

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 PERAWATAN (MAINTENANCE)**

##### **2.1.1 .PENGERTIAN PERAWATAN (MAINTENANCE)**

Perawatan adalah suatu aktivitas untuk memelihara fasilitas peralatan pabrik mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.(Harsono ,1984)

Sedangkan Perawatan menurut (patrick,2001) adalah suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga fasilitas yang ada serta memperbaiki,melakukan penyesuaian atau penggantian yang dilakukan untukmendapatkan suatu kondisi operasi produksi agar sesuai dengan perancangan yang ada.

Jadi kesimpulan sederhana dari perawatan adalah untuk menjaga suatu kinerja peralatan fasilitas/mesin pabrik agar tetap beroperasi dengan baik tanpa kerusakan dan jika keadaan fasilitas/mesin pabrik rusak di usahakan untuk memperbaiki dan dikembalikan dengan kondisi baik atau siap beroperasi.

##### **2.1.2 . TUJUAN PERAWATAN**

Tujuan pemeliharaan yang utama adalah :

1. Memperpanjang usia fasilitas/mesin pabrik guna memenuhi kebutuhan rencana produksi dengan sesuai target.
2. Menjamin kesiapan seluruh peralatan yang di perlukan ketika keadaan darurat atau permintaan konsumen yang lebih banyak dari produksi biasanya
3. Mengurangi biaya pergantian komponen yang rawan rusak dikarenakan kurangnya perawatan pada mesin tersebut.
4. Menjamin keselamatan kerja orang yang menggunakan sarana tersebut
5. Mencapai tingkat biaya serendah mungkin,dengan melaksanakan perawatan secara efektif dan efisien untuk semua fasilitas .

##### **2.1.3 . JENIS JENIS PERAWATAN**

Perawatan ada dua macam, yaitu perawatan terencana dan tidak di rencana, untuk perawatan terencana adalah yang diorganisasi/dilakukan sesuai jadwal perawatan yang di tentukan. Sedangkan maksud dari perawatan yang tidak di rencana adalah perawatan yang perlu di perbaiki setelah ada kondisi darurat dari fasilitas/mesin pabrik yang harus dilaksanakan secepat mungkin untuk kelanjutan

produksi misalnya kerusakan mesin atau mesin tiba-tiba break down ketika waktu produksi.

Ada dua aktivitas perawatan utama yaitu :

#### 1. Perawatan pencegahan (preventive maintenance)

Perawatan pencegahan (Preventive maintenance) adalah 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 proses produksi. Jadi, semua fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan (preventive maintenance) akan terjamin kontinuitas kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat.

Untuk tujuan dari perawatan pencegahan sendiri adalah :

- a. Memperpanjang umur produktif asset dengan mendeteksi bahwa sebuah asset memiliki titik kritis penggunaan (critical wear point) dan mungkin akan mengalami kerusakan.
- b. Melakukan inspeksi secara efektif dan menjaga supaya kondisi peralatan selalu dalam keadaan sehat.
- c. Mengeliminir kerusakan peralatan dan hasil produksi yang cacat serta meningkatkan ketahanan mesin dan kemampuan proses
- d. Mengurangi waktu yang terbuang pada kerusakan peralatan dengan membuat aktivitas pemeliharaan peralatan
- e. Menjaga biaya produksi seminimum mungkin.

#### 2. Perawatan korektif (*Corrective Maintenance*)

Perawatan korektif (*Corrective Maintenance*) merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mengatasi kegagalan atau kerusakan yang ditemukan selama masa waktu *preventive maintenance*. Pada umumnya, Perawatan korektif bukanlah aktivitas perawatan yang terjadwal, karena dilakukan setelah sebuah komponen mengalami kerusakan dan bertujuan untuk mengembalikan kehandalan sebuah komponen atau sistem ke kondisi semula.

Perawatan korektif (*Corrective maintenance*) dikenal sebagai ***breakdown*** atau ***run to failure maintenance***. Pemeliharaan hanya dilakukan setelah peralatan atau mesin rusak. Bila strategi pemeliharaan ini digunakan sebagai strategi utama akan menimbulkan dampak tingginya kegiatan pemeliharaan yang tidak direncanakan dan inventori part pengganti.

