

## **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, maka fungsi perawatan terkadang menjadi kurang diperhatikan.

#### **2.1.1 Manajemen**

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

## **BAB II : LANDASAN TEORI**

Berisikan hal-hal bersifat teoritis dimana teori tersebut mendukung dan berkaitan erat dengan pengolahan dan analisa data dari permasalahan yang dikemukakan.

## **BAB III : KERANGKA PEMECAHAN MASALAH**

Berisikan uraian yang mengemukakan kerangka pemecahan masalah yang digambarkan dalam *Flowchart* dan langkah-langkah pemecahannya.

## **Bab IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pengumpulan dan pengolahan data, meliputi langkah-langkah yang dilakukan dalam pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam perhitungan pengurangan waktu downtime dan penghitungan efisiensi fasilitas produksi.

## **BAB V : ANALISIS**

Analisa data dan pembahasan, meliputi tentang analisa dari hasil perhitungan waktu downtime yang telah dilakukan dalam bab sebelumnya.

## **BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN**

Meliputi hasil akhir dari analisa, pembahasan dan saran-saran yang dapat dimanfaatkan oleh pihak perusahaan.

### 2.1.1.1 Definisi Manajemen

Terdapat beberapa definisi manajemen menurut para ahli seperti:

- Mary Parker Follet 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.<sup>1</sup>

### 2.1.1.2 Fungsi Manajemen

Fungsi manajemen dapat diartikan sebagai kegiatan apa saja yang akan dilakukan oleh seorang manajer dalam kegiatan manajerialnya. Sehingga kegiatan manajerial yang dilakukan oleh manajer tersebut dapat dikatakan sebagai kegiatan proses manajemen. Proses tersebut bermula dari pembuatan perencanaan sampai pada pengadaan pengawasan terhadap pelaksanaan rencana tersebut. Pengawasan yang dilakukan

---

<sup>1</sup> Corder, Antony. "Teknik Manajemen Pemeliharaan", Jakarta, 1992, hal.1

bertujuan untuk mengetahui efektif atau tidaknya pelaksanaan rencana sehingga tujuan yang telah ditetapkan dapat tercapai.

Secara menyeluruh, fungsi manajemen tersebut adalah sebagai berikut :

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. menyelaraskan 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.<sup>2</sup>

### 2.1.2 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 melakukan apa yang manusia tidak dapat lakukan.

---

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

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.

### **2.1.2.1 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 bisa diterima<sup>3</sup>.

### **2.1.2.2 Tujuan Perawatan**

Tujuan pemeliharaan secara umum adalah sebagai berikut:

- Untuk memperpanjang usia kegunaan asset/ fasilitas perusahaan.

---

<sup>3</sup> *Ibid.*, hal 1.

- 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.
- Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut<sup>4</sup>.

### 2.1.3 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.

---

<sup>4</sup> *Ibid.*, hal 3

## 2.1.4 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).

### 2.1.4.1 Perawatan Terencana

Perawatan terencana didefinisikan sebagai perawatan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, 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 siap digunakan 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 ratus jam 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 diperlukan<sup>5</sup>.

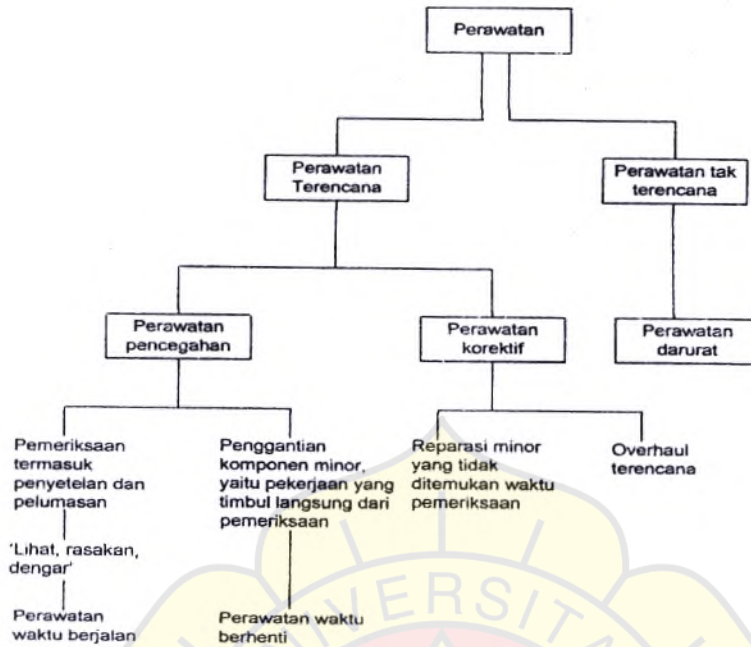
---

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

#### **2.1.4.2 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 selama 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 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 Perawatan<sup>6</sup>

