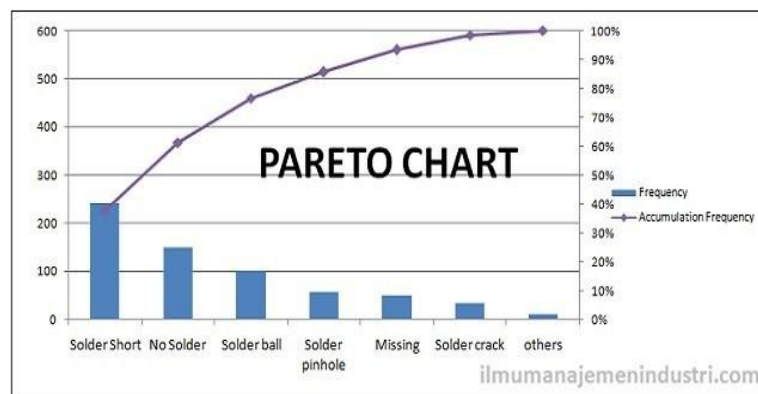
$$\text{Parameter } \beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$\text{Parameter } \lambda = \beta$$

2.3. Diagram Pareto

Pareto Chart (bagan pareto) merupakan bagan yang terdiri dari diagram batang dan diagram garis, diagram batang adalah diagram yang menunjukkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis merupakan diagram yang mewakili jumlah data kumulatif, (Muhammad, 2017). Cara pengelompokan data diurutkan mulai dari kiri ke kanan berdasarkan pada urutan ranking tertinggi sampai terendah.

Ranking tertinggi ialah masalah prioritas atau masalah terpenting yang harus segera diselesaikan, sedangkan ranking terendah merupakan yang terpenting untuk segera diselesaikan. Prinsip dari *pareto chart* sesuai dengan hukum pareto yang menyatakan bahwa pada sebuah grup selalu memiliki persentase terkecil (20%) yang bernilai atau memiliki dampak terbesar (80%). Jadi diagram pareto mengidentifikasi 20% penyebab masalah vital untuk dapat mewujudkan 80% *improvement* secara keseluruhan.



Gambar 2.5. Pareto Chart
Sumber: Muhammad (2017)

2.4. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menjadi bandingan dan bahan referensi dalam penelitian tugas akhir ini diantaranya:

Tabel 2.4. Penelitian Terdahulu

No	Judul	Penulis & Tahun	Alat Analisis	Hasil Penelitian
1.	Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan FMEA pada PTPN II PG kwala Madu	Adra Judhika Tondang, 2016	Metode Reliability Centered Maintenance dan FMEA	Interval pergantian optimum komponen-komponen yang mempunyai RPN besar (≥ 300).
2.	Usulan Perencanaan perawatan mesin screw press dengan Metode Reliability Centered Maintenance PT.PP Londonsumatra Indonesia Tbk, Turangie palm oil mill	Bagus Mulia, 2017	Metode Reliability Centered Maintenance	Rekomendasi jenis tindakan atau aktivitas perawatan (<i>maintenance task</i>) yang dilakukan pada setiap komponen yang diteliti

Tabel 2.4. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

3.	Perancangan Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) pada PT Indoneptune Net Manufacturing	Didit Denur Rochman 1), Cindy Chinthya Dessy Panigoro 2), 2017	Metode Reliability Centered Maintenance	Perencanaan perawatan yang terdiri dari 16 tugas pencegahan kegagalan (<i>Time Directed Task</i>), 6 tugas deteksi kegagalan dan penyebab sebelum terjadi kegagalan (<i>Condition Directed</i>) dan 5 tugas menjalankan mesin guna untuk menemukan kegagalan (<i>Run to Failure</i>).
4	Analisis Reliability centered Maintenance Rel Conveyor pada Mesin Oven BTU Pyramax 150N di PT. Flextronics Teknologi Indonesia–Batam	Sariyusda, S, 2018	Metode Reliability Centered Maintenance	Terdapat 3 komponen kritis, sehingga memerlukan kegiatan <i>preventive maintenance</i> dan <i>condition based maintenance</i> , dan dirancang kegiatan perawatan yaitu <i>failure finding task</i> .