Perawatan korektif (*Corrective Maintenance*) adalah tindakan perawatan yang dilakukan untuk mengatasi kerusakan-kerusakan atau kemacetan yang terjadi berulang kali. Prosedur ini diterapkan pada peralatan atau mesin yang sewaktu-waktu dapat rusak. Dalam kaitan ini perlu dipelajari penyebabnya-penyebabnya, perbaikan apa yang dapat dilakukan, dan bagaimanakah tindakan selanjutnya untuk mencegah agar kerusakan tidak terulang lagi.

Pada umumnya usaha untuk mengatasi kerusakan itu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Merubah proses
- b. Merancang kembali komponen yang gagal
- c. Mengganti dengan komponen baru atau yang lebih baik
- d. Meningkatkan prosedur perawatan preventif. Sebagai contoh, melakukan pelumasan sesuai ketentuannya atau mengatur kembali frekuensi dan isi daripada pekerjaan inspeksi.
- e. Meninjau kembali dan merubah sistem pengoperasian mesin. Misalnya dengan merubah beban unit, atau melatih operator dengan sistem operasi yang lebih baik, terutama pada unit-unit khusus.

Perawatan korektif tidak dapat menghilangkan semua kerusakan, karena bagaimanapun juga suatu alat atau mesin-mesin yang dipakai lambat laun akan rusak. Namun demikian, dengan adanya tindakan perbaikan yang memadai akan dapat membatasi terjadinya kerusakan.

Dalam pelaksanaan kerjanya, untuk mengatasi kerusakan dan mengambil tindakan korektif yang diperlukan adalah tanggung jawab bersama dari bagian teknik, produksi dan perawatan. Secara umum, pengelolaan dan pengkoordinasian untuk penerapan program perawatan preventif adalah tanggung jawab manajer teknik dan perawatan.

Pemeliharaan yang bersifat memperbaiki (*corrective maintenance*) akan berkaitan dengan deteksi kerusakan, penentuan lokasi kerusakan, dan perbaikan atau penggantian bagian yang rusak.

## 2.2 RCM (**reliability centered maintenance**)

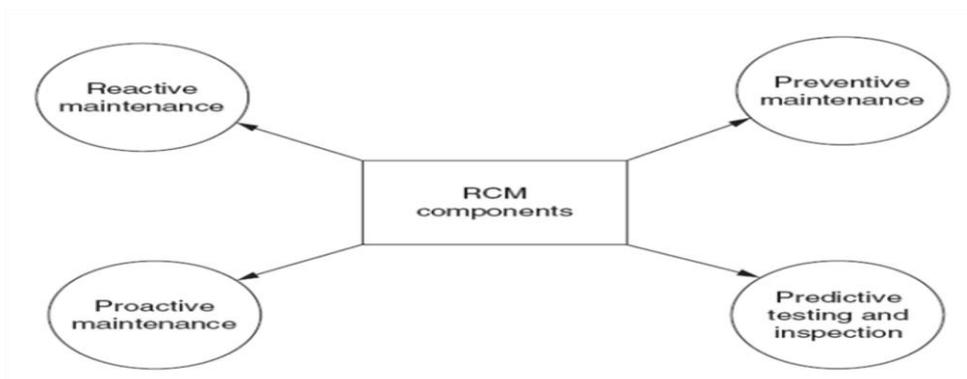
### 2.2.1 . Pengertian Reliability Centered Maintenance (RCM)

Maintenance berasal dari kata "to maintain" yang memiliki arti "merawat". Dan memiliki padanan kata yaitu "to repair" yang berarti memperbaiki. Sehingga maintenance (perawatan) adalah sebuah perlakuan merawat atau memperbaiki suatu komponen agar dapat kembali digunakan dan berumur panjang.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu asset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini atau suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari preventive maintenance (pm) dan corective maintenance (cm) untuk memaksimalkan umur (life time) dan fungsi asset/sistem /equipment dengan biaya minimal (minimum cost).

