

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 MANAJEMEN PERAWATAN

Manajemen perawatan merupakan salah satu hal yang penting dalam suatu perusahaan terutama dalam perusahaan manufaktur. Pada perusahaan-perusahaan kecil sampai menengah terutama yang dikelola secara tradisional manajemen perawatan kurang mendapat perhatian. Kondisi ini terjadi karena manfaat dari perawatan tidak dapat dirasakan langsung pada saat perawatan tersebut dilakukan.

Pada suatu perusahaan apabila perawatan dilakukan dengan tepat maka akan dapat meningkatkan produktifitas serta dapat memperpanjang masa pakai mesin tersebut dimana keuntungannya yaitu dapat menekan serta memperkecil biaya produksi. Walaupun akibat yang dapat ditimbulkan oleh tidak adanya perawatan yang baik jauh lebih besar dari akibat keterlambatan bahan baku, atau kurangnya tenaga kerja, tetapi karena akibat tersebut tidak dirasakan secara langsung.

2.1.1 Manajemen

Manajemen adalah proses pengaturan dengan cara merencanakan, mengorganisasikan, mengendalikan dan dijalankan untuk mencapai tujuan bersama.

2.1.2 Definisi Manajemen

Terdapat beberapa definisi manajemen menurut para ahli seperti:

- Mary Parker Foliet mendefinisikan manajemen sebagai seni dalam menyelesaikan pekerjaan melalui orang lain, Definisi ini mengandung arti bahwa para manajer mencapai tujuan-tujuan organisasi melalui pengaturan orang-orang lain untuk melaksanakan berbagai tugas yang mungkin diperlukan, atau berarti dengan tidak melakukan tugas-tugas itu sendiri.
- Stoner berpendapat bahwa manajemen adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan usaha-usaha para anggota organisasi dan penggunaan sumber daya-sumber daya organisasi lainnya agar mencapai tujuan organisasi yang telah ditetapkan.¹

2.1.3 Fungsi Manajemen

Fungsi manajemen dapat diartikan sebagai kegiatan apa saja yang akan dilakukan oleh seorang manajer dalam kegiatan manajerialnya. Proses tersebut bermula dari pembuatan perencanaan sampai pada pengadaan pengawasan terhadap pelaksanaan rencana tersebut. Pengawasan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui efektif atau tidaknya pelaksanaan rencana sehingga tujuan yang telah ditetapkan dapat tercapai.

Secara menyeluruh, fungsi manajemen tersebut adalah sebagai berikut:

¹ Corder, Antony, "*Teknik Manajemen Pemeliharaan*", Jakarta, 1992, hal. 1

1. Perencanaan/Planning :

Yaitu suatu usaha atau upaya untuk merencanakan kegiatan yang akan dilaksanakan guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Perencanaan ini biasanya dituangkan dalam bentuk konsep atau suatu program kerja.

2. Pengorganisasian/Organizing :

Kegiatan yang meliputi penetapan struktur, tugas dan kewajiban, fungsi pekerjaan dan hubungan antar fungsi.

3. Penyusunan Staf/Staffing :

Termasuk didalamnya adalah perekrutan karyawan, pemanfaatan, pelatihan, pendidikan dan pengembangan sumberdaya karyawan tersebut dengan efektif.

4. Pengarahan/Directing :

Yaitu fungsi memberikan perintah atau arahan. Selain itu juga termasuk kegiatan kepemimpinan, bimbingan, motivasi dan pengarahan agar karyawan dapat bekerja dengan lebih efektif.

5. Pengkoordinasian/Coordinating :

Yaitu fungsi mengkoordinir seluruh pekerjaan dalam satu totalitas organisasi pekerjaan. Pengorganisasian mengandung hal-hal sebagai berikut:

- a. Sinkronisasi kegiatan
- b. keterpaduan kegiatan
- c. menyeiaraskan kegiatan

- d. meruntutkan kegiatan
- e. Mencegah overlapping dan kekosongan kegiatan

6. Pengawasan/Controlling :

Fungsi yang memberikan penilaian, koreksi dan evaluasi atas semua kegiatan. Secara terus-menerus melakukan monitoring atas pekerjaan yang sedang dilakukan. Fungsi ini bertujuan untuk menyesuaikan rencana yang telah dicapai dengan pelaksanaan kegiatan. Hasil dari evaluasi pengawasan ini dijadikan sebagai bahan rekomendasi untuk kegiatan berikutnya.²

2.1.4 Definisi dan Tujuan Perawatan

Suatu industri, mesin merupakan suatu bagian yang penting dari sistem operasi secara keseluruhan. Hal ini karena merupakan alat bantu utama manusia yang dapat meiakukan apa yang manusia tidak dapat lakukan.

Untuk menjamin kesiapan dan keadalan mesin agar kegiatan proses dapat berjalan dengan lancar, perawatan yang sangat penting dalam proses produksi karena dengan perawatan yang baik maka kegiatan produksi berjalan dengan efisien dan efektif.

² <http://id.shvoong.com/business-management/management/1943047-definisi-fungsi-fungsi-manaemen/>, 08.47 wib

2.1.5 Definisi Perawatan

Berdasarkan hasil kajian pustaka yang diperoleh dari beberapa sumber ada beberapa definisi dari perawatan, antara lain :

1. Perawatan dapat diartikan sebagai suatu kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, atau penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi atau produksi yang sesuai.
2. Perawatan didefinisikan sebagai suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang bias diterima³.

2.1.6 Tujuan Perawatan

Tujuan pemeliharaan secara umum adalah sebagai berikut:

- Untuk memperpanjang usia kegunaan asset/ fasilitas perusahaan.
- Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi/jasa dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin.
- Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan serta unit pemadam kebakaran dan penyelamat.

³ *Ibid*, hal 1.

- Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut⁴.

2.1.7 Definisi Manajemen Perawatan

Manajemen Pemeliharaan didefinisikan sebagai 'organisasi pemeliharaan yang sesuai dengan kebijaksanaan yang disetujui.' Kebijakan yang disetujui harus sejelas mungkin dan tidak boleh meragukan. Hal ini jelas merupakan tanggung jawab tim manajemen puncak untuk menentukannya. Kebijakan ini juga harus mendefinisikan 'kondisi pemeliharaan yang bisa diterima' dan manajer pemeliharaan harus diberi tahu mengenai kebijaksanaan ini. Uraian pekerjaannya harus meliputi suatu pernyataan kebijaksanaan pemeliharaan sebagaimana telah ditetapkan oleh manajemen, dan ini harus menjadi batas persyaratan baginya.