### 2.1.5 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

<sup>6</sup> Corder, Antony. *Op Cit.*, hal. 5

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 disuslkan 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 wc, pembersihan halaman dan kegiatan pemeliharaan peralatan lain yang tidak termasuk dalam kegiatan teknik dan produksi dari bagian maintenance<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> *Ibid.*, hal 99

## 2.2 PENGERTIAN DAN PERENCANAAN STANDAR KUALITAS

### 2.2.1 Pengertian Kualitas

Dalam kehidupan sehari-hari seringkali kita mendengar orang membicarakan masalah kualitas, misalnya mengenai kualitas sebagian besar produk buatan luar negeri yang lebih baik dari pada produk dalam negeri. Apa sesungguhnya kualitas itu? Pertanyaan ini sangat banyak jawabannya, karena maknanya akan berlainan bagi setiap orang dan tergantung konteksnya. Kualitas sendiri memiliki banyak kriteria yang berubah secara terus menerus. Orang yang berbeda akan menilai dengan kriteria yang berlainan pula.

Ada beberapa aspek dari kualitas, salah satunya yaitu aspek hasil. Pertanyaan mengenai aspek ini adalah "*apakah produk atau jasa tersebut memenuhi atau bahkan melebihi harapan pelanggan?*" merupakan aspek yang penting dalam kualitas. Konsep kualitas itu sendiri sering dianggap sebagai ukuran relatif kebaikan suatu produk atau jasa yang terdiri atas kualitas disain dan kualitas kesesuaian. Kualitas disain merupakan fungsi spesifikasi produk, sedangkan kualitas kesesuaian adalah suatu ukuran seberapa jauh suatu produk memenuhi persyaratan atau spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan. Tetapi aspek ini bukanlah satu-satunya aspek kualitas, TQM merupakan konsep yang lebih luas yang tidak hanya menekankan pada aspek hasil tetapi juga kualitas manusia dan kualitas prosesnya. Bahkan Stephen Uselac menegaskan bahwa kualitas bukan



hanya mencakup produk dan jasa, tetapi juga meliputi proses, lingkungan dan manusia.

Banyak pakar yang mencoba mendefinisikan kualitas berdasarkan sudut pandang masing-masing, beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

**Goetch dan Davis (1995)** "kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan".

**Scherkenbach (1991)** "kualitas ditentukan oleh pelanggan, pelanggan menginginkan produk dan jasa yang sesuai dengan kebutuhan dan harapannya pada suatu tingkat harga tertentu yang menunjukkan nilai produk tersebut".

**Elliot (1993)** "kualitas adalah suatu yang berbeda untuk yang berbeda dan tergantung pada waktu dan tempat, atau dikatakan sesuai dengan tujuan".

Akan tetapi meskipun begitu tidak ada definisi mengenai kualitas yang diterima secara universal, dari definisi-definisi yang ada terdapat beberapa kesamaan, yaitu elemen-elemen:

1. Kualitas meliputi usaha memenuhi atau melebihi harapan pelanggan.
2. Kualitas mencakup produk, jasa, manusia, proses dan lingkungan.
3. Kualitas merupakan suatu kondisi yang selalu berubah.

Sasaran dalam meningkatkan kualitas antara lain untuk menghilangkan kesalahan atau cacat, memperbaiki struktur biaya agar terjadi *at least cost combination* (kombinasi biaya yang terkecil) serta ketepatan waktu yang disesuaikan dengan permintaan pasar. Untuk mendapatkan derajat keunggulan dan memenuhi keinginan pelanggan ada ungkapan yang berbunyi hari ini harus lebih baik dari hari kemarin dan besok lebih baik dari hari ini. Sedangkan untuk mencapai mutu yang baik harus melibatkan kalangan pekerja secara luas dan menyeluruh agar terjadi keseimbangan sehingga memacu karyawan untuk memperbaiki, memelihara dan meningkatkan mutu.