### 2.2.2 . Ruang Lingkup RCM

Ada empat komponen besar dalam reliability centered maintenance (RCM) dijelaskan pada gambar dibawah ini , yaitu reactive maintenance, preventive maintenance, predictive testing and inspection, dan proactive maintenance. Untuk lebih jelasnya dirangkum ke dalam gambar seperti di bawah ini :



**gambar 2.1 ruang lingkup RCM**

#### a.Preventive maintenance

*Preventive maintenance* (PM) merupakan bagian terpenting dalam aktifitas perawatan. *Preventive maintenance* dapat diartikan sebagai sebuah tindakan perawatan untuk menjaga sistem/*sub-assembly* agar tetap beroperasi sesuai dengan fungsinya dengan cara mempersiapkan inspeksi secara sistematis, deteksi dan koreksi pada kerusakan yang kecil untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar. Beberapa tujuan utama dari *preventive maintenance* adalah untuk meningkatkan umur produktif komponen, mengurangi terjadinya *breakdown* pada komponen kritis, untuk mendapatkan perencanaan dan penjadwalan perawatan yang dibutuhkan.

Untuk mengembangkan program *preventive maintenance* yang efektif, diperlukan beberapa hal yang diantaranya adalah *historical records* dari perawatan

mesin ball mill, rekomendasi manufaktur, petunjuk *service(service manual)*, identifikasi dari semua komponen, peralatan pengujian dan alat bantu, informasi kerusakan berdasarkan permasalahan, penyebab atau tindakan yang diambil.

#### b. Reactive Maintenance

*Reactive Maintenance* Jenis perawatan ini juga dikenal sebagai *breakdown*, membenarkan apabila terjadi kerusakan, *run-to-failure* atau *repair maintenance*. Ketika menggunakan pendekatan perawatan, *equipment repair, maintenance*, atau *replacement* hanya pada saat *item* menghasilkan kegagalan fungsi. Pada jenis perawatan ini diasumsikan sama dengan kesempatan terjadinya kegagalan pada berbagai *part*, komponen atau sistem. Ketika *reactive maintenance* jarang diterapkan, tingkat pergantian *part* yang tinggi, usaha *maintenance* yang jarang dilakukan, tingginya persentase aktifitas perawatan yang tidak direncanakan adalah sudah biasa. Untuk lebih jauh, program *reactive maintenance* kelihatannya mempunyai pengaruh terhadap *item survivability*. *Reactive maintenance* dapat dilatih dengan efektif hanya jika dilakukan sebagai sebuah keputusan yang sangat penting, berdasarkan dari kesimpulan analisa RCM bahwa resiko perbandingan biaya kerusakan dengan biaya perawatan dibutuhkan untuk mengurangi biaya kerusakan.

#### c. Tes Prediksi dan Inpeksi (Predictive Testing dan Inspection/PTI)

Walaupun banyak metode yang dapat digunakan untuk menentukan jadwal PM, namun tidak ada yang valid sebelum didapatkan *age-reliability characteristic* dari sebuah komponen. Biasanya informasi ini tidak disediakan oleh produsen sehingga kita harus memprediksi jadwal perbaikan pada awalnya. PTI dapat digunakan untuk membuat jadwal dari *time based maintenance*, karena hasilnya digaransi oleh kondisi *equipment* yang termonitor. Data PTI yang diambil secara periodik dapat digunakan untuk menentukan trend kondisi *equipment*, perbandingan data antar *equipment*, proses analisis statistik, dsb. PTI tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya metode *maintenance*, karena PTI tidak dapat mengatasi semua potensi kegagalan. Namun pengalaman menunjukkan bahwa PTI sangat berguna untuk menentukan kondisi suatu komponen terhadap umurnya.

#### d. Proactive Maintenance

*Proactive Maintenance* Jenis perawatan ini membantu meningkatkan perawatan melalui tindakan seperti desain yang lebih baik, *workmanship*,

pemasangan, penjadwalan, dan prosedur perawatan. Karakteristik dari *proactive maintenance* termasuk menerapkan sebuah proses pengembangan yang berkelanjutan, menggunakan *feedback* dan komunikasi untuk memastikan bahwa perubahan desain/prosedur yang dibuat desainer/management tersebut adalah efektif, memastikan bahwa tidak berpengaruh perawatan yang terjadi dalam isolasi keseluruhan, dengan tujuan akhir mengoptimisasikan dan menggabungkan metode perawatan dengan teknologi pada masing – masing aplikasi. Hal tersebut termasuk dalam melaksanakan *root-cause failure analysis* dan *predictive analysis* untuk meningkatkan efektifitas perawatan, mempengaruhi evaluasi secara periodik dari kandungan teknis dan performa jarak yang terjadi antara maintenance task yang satu dengan yang lain, meningkatkan fungsi dengan mendukung perawatan dalam perencanaan program perawatan, dan menggunakan tampilan dari perawatan berdasarkan *life-cycle* dan fungsi – fungsi yang mendukung..