2.2 JENIS-JENIS PERAWATAN

Kegiatan perawatan yang dilakukan dalam suatu perusahaan dapat dibedakan atas 2 macam, yaitu perawatan terencana (Planned maintenance) dan perawatan tak terencana/perawatan darurat (emergency maintenance).

2.2.1 Perawatan Terencana

Perawatan terencana didefinisikan sebagai perawatan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan,

⁴ *Ibid*, hal 3.

pengendalian, dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Secara umum perawatan terencana dapat dibagi menjadi 2 kegiatan, yaitu:

1. Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance)

Perawatan pencegahan adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menentukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan pada waktu proses produksi.

Dengan demikian semua fasilitas yang mendapatkan perawatan pencegahan akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siapdigunakan untuk setiap operasi atau proses produksi setiap saat. sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan schedule pemeliharaan atau perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat. Perawatan pencegahan sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif didalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk kedalam golongan critical unit, yaitu sebuah fasilitas atau perawatan produksi yang bersifat :

- ❖ Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan dan keselamatan para pekerja.

- ❖ Kerusakan ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan. Kerusakan tersebut dapat mengakibatkan macetnya keseluruhan proses produksi.
- ❖ Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas adalah cukup besar dan mahal.

Dalam praktek perawatan pencegahan yang dilakukan oleh suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas :

a. Perawatan Rutin (Routine Maintenance)

Yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan secara rutin setiap hari. Contohnya pembersihan mesin, pelumasan, pengecekan tekanan uap, dan sebagainya.

b. Perawatan Berkala (Periodic Maintenance)

Perawatan berkala adalah kegiatan perawatan yang dilakukan secara periodik atau jangka waktu tertentu, misalnya satu minggu sekali, satu bulan sekali, dan sebagainya. Perawatan periodik juga dapat dilaksanakan berdasarkan lamanya jam kerja, misalnya seratus jam kerja, dua ratusjam kerja, dan sebagainya.

2. Perawatan Perbaikan (Corective Maintenance)

Perawatan perbaikan adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadi suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.kegiatan ini sering disebut kegiatan perbaikan atau reparasi.

Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya perawatan preventif ataupun telah dilakukan perawatan preventif tetapi pada suatu waktu tertentu fasilitas atau perawatan produksi yang ada, hal ini dilakukan untuk mengembalikan mesin pada keadaan standar atau normal yang diperlukan⁵.

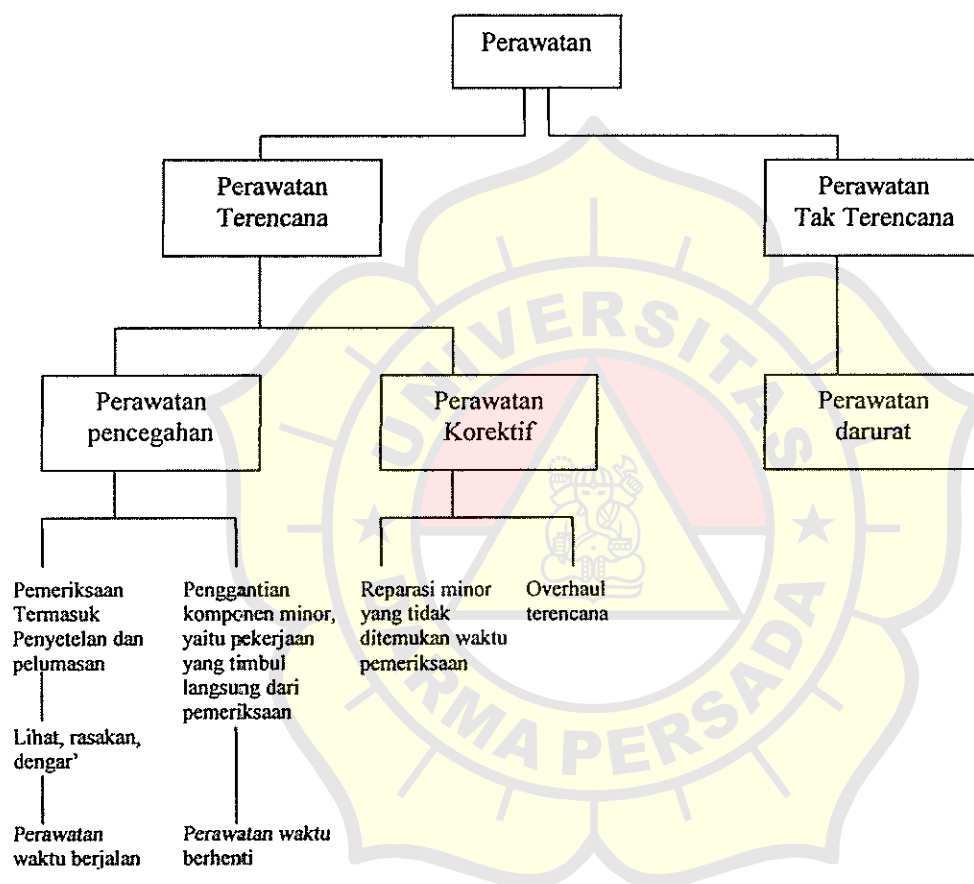
2.2.2 Perawatan Tak Terencana (Emergency Maintenance)

Pemeliharaan tak terencana didefinisikan sebagai pemeliharaan yang perlu segera dilakukan untuk mencegah akibat yang serius. Pemeliharaan darurat mempunyai derajat desakan yang sangat positif untuk mengatasi suatu keadaan yang berbahaya dan berguna untuk mengembalikan produksi pada kondisi normal. Pekerjaan memperbaiki kerusakan hampir selalu memakan biaya lebih banyak dari pada pekerjaan pencegahan. Kerusakan mesin dapat menyebabkan biaya terbesar yaitu biaya akibat berhenti beroperasi karena perbaikan. Perbaikan atau reparasi mesin akan menghentikan aktivitas mesin selama produksi selam beberapa saat, para pekerja dan mesin-mesin menganggur, produksi hilang dan permintaan tidak dapat dipenuhi sesuai jadwal. Perawatan pencegahan merupakan usaha untuk memperhitungkan kesulitan-kesulitan yang akan timbul jauh sebelum kesulitan tersebut terjadi. Perawatan preventif dilakukan berdasarkan

⁵ Assauri Sofyan, "*Manajemen Produksi dan Operasi*", Jakarta : Lembaga Penerbit FE UI, 2004', hal. 96.

pengalaman masa lalu, bahwa bagian-bagian penting yang digunakan memerlukan penggantian sesudah melampaui jangka waktu normal.