Selanjutnya ada beberapa dimensi kualitas untuk industri manufacturing dan jasa. Dimensi ini digunakan dari sisi manakah kualitas dinilai. Yang dimaksud dengan dimensi tersebut adalah untuk industri manufacture menurut Garvin (1996) meliputi:

1. **Performance**, yaitu kesesuaian produk dengan fungsi utama produk itu sendiri atau karakteristik dari suatu produk.
2. **Feature**, yaitu cirikhas produk yang membedakan dari produk lain yang merupakan karakteristik pelengkap dan mampu menimbulkan kesan yang baik bagi pelanggan.
3. **Reliability**, yaitu kepercayaan pelanggan terhadap produk karena keandalannya atau karena kemungkinan kerusakan yang rendah.

4. **Comformance**, yaitu kesesuaian produk dengan syarat atau ukuran tertentu atau sejauh mana karakteristik disain dan operasi memenuhi standart yang telah ditetapkan.
5. **Durability**, yaitu tingkat ketahanan/awet produk atau lama umur produk.
6. **Serviceability**, yaitu kemudahan produk itu bila akan diperbaiki atau kemudahan memperbaiki atau kemudahan memperoleh komponen produk tersebut.
7. **Aesthetic**, yaitu keindahan atau daya tarik produk tersebut.
8. **Perception**, yaitu fanatisme konsumen akan merek suatu produk tertentu karena citra atau reputasi produk itu sendiri.

Sedangkan untuk bidang jasa, Zaithaml, Berry dan Parasuraman (1985) berhasil mengidentifikasi lima kelompok karakteristik yang digunakan oleh para pelanggan dalam mengevaluasi kualitas jasa, yaitu:

1. **Bukti langsung (*tangible*)**, meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, pegawai, dan sarana komunikasi.
2. **Kehandalan (*reliability*)**, yakni kemampuan memberikan pelayanan yang dijanjikan dengan segera dan memuaskan.
3. **Daya tanggap (*responsiveness*)**, yakni keinginan para staf untuk membantu para pelanggan dan memberikan pelayanan dengan tanggap.

4. **Jaminan (*assurance*)**, mencakup kemampuan, kesopanan dan sifat dapat dipercaya yang dimilikipara staf; bebas dari bahaya, resiko atau keragu-raguan.
5. ***Empati***, meliputi kemudahan dalam melakukan hubungan, komunikasi yang baik, dan memahami kebutuhan para pelanggan.

Dalam era ini terdapat pengembangan empat konsep baru yang penting dalam jaminan kualitas, yaitu :

1. **Biaya kualitas**, biaya kualitas merupakan istilah yang diciptakan oleh Joseph juaran untuk menjawab pertanyaan "seberapa besar kualitas dirasa cukup?". Menurut Juaran, biaya untuk mencapai tingkat kualitas tertentu dapat dibagi menjadi biaya yang dapat dihindari dan biaya yang tidak dapat dihindari. Biaya yang tidak dapat dihindari dikaitkan dengan inspeksi dan pengendalian kualitas yang dirancang untuk mencegah terjadinya kerusakan (*defects*). Biaya yang dapat dihindari adalah biaya kegagalan produk yang meliputi bahan baku yang rusak, jam kerja yang digunakan untuk melakukan pekerjaan ulang dan perbaikan, pemrosesan keluhan, dan kerugian finansial akibat pelanggan yang kecewa. Implikasi pandangan ini menurut Juran adalah bahwa pengeluaran tambahan untuk perbaikan kualitas dapat dijustifikasikan selama biaya kegagalan masih tinggi.
2. **Pengendalian kualitas terpadu (TQC)**, merupakan pemikiran Armand Feignbaum yang dikemukakan pada tahun 1956.

pendapatnya adalah bahwa pengendalian harus dimulai dari perancangan produk dan berakhir jika produk telah sampai ditangan pelanggan yang puas. Prinsip utamanya adalah "*quality is everybody's job*". Ia mengatakan bahwa kegiatan kualitas dapat digolongkan menjadi tiga kata gori, yakni; pengendalian rancangan baru, pengendalian barang baku yang baru datang, dan pengendalian *produk/shop floor*. Sistem kualitas saat ini juga memasukan pengembangan produk baru, seleksi pemasok, dan pelayanan pelanggan.