### 2.2.3 Penjelasan Tentang 6 Pertanyaan Pada RCM

Sebuah proses disebut sebagai proses RCM jika memenuhi tujuh pertanyaan dasar dan prosesnya berlangsung sesuai dengan urutan pertanyaan tersebut. enam pertanyaan dasar yang harus diajukan agar implementasi dari RCM dapat berlangsung secara efektif, yaitu :

#### 1. Fungsi

Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari item dalam konteks pada saat ini (*system function*)?

Sebelum memungkinkan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menyakinkan bahwa beberapa asset fisik bekerja sesuai dengan yang diharapkan oleh pengguna dalam operasi actual, maka harus :

- a. Ditemukan apa yang pengguna ingin lakukan
- b. Menyakinkan bahwa ini dapat dilakukan dimana penggunanya akan mengoperasikannya.

Ini yang menjadi alasan langkah pertama dalam proses RCM adalah mendefinisikan fungsi dari setiap asset disertai dengan kinerja standar yang diharapkan. Apa yang pengguna ekspektasikan dalam melakukan penggunaan dikategorikan dalam tiga fungsi yaitu :

- a. Fungsi primer. Merupakan fungsi utama, seperti : output, kecepatan, kapasitas, kualitas produk, atau pelanggan.
- b. Fungsi standar. Dimana diharapkan bahwa setiap asset dapat melakukan lebih dari fungsi primer, seperti : keselamatan, baik bagi lingkungan, pengendalian, integritas struktur, ekonomi, proteksi atau efisiensi operasi.

c. Para pengguna dari asset fisik biasanya dalam posisi terbaik dengan mengetahui secara pasti apa kontribusi setiap asset secara fisik dan keuangan dalam organisasi.

## 2. Kegagalan Fungsional

Bagaimana item/peralatan tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?

Fungsi system didefinisikan sebagai fungsi dari item yang diharapkan oleh user tetapi masih berada dalam level kemampuan dari item tersebut sejak saat dibuat. System maintenance hanya mampu menjaga kondisi item tetap berada dibawah initial capability dari desain item. Failure fungsi didefinisikan sebagai kegagalan dari suatu system untuk melaksanakan system function.

## 3. Failure Mode (Penyebab Kegagalan)

Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure mode*)?

Setelah setiap *functional failure* teridentifikasi, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi *failure mode* yang menyebabkan *loss of function*. *Failure mode* merupakan suatu keadaan yang dapat menyebabkan *functional failure*. Dalam suatu item bisa terdapat puluhan *failure mode*. *Failure mode* tersebut tidak hanya mencakup kegagalan-kegagalan yang telah terjadi, akan tetapi mencakup juga semua kegagalan yang mungkin terjadi.

## 4. Konsekuensi Kegagalan

Bagaimana masing – masing kerusakan tersebut terjadi (*failure consequence*)?

RCM mengklasifikasikan *failure consequences* ke dalam empat kategori yaitu :

### a. *Hidden failure consequences*

Kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator. *Hidden failure* tidak memberikan pengaruh secara langsung, tapi lama kelamaan dapat menyebabkan *failure* yang lebih fatal.

### b. *Safety and environmental consequences*

Konsekuensi ini apabila *failure* dapat melukai atau atau mengancam jiwa seseorang.

### c. *Operational consequences*

Suatu *failure* berdampak operasional jika memengaruhi produksi (*output*, kualitas produk, *customer service* atau biaya operasi di samping biaya perbaikan secara langsung).

d. *Non-Operational consequences*

*Failure* tidak menyebabkan pengaruh terhadap *safety* maupun produksi, jadi hanya memiliki *direct cost of repair*.

## 5. Pemilihan Kegiatan Preventive & Interval Pelaksanaan

Apakah yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing – masing kegagalan tersebut (*proactive task and task interval*)?