Hubungan antara jenis-jenis perawatan tersebut diatas dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Hubungan Antar Jenis-jenis Perawatan⁶

⁶ Corder, Antony, *Op.Cit.*, hal. 5

2.2.3 Kegiatan Pemeliharaan

Kegiatan-kegiatan pemeliharaan dapat digolongkan kedalam salah satu dari lima kegiatan pokok berikut;

1. Inspeksi (*Inspections*)

Kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala (*routine schedule check*) bangunan dan peralatan pabrik sesuai dengan rencana serta kegiatan pengecekan atau pemeriksaan terhadap peralatan yang mengalami kerusakan dan membuat laporan-laporan dari hasil pengecekan atau pemeriksaan tersebut. Maksud kegiatan inspeksi ini adalah untuk mengetahui apakah perusahaan pabrik selalu mempunyai peralatan/fasilitas produksi yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi. Jika seandainya terdapat kerusakan, maka dapat segera diadakan perbaikan-perbaikan yang diperlukan sesuai dengan laporan hasil inspeksi, dan berusaha untuk mencegah sebab-sebab timbulnya kerusakan dengan melihat sebab-sebab kerusakan yang diperoleh dari hasil inspeksi. Oleh karena itu hasil laporan inspeksi haruslah memuat keadaan peralatan yang diinspeksi, sebab-sebab terjadinya kerusakan bila ada, usaha-usaha penyesuaian atau perbaikan kecil yang telah dilakukan dan saran-saran/usul-usul perbaikan atau penggantian yang diperlukan.

2. Kegiatan Teknik (*Engineering*)

Kegiatan teknik meliputi kegiatan percobaan atas peralatan yang baru dibeli, dan kegiatan-kegiatan pengembangan peralatan atau komponen peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan pengembangan tersebut. Dalam kegiatan inilah dilihat kemampuan untuk mengadakan perubahan-perubahan dan perbaikan-perbaikan bagi perluasan dan kemajuan dari bangunan dan peralatan pabrik. Oleh karena itu kegiatan teknik ini sangat diperlukan terutama apabila dalam perbaikan mesin-mesin yang rusak tidak diperoleh/didapatkan komponen yang sama dengan yang dibutuhkan. Dalam hal ini perlu diadakan perubahan-perubahan atau perbaikan-perbaikan tertentu terhadap komponen dan mesin-mesin yang bersangkutan, agar mesin tersebut dapat bekerja kembali. Dalam kegiatan teknik ini termasuk pula kegiatan penyelidikan sebab-sebab terjadinya kerusakan pada peralatan tertentu dan cara-cara atau usaha-usaha untuk mengatasi/memperbaikinya yang sangat diperlukan dalam kegiatan produksi. Dengan mengetahui sebab-sebab ini, maka dengan kegiatan teknik dapat/ harus pula diusahakan/dibuat alat-alat penjaga atau pencegah terjadinya kerusakan pada masa-masa yang akan datang. Disamping itu dalam kegiatan ini dipelajari spesifikasi mesin dan usaha-usaha agar mesin dapat bekerja lebih efektif dan efisien.

3. Kegiatan Produksi

Kegiatan produksi ini merupakan kegiatan pemeliharaan yang sebenarnya, yaitu memperbaiki dan mereparasi mesin-mesin dan peralatan. Secara fisik, melaksanakan pekerjaan yang disarankan atau disusulkan dalam kegiatan inspeksi dan teknik (*engineering*), melaksanakan kegiatan service dan peminyakan (*lubrication*). Kegiatan produksi ini dimaksudkan agar kegiatan pengolahan/pabrik dapat berjalan lancar sesuai rencana, dan untuk ini diperlukan usaha-usaha perbaikan segera jika terdapat kerusakan pada peralatan.

4. Pekerjaan Administrasi (*Clerical Work*)

Pekerjaan administrasi ini merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan pekerjaan-pekerjaan pemeliharaan dan biaya-biaya yang berhubungan dengan kegiatan pemeliharaan, komponen atau spareparts yang dibutuhkan, *progress report* tentang apa yang telah dikerjakan, waktu dilakukannya inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan tersebut, dan komponen atau spareparts yang tersedia dibagian pemeliharaan. Jadi dalam kegiatan pencatatan ini termasuk penyusunan planning dan scheduling, yaitu rencana kapan suatu mesin harus dicek/diperiksa, diminyaki/diservice dan direparasi.

5. Pemeliharaan Bangunan (*House keeping*)

Kegiatan pemeliharaan bangunan merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan gedung tetap terpelihara dan terjamin kebersihannya. Jadi kegiatan ini meliputi pembersihan dan pengecatan gedung, pembersihan we, pembersihan halaman dan kegiatan pemeliharaan peralatan lain yang tidak termasuk dalam kegiatan teknik dan produksi dari bagian maintenance⁷.

2.3 RELIABILITY

Reliability didefinisikan sebagai probabilitas sebuah komponen atau sistem untuk dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasional tertentu⁸. *Realibility* merupakan ukuran kemampuan suatu komponen atau peralatan untuk beroperasi terus-menerus tanpa adanya gangguan/kerusakan.