Dalam SCM Tindakan preventive yang digunakan dikelompokkan menjadi tiga kategori besar yaitu :

a. *Scheduled On-Condition*

Merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan dengan mengamati/mengukur performansi/kondisi komponen pada saat mesin sedang beroperasi, bilamana terdapat tanda-tanda kerusakan pada komponen. Sehingga dengan demikian, dapat dilakukan tindakan untuk mncegah terjadinya kegagalan fungsional atau unuk mencegah konsekuensi yang lebih besar dari pada kegagalan tersebut.

b. *Scheduled restoration*

Merupakan kegiatan perawatan dengan memperbaiki komponen pada jadwal tertentu sebelum batas usia tertentu, tanpa memperhatikan kondisi komponen pada saat itu. Sehingga untuk pelaksanaan kegiatan ini, mesin harus dihentikan.

c. *Scheduled Discard*

Merupakan kegiatan penggantian komponen pada saat komponen mencapai usia tertentu, tanpa memperhatikan kondisi komponen pada saat itu.

## 6. Tindakan Default

Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan?

Tindakan ini dilakukan ketika sudah berada dalam *failed state*, dan dipilih ketika tindakan *proactive task* yang efektif tidak mungkin dilakukan. *Default Action* meliputi :

a. *Schedulled failure finding*, meliputi tindakan pemeriksaan secara periodic terhadap fungsi – fungsi yang tersembunyi untuk mengetahui apakah item tersebut telah rusak

- b. *Re-design*, membuat suatu perubahan untuk membangun kembali kemampuan suatu item. Hal ini mencakup modifikasi terhadap perangkat keras dan juga perubahan prosedur
- c. *Run to failure*, membiarkan item beroperasi sampai terjadi failure karena secara financial tindakan pencegahan yang dilakukan tidak menguntungkan

Reliability Centered Maintenance (RCM) lebih menitikberatkan pada penggunaan analisa kualitatif untuk komponen yang dapat menyebabkan kegagalan pada suatu system. Ketujuh pertanyaan diatas dituangkan dalam bentuk Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan RCM II Decision Diagram yang tergabung dalam RCM Worksheet.

#### 2.2.4 failure consequences (Konsekuensi kegagalan)

RCM mengklasifikasikan ke dalam empat kategori yaitu :

##### 1. *Hidden failure consequences*

Kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator. *Hidden failure* tidak memberikan pengaruh secara langsung, tapi lama kelamaan dapat menyebabkan *failure* yang lebih fatal.

##### 2. *Safety and environmental consequences*

Konsekuensi ini apabila *failure* dapat melukai atau mengancam jiwa seseorang.

##### 3. *Operational consequences*

Suatu *failure* berdampak operasional jika memengaruhi produksi (*output*, kualitas produk, *customer service* atau biaya operasi di samping biaya perbaikan secara langsung).

##### 4. *Non-Operational consequences*

*Failure* tidak menyebabkan pengaruh terhadap *safety* maupun produksi, jadi hanya memiliki *direct cost of repair*.

#### 2.2.5 Failure Mode

Setelah setiap *functional failure* teridentifikasi, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi *failure mode* yang menyebabkan *loss of function*. *Failure mode* merupakan suatu keadaan yang dapat menyebabkan *functional failure*. Dalam suatu item bisa terdapat puluhan *failure mode*. *Failure mode* tersebut tidak hanya mencakup kegagalan-kegagalan yang telah terjadi, akan tetapi mencakup juga semua kegagalan yang mungkin terjadi.

Tabel ini merupakan tabel RCM information worksheet :

**Tabel 2.1 RCM Information**

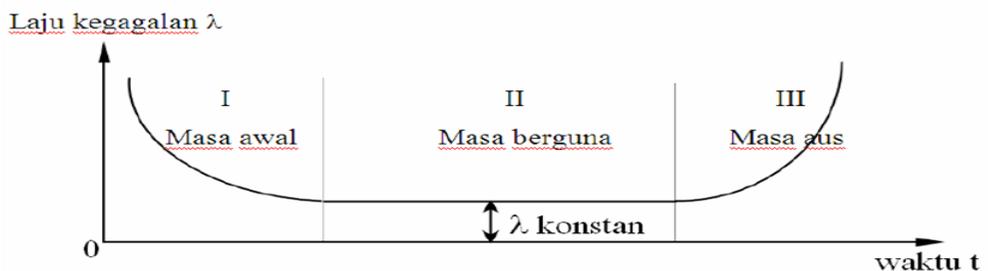
RCM Information Worksheet			
Function (fungsi)	Functional Failure (kegagalan Fungsi)	Failure Mode (modus kegagalan)	Failure Effect (efek kegagalan)

### 2.2.6 Initial Capability dan Desired Performance

Initial capability adalah kemampuan awal yang diinginkan sedangkan desired performance adalah kinerja yang diinginkan, keduanya merupakan item yang penting dalam perawatan (Maintenance) dimana maintenance merupakan suatu aktifitas yang dilakukan agar peralatan atau item dapat dijalankan sesuai dengan standar performansi semula. Atau juga didefinisikan sebagai suatu tindakan yang dibutuhkan untuk mencapai suatu hasil yang dapat mengembalikan atau mempertahankan item pada kondisi yang selalu berfungsi. Tujuan dari perawatan adalah memperpanjang umur pakai peralatan, menjamin tingkat ketersediaan yang optimal dari fasilitas produksi, menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas untuk pemakaian darurat serta menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.

### 2.2.7 Kurva P-F

Pemikiran utama dari RCM adalah semua mesin yang digunakan memiliki batas umur, dan jumlah kegagalan yang umumnya terjadi mengikuti “kurva bak mandi (*bath-up curve*)” seperti terlihat dari Gambar berikut :



**gambar 2.2 Hubungan Antara Jumlah Kegagalan Mesin Dan Waktu Pengoprasian**

### 2.2.8 Pola Distribusi

Pola distribusi kerusakan mesin atau komponennya biasanya merupakan distribusi Weibull, Lognormal, Eksponensial dan Normal. Pola-pola berikut ini merupakan pola yang umum menggambarkan distribusi kerusakan komponen mesin.

#### a. Distribusi Weibull

Distribusi ini dikembangkan oleh W. Weibull pada awal tahun 1950. Distribusi Weibull adalah salah satu distribusi yang penting pada teori *reliability*. Distribusi Weibull sangat luas digunakan untuk analisa kehilangan performansi pada sistem kompleks di dalam sistem *engineering*. Secara umum, distribusi ini dapat digunakan untuk menjelaskan data saat waktu menunggu hingga terjadi kejadian dan untuk menyatakan berbagai fenomena fisika yang berbeda-beda. Dengan demikian, distribusi ini dapat diterapkan pada analisa resiko karena dapat menduga umur pakai (*life time*) komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi Weibull:

##### 1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

$$t \geq \gamma ; \alpha, \beta \geq 0$$

##### 2. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

$$t \geq \gamma ; \alpha, \beta \geq 0$$

##### 3. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$

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

#### 4. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$

#### 5. Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF adalah rata-rata waktu atau interval waktu kerusakan mesin atau komponen dalam distribusi kegagalan.

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

$\Gamma$  = Fungsi Gamma,  $\Gamma(n) = (n-1)!$ , dapat diperoleh melalui nilai fungsi gamma.

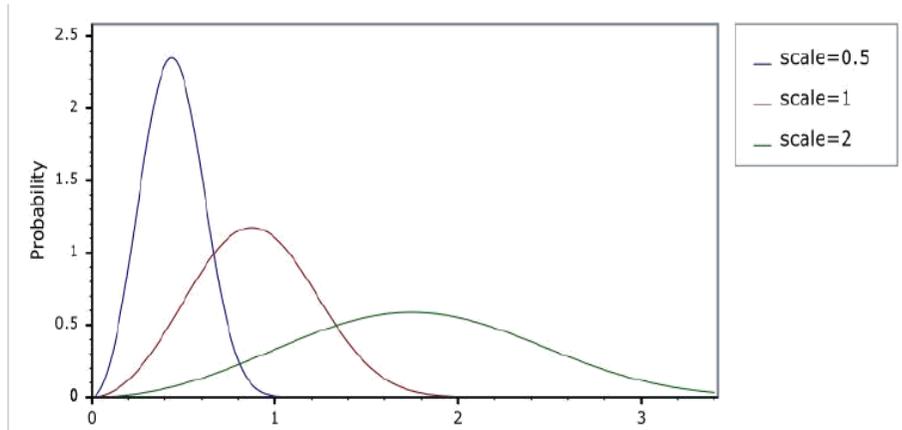
Dimana, menurut *Stirling*  $n! \approx \sqrt{2\pi n} \frac{n^n}{e^n}$

$\Pi = 3,142..$

$e = 2,718...$

Parameter  $\beta$  disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan weibull (*weibull slope*), sedangkan parameter  $\alpha$  disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup. Bentuk fungsi distribusi weibull bergantung pada parameter bentuknya ( $\beta$ ), yaitu:

- a.  $\beta < 1$ : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dengan laju kerusakan cenderung menurun.
- b.  $\beta = 1$ : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.
- c.  $\beta > 1$ : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.