Ada empat hal yang signifikan sehubungan dengan pengertian kehandalan (*reliability*), yaitu:"⁹

a. Probabilitas (peluang)

Setiap item memiliki umur atau waktu yang berbeda antara satu dengan yang lainnya sehingga terdapat sekelompok item yang memiliki rata-rata hidup tertentu. Jadi, untuk mengidentifikasi

⁷ *Ibid*, hal 99

⁸ Balbir S. Dhillon (et al), *Reliability and M aintaiability Management*, First Edition (Cet. I : New York : Van NOstrad Reinhold Company, 1985), h. 25c

⁹ A.K.S. Jardine, *Maintenance Replacement and Reliability Replacement and Reliability*. First Edition (Cet. I : New York : Letter Press, 1973), h. 167

distribusi frekuensi dari suatu item dapat dilakukan dengan cara melakukan estimasi waktu hidup dari item tersebut agar diketahui umurpemakainnya sudah berapa lama

b. Kinerja kehandalan yang diharapkan (*performance*)

Performance (kinerja) menjelaskan bahwa kehandalan merupakan suatu karakteristik kinerja sistem dimana suatu sistem yang handal harus dapat menunjukkan kinerja yang memuaskan jika dioperasikan.

c. Waktu (*time*)

Reliabilitas/kehandalan suatu sistem dinyatakan dalam suatu periode waktu karena waktu merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem. Peluang suatu item untuk digunakan selama setahun akan berbeda dengan peluang item untuk digunakan dalam sepuluh tahun.

Biasanya faktor waktu berkaitan dengan kondisi tertentu, seperti jangka waktu mesin selesai diperbaiki sampai mesin rusak kembali (*mean time to failure*) dan jangka waktu mesin mulai rusak sampai mesin tersebut diperbaiki (*mean time to repair*).

d. Kondisi operasional yang spesifik

Kondisi ini menjelaskan bahwa bagaimana perlakuan yang diterima oleh suatu sistem dalam menjalankan fungsinya dalam arti bahwa dua buah sistem dengan tingkat mutu yang sama dapat memberikan tingkat kehandalan yang berbeda dalam kondisi

operasionalnya. Misalnya kondisi temperatur, keadaan atmosfer, dan tingkat kebisingan di mana sistem dioperasikan.

2.4 MAINTAINABILITY

Menurut pendapat pakar *maintenance* kebanyakan sistem *engineering* itu dipelihara, sistem akan diperbaiki kalau terjadi kerusakan dan pemeliharaan akan dibentuk pada sistem tersebut untuk menjaga pengoperasian yang ada dalam sistem pemeliharaan ini (*system maintainability*).¹⁰

Maintainability mempengaruhi tingkat *availability* secara langsung. Waktunya diambil untuk memperbaiki kerusakan dan menyelesaikan *preventive maintenance* secara rutin untuk mengambil sistem dari *available state* yang ada. Jadi terdapat hubungan yang erat antara *reliability* dengan *maintainability*, dimana yang satu mempengaruhi yang lainnya dan kedua-duanya mempengaruhi *availability* dan *cost* yang ada¹¹.

Sistem dari *maintanability* itu cukup diatur dengan design dimana design tersebut menentukan *features* seperti aksesibilitas, kemudahan dalam tes, diagnosis kerusakan juga kebutuhan untuk kalibrasi, lubrikasi dan tindakan *preventive maintenance* lainnya¹².

Maintainability adalah probabilitas bahwa suatu komponen yang rusak akan diperbaiki dalam jangka waktu (T), dimana *maintainability* dilakukan sesuai dengan ketentuan yang ada. *Maintainability* digambarkan

¹⁰ Patrick D.T. O'Conner, *Op.Cit.* h. 401

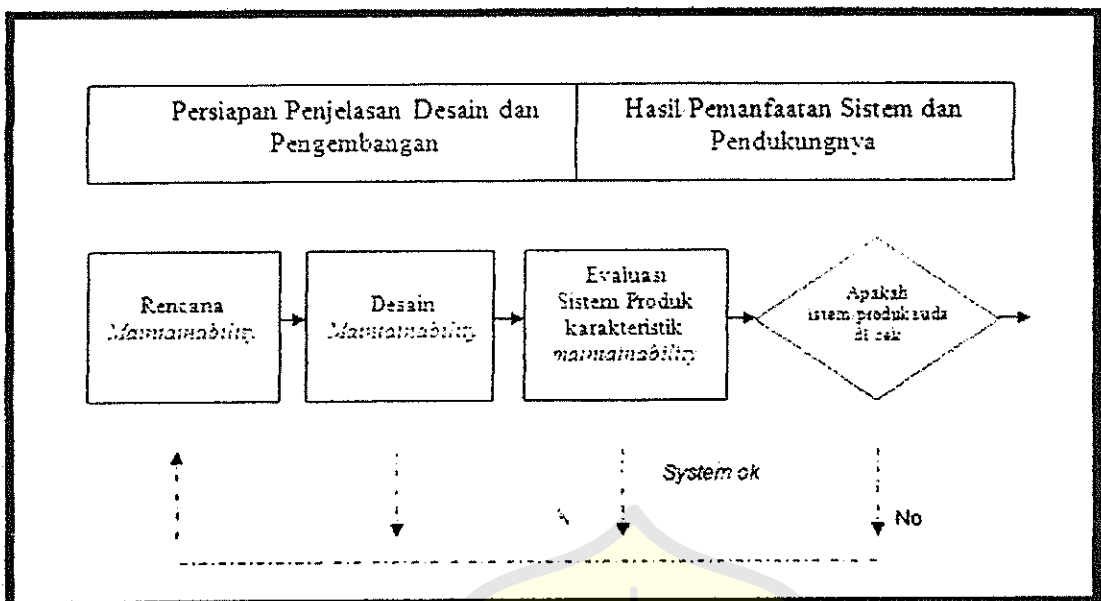
¹¹ *Ibid*, h. 402

¹² *Ibid*

juga sebuah kemampuan alat yang dapat dipelihara walaupun terdapat beberapa tindakan yang perlu dilakukan supaya dapat beroperasi secara optimal. Adapun ruang lingkup sebagai berikut:¹³

1. Sebuah karakteristik dan instalasi desain digambarkan sebagai probabilitas sebuah alat yang dapat dipelihara dan dijaga supaya dalam kondisi yang baik dalam sebuah periode tertentu ketika perawatan (*maintenance*) dilakukan untuk menentukan prosedur dan cara kerja.
2. Sebuah karakteristik dan instalasi desain digambarkan sebagai probabilitas bahwa perawatan (*maintenance*) akan tidak dibutuhkan jika melebihi (x) periode tertentu ketika sebuah sistem dioperasikan mengenai penentuan prosedur oleh operator.
3. Sebuah karakteristik dan instalasi desain digambarkan sebagai probabilitas bahwa biaya perawatan (*maintenance cost*) pada sebuah sistem atau produk tidak melebihi *cost* pada periode waktu tertentu.