**gambar 2.3 Pola Distribusi Weibull**

## b. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal sangat cocok menggambarkan lamanya waktu perbaikan suatu komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi Lognormal:

### 1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

### 2. Fungsi Distribusi Kumulatif

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

## 3. Fungsi Keandalan

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

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

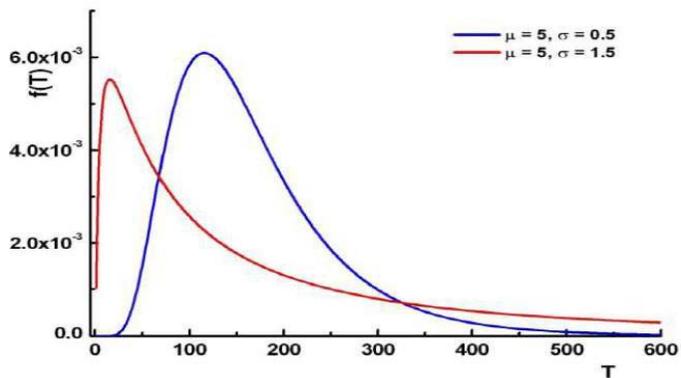
## 4. Fungsi Laju Kerusakan

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

## 5. Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

Konsep *reliability* distribusi Lognormal tergantung pada nilai  $\mu$  (rata-rata) dan  $\sigma$  (standar deviasi).



**Gambar 2.4. Pola Distribusi Lognormal**

**gambar 2.4 Pola Distribusi Lognormal**

### 3. Distribusi Ekspensial

Distribusi ini secara luas digunakan dalam kehandalan dan perawatan. Hal ini dikarenakan distribusi ini mudah digunakan untuk berbagai tipe analisis dan memiliki laju kegagalan yang konstan selama masa pakai. Fungsi-fungsi dari distribusi Ekspensial:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

$$t > 0$$

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

3. Fungsi Keandalan

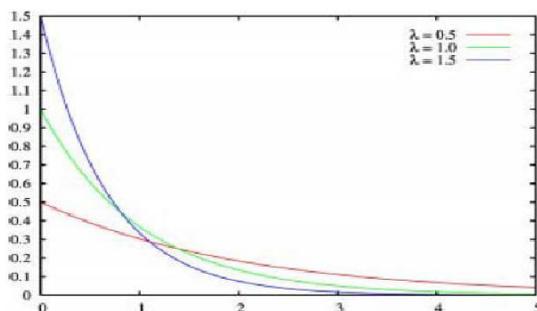
$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

4. Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \lambda$$

5. *Mean Time To Failure* (MTTF)

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



**Gambar 2.5 Pola Distribusi Ekspensial**

#### 4. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah distribusi yang paling sering dan umum digunakan. Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss yang ditemukan oleh Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Fungsi-fungsi dari distribusi Normal adalah:

##### 1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

##### 2. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

##### 3. Fungsi Keandalan

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

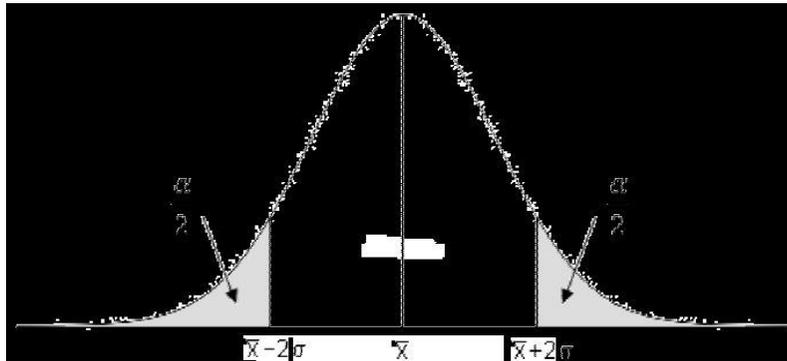
##### 4. Fungsi Laju Kerusakan

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

##### 5. Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = \mu$$

Konsep *reliability* distribusi normal tergantung pada nilai  $\mu$  (rata-rata) dan  $\sigma$  (standar deviasi).