¹³ Benjamin S. Blanchard (et al), *op. cit.*, h. 1.



Gambar2.2. Persyaratan *Maintainability*

Sumber: Benjamin S. Blanchard 1995.

2.5 DOWNTIME

Downtime merupakan waktu dimana unit tidak dapat lagi menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini terjadi apabila suatu unit mengalami masalah seperti kerusakan mesin yang dapat mengganggu *performance* mesin secara keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan, sehingga membutuhkan waktu tertentu untuk mengembalikan fungsi unit tersebut pada kondisi semula.

Unsur-unsur dalam *downtime*:

- *Maintenance delay*

Waktu yang dibutuhkan untuk menunggu ketersediaan sumber daya *maintenance* untuk melakukan proses perbaikan. Sumber

daya *maintenance* dapat berupa alat bantu, teknisi, alat tes, komponen pengganti dan lain-lain.

- *Supply delay*

Waktu yang dibutuhkan untuk *personal maintenance* untuk memperoleh komponen yang dibutuhkan dalam proses perbaikan.

Terdiri dari *lead time* administrasi, *lead time* produksi, dan waktu transportasi komponen pada lokasi perbaikan.

- *Access time*

Waktu untuk mendapatkan akses ke komponen yang mengalami kerusakan.

- *Diagnosis time*

Waktu yang dibutuhkan untuk menentukar[^] penyebab kerusakan dan langkah perbaikan yang harus ditempuh untuk memperbaiki kerusakan.

- *repair or replacement unit*

waktu yang aktual yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pemulihan setelah permasalahan dapat diidentifikasi dan akses ke komponen yang rusak dapat dicapai.

- *Verification and alignment*

Waktu untuk memastikan bahwa fungsi daripada suatu unit telah kembali pada kondisi operasi semula.

2.6 FUNGSI DISTRIBUSI KERUSAKAN (*FAILURE DISTRIBUTION*)

Distribusi kerusakan merupakan penggambaran matematis dan pola kerusakan mesin atau peralatan. Karakteristik kerusakan setiap peralatan atau mesin akan mempengaruhi kedekatan yang digunakan dalam menguji kesesuaian dan menghitung parameter fungsi distribusi kerusakan.

Pada umumnya, karakteristik dari kerusakan setiap mesin tidaklah sama terutama jika dioperasikan dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Suatu peralatan maupun mesin yang memiliki karakteristik dan dioperasikan dalam kondisi yang sama juga mungkin akan memberikan nilai sejang waktu antar kerusakan yang berlainan.

Suatu kondisi yang berhubungan dengan kebijakan perawatan seperti kebijakan *preventive maintenance* memerlukan informasi tentang selang waktu suatu mesin akan mengalami kerusakan lagi. Biasanya saat terjadi perubahan kondisi mesin dari kondisi bagus menjadi rusak lagi, tidak dapat diketahui dengan pasti. Akan tetapi, dapat diketahui probabilitas terjadinya perubahan tersebut.

2.6.1 Fungsi Distributif Kumulatif

Fungsi distribusi kumulatif merupakan fungsi yang menggambarkan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu t . Probabilitas suatu sistem atau peralatan mengalami kegagalan dalam beroperasi sebelum waktu t , yang merupakan fungsi dari waktu yang secara sistematis dapat dinyatakan sebagai:

$$F(t) \int f(t) dt \text{ untuk } 1 \geq 0$$

Keterangan

$F(t)$: Fungsi distributif kumulatif

$f(t)$: Fungsi kepadatan peluang

Jika maka $F(t) = 1$

2.6.2 Fungsi Kehandalan (*Reliability*)

Fungsi Realibility merupakan probabilitas sistem atau komponen akan berfungsi hingga waktu tertentu (t)¹⁴. Pengertian fungsi kehandalan (*Reliability*) adalah probabilitas suatu sistem atau komponen akan beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu periode waktu t dalam kondisi operasional yang telah ditetapkan. Probabilitas kerusakan dari suatu fungsi waktu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F(t) = P(T \leq t)$$

Keterangan:

T = Varibel acak kontinu yang menyatakan saat terjadinya kegagalan

$F(t)$ = Probabilitas bahwa kerusakan terjadi sebelum waktu $T = t$ (fungsi distribusi)

Kehandalan juga dapat diuraikan sebagai berikut:

$$R(t) = P(T \geq t)$$

¹⁴ Charles E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. First Edition (Cet. 1 : Singapore : Mc Graw-Hill, 1997), h. 27

$R(t)$ merupakan distribusi kehandalan, probabilitas bahwa kegagalan tidak akan terjadi sebelum t , atau probabilitas bahwa waktu kerusakan lebih besar atau sama dengan t .

2.6.3 Index off it (r)

Dalam menentukan distribusi hendak digunakan untuk menghitung MTTF, MTTR, dan *Reliability*. Proses yang harus dilakukan adalah mencari r untuk masing-masing distribusi sehingga didapatkan nilai r terbesar yang kemudian akan diuji lagi menurut hipotesa distribusinya. Dibawah ini merupakan rumus untuk mendapat nilai r adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Weibull

$$r_{\text{weibull}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i \right]}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \dots\dots 1$$

Keterangan :

$$x_i = \ln(t_i)$$

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

2. Distribusi Normal

$$r_{\text{normal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right] \left[\sum_{i=1}^n z_i \right]}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right]}} \dots\dots 2$$

Keterangan :

$$x_i = (t_i)$$

$$z_i = \phi^{-1} [F(t_i)] \rightarrow \text{diperoleh dari tabel } \phi (z) \text{ di lampiran}$$

3. Distribusi Lognormal

$$r_{\text{log normal}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i z_i - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right] \left[\sum_{i=1}^n z_i \right]}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n z_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right]}} \dots\dots 3$$

Keterangan:

$$x_i = \ln (t_i)$$

$$z_i = \phi^{-1} [F(t_i)] \rightarrow \text{diperoleh dari tabel } \phi (z) \text{ di lampiran}$$

4. Distribusi Ekspensial

$$r_{\text{eksponensial}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right] \left[\sum_{i=1}^n y_i \right]}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \dots\dots 4$$

Keterangan:

$$x_i = t_i$$

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

2.6.4 Laju Kerusakan (*Failure Rate*)

Laju kerusakan (*failure rate*) dari suatu peralatan atau mesin pada waktu t adalah probabilitas, dimana peralatan mengalami kegagalan atau kerusakan dalam suatu interval waktu berikutnya yang diberikan dan diketahui kondisinya baik pada awal interval, sehingga dianggap sebagai suatu probabilitas kondisional. Notasinya adalah $\lambda(t)$ atau $R(t)$.

2.6.5 Fungsi Laju Kerusakan

Fungsi laju kerusakan diartikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan $\Delta t \rightarrow 0$, dengan demikian fungsi laju kerusakan sesaat dan fungsi laju kerusakan dapat diartikan sebagai berikut:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{-[R(t + \Delta t) - R(t)]}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R(t)}$$

$$\lambda(t) = \frac{-dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)}$$

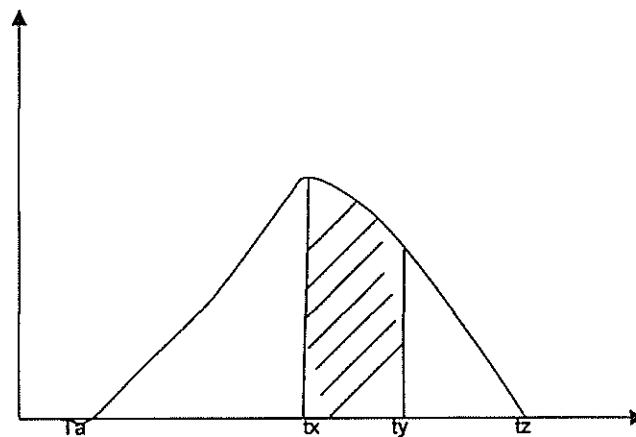
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \text{ untuk } \geq 0$$

Keterangan:

$\lambda(t)$: Fungsi laju kerusakan

$F(t)$: Fungsi Kepadatan peluang

$R(t)$: Fungsi kehandalan

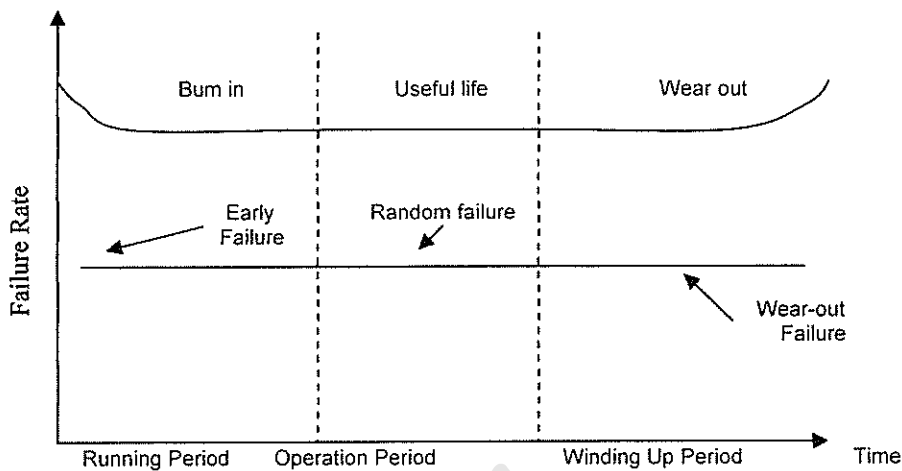


Gambar 2.3 Fungsi Kepadatan Peluang

Sumber: Patrick D.T.O 'Connor 2001. *Practical Reliability Engineering*.
Fourth edition, John Wiley & Sons, LTD

2.6.6 Pola Dasar Laju Kerusakan

Pola dasar laju kerusakan $\lambda(t)$ akan berubah sepanjang waktu dari produk tersebut mengalami usaha. Kurva laju kerusakan atau disebut juga *Bathtub curve* merupakan suatu kurva yang menunjukkan pola laju kerusakan sesaat yang umum bagi suatu produk. Pada umumnya laju kerusakan suatu sistem selalu berubah sesuai dengan bertambahnya waktu. Dari hasil percobaan, dapat diketahui bahwa laju kerusakan suatu produk akan mengikuti suatu pola dasar sebagai berikut:



Gambar 2.4 *The Bathtub Curve* (Kurva laju kerusakan) Sumber:

Patrick, D.T.O 'Connor 2001. *Practical Reliability Engineering*.

Fourth edition. John Wiley & Sons, LTD.

Setiap periode waktu mempunyai karakteristik tertentu yang ditentukan oleh laju kerusakannya, yaitu:¹⁵

a. Kerusakan awal (*early failure*)

Periode ini disebut juga *running period* (*wear in period*) yang ditandai dengan penurunan laju kerusakan. Laju kerusakan yang terjadi pada tahap/fase ini disebut juga kerusakan awal. Bisa disebabkan oleh desain yang tidak tepat, kesalahan pemakai, kesalahan pengepakan, pengendalian kualitas yang tidak memenuhi syarat, performansi material dan tenaga kerja dibawah standar, dan sebagainya. Apabila kerusakan ini terjadi dan diganti dengan produk atau komponen baru maka akan terjadi peningkatan *reliability*.

¹⁵ *Ibid*, h. 11.

b. Pengoperasian normal (*useful life region/chance failure*)

Periode ini ditandai oleh laju kerusakan yang konstan. Kerusakan yang terjadi pada tahap ini disebabkan oleh kesalahan manusia atau adanya penambahan beban secara tiba-tiba.

c. Periode *wear out* (*wear out failure*)

Periode ini ditandai dengan peningkatan yang tajam pada laju kerusakan karena memburuknya kondisi peralatan atau mesin produksi yang ada. Sebaiknya dilakukan perawatan pencegahan apabila suatu alat telah memasuki fase ini agar dapat mengurangi terjadinya kerusakan yang lebih fatal. Penyebabnya adalah peralatan atau mesin yang digunakan sudah/melebihi umur produk, terjadinya keausan disebabkan pemakaian yang terus menerus dan korosi (karat), dan perawatan yang tidak memadai.