**gambar 2.6 Pola Distribusi Normal**

Dari kurva dapat dijelaskan bahwa masa awal dari suatu komponen atau sistem ditandai dengan tingginya kegagalan yang berangsur-angsur turun seiring dengan bertambahnya waktu. Untuk masa berguna laju kegagalan komponen atau system cenderung konstan dan untuk masa aus ditandai dengan laju kegagalan yang cenderung naik seiring dengan bertambahnya waktu.

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Nama	Tahun	Judul	Objek	metode penelitian	Hasil
Hendro Aseco, Kifayah Amar, Yandra Rahardian	2012	usulan perencanaan perawatan mesin dengan metode reliability centered maintenance (rcm) di pt.perkebunan nusantara vii (persero) unit usaha sungai niru kab.muara enim	mesin kelapa sawit	RCM (reliability centered maintenance)	memperoleh hasil yang lebih signifikan dalam peningkatan produktivitas. Penelitian selanjutnya dapat meneliti komponen-komponen lain pada stasiun-stasiun yang lain.

Azka Nur Aufar	2014	usulan kebijakan perawatan area produksi trim chassis dengan menggunakan metode reliability centered maintenance (studi kasus : pt. nissan motor indonesia)	mesin overhead conveyor (OHC)	RCM (reliability centered maintenance)	Memperoleh hasil bahwa banyaknya mode kegagalan yang perlu dimodifikasi dalam hal kebijakan perawatannya, maka diperlukan pula upaya untuk menerapkannya kedalam situasi nyata.
Diana Puspita Sari	2016	evaluasi manajemen perawatan dengan metode reliability centered maintenance (rcm) pada mesin blowing i di plant i pt. pisma putra textile	mesin blowing	RCM (reliability centered maintenance)	kegiatan perawatan yang dilakukan adalah jenis kerusakan permukaan belt bergelombang, belt putus, kayu apron patah, dan paku-paku apron patah adalah scheduled discard task dengan interval perawatan dan Total Cost optimal
Duhan Arsyadiaga	2018	analisis penentuan waktu perawatan mesin dengan metode RCM (reliability centered maintenance) di PT.Sanmas Dwika Abadi	mesin ballmill	RCM (reliability centered maintenance)	

Dari penelitian terdahulu kesimpulannya adalah perawatan mesin itu perlu untuk menjamin kelancaran dalam produksi di PT.Sanma Dwika Abadi yang jadi objek penelitian kali ini, sehingga tidak ada kerusakan fatal yang membuat produksi berhenti dan menimbulkan kerugian material. Maka dari itu perawatan yang cocok untuk mesin ballmill yang ada di pabrik tersebut menggunakan metodeRCM (reliability centered maintenance),sehingga menghasilkan jadwal perawatan mesin yang tepat.

Selama ini di pabrik tersebut kurang adanya jadwal penelitian, sehmesiningga mesin ketika beroperasi dihari kerja sangat mengganggu ketika mesin itu berhenti tiba-tiba, otomatisnya produksi berhenti dan merugikan pabrik tersebut, maka dari itu di adakan perawatan pada mesin ballmill, sehingga tidak mengalami breakdown disaat mesin sedang memproduksi. Kelebihan dari ketiga jurnal di atas adalah untuk memenuhi kebutuhan pabrik yang semakin banyak permintaan dari customer,maka dari itu jadwal perawatan dengan metode RCM (reliability centered maintenance) untuk membuat strategi perawatan mesin yang optimal dan memaksimalkan umur komponen mesin. Metode RCM telah banyak digunakan peneliti lain dalam melakukan perawatan mesin produksi. Hal tersebut telah dilakukan oleh peneliti Hendro Aseco, Kifayah Amar, Yandra Rahardian di mesin kelapa sawit, peneliti Azka Nur Aufar di permesinan conveyer, dan peneliti Diana Puspita Sari di mesin blowing.