Berdasarkan gambar 2.4 di atas, periode kerusakan awal (*early failure*) dapat didekati dengan distribusi *Weibull*, sedangkan periode pengoperasian normal (*chance failure*) dapat dipenuhi dengan distribusi *Weibull* dan distribusi *Eksponensial*. Dan terakhir periode *wear out failure* dapat didekati dengan distribusi *Weibull* dan distribusi *lognormal*.

Perhitungan laju kerusakan berdasarkan distribusi menunjukkan tindakan *alternative* pada komponen pada mesin. Apabila identifikasi distribusi menunjukkan bahwa waktu kerusakan memiliki laju kerusakan yang konstan atau menurun, jika seandainya distribusi *Weibull* atau *Eksponensial* dengan $\beta \leq 1$ maka kegiatan *Preventive Maintenance* tidak

akan efektif untuk dilaksanakan karena tidak akan meningkatkan kehandalan mesin sehingga usuan tindakan *preventive maintenance* pencegahan yang dilakukan hanya berupaya pemeriksaan biasa saja. Sedangkan bila interval kerusakan memiliki laju kerusakan meningkat dengan terlihatnya distribusi *normal*, *lognormal*, dan *Weibull* dengan $\beta \geq 1$ Maka tindakan *preventive maintenance* yang diusulkan bisa pemeriksaan saja maupun penggantian komponen pada *preventive maintenance*.

2.7 DISTRIBUSI UNTUK MENGHITUNG KEHANDALAN

Pada penyusunan laporan kerja praktek ini, distribusi yang sering dipakai dalam penghitungan *Realibility* adalah distribusi *Weibull*, *Normal*, *Lognormal*, dan *Eksponential*. Variabel yang digunakan adalah variabel acak kontinu (jarak, waktu, dan temperatur). Apabila variabei acak adalah diskrit yaitu jumlah orang, dan jumlah mesin menghasilkan bilangan bulat. Maka fungsi kegagalan tidak dapat ditentukan.

2.7.1 Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua faktor kegagalan karena mencakup dari ketiga frase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan. Pada umumnya, distribusi ini digunakan untuk komponen mekanik atau peralatan permesinan.

Dua parameter yang digunakan dalam permesinan ini adalah θ yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan β yang

disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*). Fungsi *reability* adalah sebagai berikut:¹⁶

$$\text{Realibility function } R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \quad \dots\dots .6$$

Dimana : $\theta > 0$, $\beta > 0$, dan $t > 0$

Dalam distribusi Weibull yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk adalah parameter β . Perubahan nilai-nilai parameter bentuk yang menunjukkan laju kerusakan dapat dilihat dalam tabel 3.1 dibawah ini. Jika parameter β mempengaruhi laju kerusakan maka parameter θ mempengaruhi nilai tengah dari perubahan pola data¹⁷.

Tabel 3.1 Nilai parameter bentuk (β) pada distribusi Weibull

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < \beta < 1$	Laju kerusakan menurun (<i>decreasing failure rate</i>) atau DFR
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan (<i>constan failure rate</i>) atau CFR pada distribusi <i>Eksponential</i>
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) atau IFR. Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju kerusakan tinier (<i>linier failure rate</i>) atau LFR. Pada distribusi <i>Rayleigh</i>

¹⁶ Charles E. Ebeling, *op.cit*, h. 59

¹⁷ *Ibid*, h. 64.

$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) atau IFR. Kurva yang dihasilkan berbentuk konveks
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat (<i>increasing failure rate</i>) atau IFR. Kurva yang dihasilkan berbentuk simetris pada distribusi normal

Sumber: Ebeling, E. Charles. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. International Edition. McGraw Hill, Singapore.

2.7.2 Distribusi Lognormal

Distribusi *Lognormal* menggunakan dua parameter yaitu s yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) dan t_{med} sebagai parameter lokasi (*location parameter*) yang merupakan nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan. Distribusi ini mempunyai berbagai macam bentuk, sehingga sering dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi Weibull juga sesuai dengan distribusi Lognormal. Fungsi *reliability* yang terdapat pada distribusi *Lognormal* yaitu:¹⁸

$$\text{Reliability function : } R(t) = 1 - \Phi \left[\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right] \dots\dots 7$$

Dimana : $s > 0, t_{med} > t > 0$

¹⁸ *Ibid*, h. 73.

2.7.3 Distribusi *Normal*

Distribusi *Normal* cocok untuk digunakan dalam memodelkan fenomena keausan. Parameter yang digunakan adalah μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi). Karena hubungannya dengan *Lognormal*, distribusi ini dapat juga digunakan untuk menganalisa probabilitas *Lognormal*. Fungsi *reability* yang terdapat pada distribusi normal yaitu:¹⁹

$$\text{Reliability function : } R(t) = 1 - \phi \left[\frac{t - \mu}{\sigma} \right] \dots\dots 8$$

Dimana : $\mu > 0$, $\sigma > 0$, dan $t > 0$

2.7.4 Distribusi *Eksponential*

Distribusi *Eksponential* digunakan untuk menghitung keandalan (*reability*) dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan, Distribusi ini mempunyai iaju kerusakan yang tetap terhadap waktu, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini merupakan distribusi yang paling mudah untuk dianalisa. Parameter yang digunakan untuk daiam distribusi *Eksponential* adalah λ yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi *reability* yang terdapat dalam distribusi *Eksponential* yaitu:²⁰

$$\text{Realibility Function : } R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots 9$$

Dimana : $t > 0$, $\lambda > 0$

¹⁹ *Ibid*, h. 69

²⁰ *Ibid*, h. 41.

2.8 UJI KECOCOKAN DISTRIBUSI DARI SUATU DISTRIBUSI

Ketika suatu distribusi data waktu kerusakan telah diasumsikan sebelumnya, dimana asumsi tersebut bisa ditentukan melalui bentuk umum atau bentuk dari plot data dalam suatu grafik (bisa dalam bentuk versi *minitab*). Validitas dari asumsi distribusi dapat diketahui melalui suatu pengujian. Hasil pengujian tersebut mempunyai dua kemungkinan, yaitu asumsi bahwa distribusi bisa diterima atau ditolak.

2.8.1 Uji *Goodness of Fit Test*

Pengujian *Goodness of fit test* (uji kebaikan kesesuaian) dilakukan dengan membandingkan antara hipotesa nol (H_0) yang menyatakan bahwa data kerusakan mengikuti distribusi pilihan dan hipotesa alternatif (H_1) yang menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi pilihan. Uji ini menghitung secara statistik berdasarkan data sampel (data sampel waktu kerusakan). Hasil perhitungan ini dibandingkan dengan nilai kritis yang diperoleh dari tabel lampiran. Jika hasil perhitungan statistik lebih kecil dibandingkan dengan nilai kritis yang diperoleh dari tabel lampiran, maka hipotesa nol (H_0) diterima, yang menyatakan bahwa data kerusakan mengikuti distribusi pilihan. Apabila hasil perhitungan statistik lebih besar dibandingkan dengan nilai kritis yang diperoleh dari tabel lampiran, maka hipotesa alternatif (H_1) diterima, yang menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi pilihan.

Pengujian yang dilakukan *Goodness of fit test* ini ada tiga macam yaitu *Mann's Test* untuk distribusi *Weibull*. *Bar/lef't's Test* untuk distribusi

Normal dan *Lognormal*, Nilai kritis tergantung pada derajat kepercayaan dengan pengujian sampel yang ada.

2.9 MEAN TIME TO FAILURE (MTTF)

Mean Time to Failure (MTTF) adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh $f(t)$ sebagai berikut:²¹

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

Sedangkan *Mean Time to Failure* merupakan nilai dari fungsi realibility nilai suatu mesin yang diharapkan yaitu:²²

Dan integral $t \cdot f(t) dt$ ini dapat dinyatakan dengan:

$$\int_0^{\infty} t f(t) dt = -\frac{\sigma}{\sqrt{2\sigma^2}} \exp\left[\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] + \left[\mu x N\left(\frac{t-\varpi}{\sigma}\right)\right] \dots\dots\dots 10$$

Berikut ini adalah perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing distribusi adalah:²³

a. Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \cdot r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \text{ jam} \dots\dots\dots 11$$

Nilai $r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \rightarrow$ di dapat dari fungsi Gamma (lihat di lampiran)

b. Distribusi *Ekspontial*

²¹ *Ibid*, h. 26.

²² Patrick D.T. O'Corner, *op.cit*, h. 24

²³ *Ibid*, h. 59

$$\text{MTTF} = \frac{1}{\chi} \text{ jam} \dots\dots\dots 12$$

c. Distribusi *Normal*

$$\text{MTTF} = \mu \text{ jam} \dots\dots\dots 13$$

2.10 MEAN TIME TO REPAIR (MTTR)

Dalam menghitung nilai rata-rata atau penentuan nilai tengah dari fungsi probabilitas untuk waktu perbaikan, sangatlah perlu diperhatikan distribusi data perbaikannya. Penentuan untuk pengujian ini dilakukan dengan cara yang sama dengan yang sudah dijelaskan sebelumnya.

MTTR diperoleh rumus sebagai berikut:²⁴

$$\text{MTTR} = \int_0^{\infty} th(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \rightarrow \text{dimana,}$$

$h(t)$ = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan (TTR)

$H(t)$ = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan (TTR)

Berikut ini adalah perhitungan nilai MTTR untuk masing-masing distribusi adalah:

a. Distribusi *Weibull*

$$\text{MTTR} = \theta \cdot r \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \text{ jam} \dots\dots\dots 14$$

Nilai $r \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \rightarrow$ didapat dari $r_{(x)}$ tabel fungsi Gamma

²⁴ *Ibid.*, h. 192

b. Distribusi *Eksponential*

$$MTTR = \frac{1}{\chi} \text{ jam} \dots\dots\dots 15$$

c. Distribusi *Normal* dan *Lognormal*

$$MTTR = t_{med}.e^{\frac{s^2}{2}} \text{ jam} \dots\dots\dots 16$$

2.11 RELIABILITY DENGAN/TANPA PREVENTIVE MAINTENANCE

Peningkatan *reliability* dapat ditempuh dengan cara *preventive maintenance*. Dengan *preventive maintenance* maka pengaruh *wear out* mesin atau komponen dapat dikurangi dan menunjukkan hasil yang cukup signifikan terhadap umur mesin. Model kehandalan berikut mengasumsikan sistem kembali ke kondisi baru setelah menjalani *preventive maintenance*. Kehandalan (*reliability*) pada saat t dinyatakan sebagai berikut.²⁵

$$R_m(t) = R(t) \quad \text{untuk } 0 \leq t < T$$

$$R_m(t) = R(T).R(t-T) \quad \text{untuk } T \leq t < 2T$$

Keterangan:

T = interval waktu penggantian pencegahan kerusakan

$R_m(t)$ = kehandalan (*reliability*) dari sistem dengan *preventive maintenance*

$R(t)$ = kehandalan (*reliability*) dari sistem tanpa dengan *preventive maintenance*

$R(T)$ = peluang kehandalan hingga *preventive maintenance* pertama

²⁵ *Ibid.*, h. 204.

$R(t-T)$ = peluang dari kehandalan antara waktu $(t-T)$ setelah sistem dikembalikan pada kondisi awal pada saat T

Secara umum persamaannya adalah:

$$R_m(t) = R(T)^n \cdot R(t-nT) \dots\dots\dots 17$$

untuk $nT \leq t \leq (n + i)T$; dimana $n = 1, 2, 3, \dots$ dst

Keterangan:

n = jumlah *preventive maintenance*

$R_m(t)$ = kehandalan dengan *preventive maintenance*

$R(T)^n$ = probabilitas kehandalan hingga n seiang waktu perawatan

$R(t-nT)$ = probabilitas kehandalan untuk waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance* yang terakhir

Untuk laju kerusakan yang konstan : $R(t) = e^{-\lambda t}$ maka,

$$R_m(t) = (e^{-\lambda T})^n \cdot e^{-\lambda(t-nT)}$$

$$R_m(t) = e^{-\lambda T} \cdot e^{-\lambda T} \cdot e^{\lambda nT}$$

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

$$R_m(t) = R(t) \dots\dots\dots 18$$

Berdasarkan rumus di atas, ini membuktikan bahwa distribusi *eksponensial*, yang memiliki laju kerusakan konstan, bila dilakukan *preventive maintenance* tidak akan menghasilkan dampak apapun. Dengan demikian, tidak ada peningkatan kehandalan (*reliability*) seperti yang diharapkan, karena $R_m(t) = R(t)$