3. **Reliability engineering**, muncul pada tahun 1950an, yang didorong oleh kebutuhan Angkatan Bersenjata Amerika untuk memiliki peralatan elektronik dan senjata udara yang dapat diandalkan, bekerja dengan baik, serta menghindari kebutuhan untuk penggantian suku cadang yang mahal.
4. **Zero defects**, pertama kali dimunculkan oleh Martin Comany pada tahun 1961-1962. konsep ini timbul karena kebutuhan pelanggan militer akan produk yang tidak hanya bekerja baik pada saat pertama kali, tetapi diserahkan tepat waktu. Konsep zero defects lebih dipusatkan pada harapan manajemen dan hubungan antar pribadi dari pada keterampilan rekayasa. Tujuan utamanya adalah mengharapkan kesempurnaan pada saat pertama dan fokusnya pada identifikasi masalah pada sumbernya dengan perhatian khusus untuk mengkoreksi penyebab umum kesalahan karyawan

seperti; kurangnya pengetahuan, kurangnya fasilitas yang tepat, kurangnya perhatian, kesadaran dan motivasi karyawan.

Selanjutnya untuk menjaga konsistensi kualitas produk dan jasa yang dihasilkan dan sesuai dengan tuntutan kebutuhan pasar, perlu dilakukan pengendalian kualitas (quality control) atas aktivitas proses yang dijalani. Dari pengendalian kualitas yang berdasarkan inspeksi dengan penerimaan produk yang memenuhi syarat sehingga banyak bahan, tenaga, dan waktu yang terbuang, ini membuat munculnya pemikiran untuk menciptakan sistem yang dapat mencegah timbulnya masalah diatas, karena faktor utama yang menentukan kinerja suatu perusahaan adalah kualitas barang dan jasa yang sesuai dengan keinginan konsumennya. Oleh karena itu perusahaan harus mengenal konsumennya dan mengetahui kebutuhan dan apa yang diinginkan oleh konsumen.

### **2.2.2 Perencanaan Standart Kualitas**

Sebelum melakukan pemeriksaan dimulai, standart kualitas harus ditentukan terlebih dahulu. Langkah-langkah yang perlu diambil adalah :

1. Mempertimbangkan persaingan dan kualitas produk pesaing
2. Mempertimbangkan kegunaan terakhir produk
3. Kualitas harus sesuai dengan harga jual

4. Perlu tim yang terdiri dari mereka yang berkecimpung dalam bidang-bidang yang bersangkutan, seperti :
  - a. Penjualan yang mewakili konsumen
  - b. Teknik yang mengatur disain dan kualitas teknik
  - c. Pembelian, yang menentukan kualitas bahan
  - d. Produksi yang menentukan biaya memproduksi berbagai kualitas alternative.
5. Setelah ditentukan sesuai dengan keinginan konsumen dengan kendala teknik produksi, tersedianya bahan, dan sebagainya, maka kualitas ini perlu dipelihara. Ini dilaksanakan oleh staf pengamat produksi. Pemeriksaan hanya mengecek keefektifan pekerja bagian produksi dalam memproduksi produk sesuai dengan kualitas standar.

Oleh karena itulah para pekerja perlu disadarkan akan pentingnya pemeliharaan kualitas standar<sup>8</sup>.

### 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 tertentu<sup>9</sup>. *Realibility* merupakan ukuran kemampuan suatu

<sup>8</sup> Sukanto Reksahadiprodjo, Indriyo Gitosudarmo, Hal 246: 2000

<sup>9</sup> Balbir S. Dhillon (et al), *Reliability and Maintaiability Management*, First Edition (Cet. I; New York: Van Nostrad Reinhold Company, 1985), h. 25.

komponen atau peralatan untuk beroperasi terus-menerus tanpa adanya gangguan/kerusakan.

Ada empat hal yang signifikan sehubungan dengan pengertian kehandalan (*reliability*), yaitu:<sup>10</sup>

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 distribusi frekuensi dari suatu item dapat dilakukan dengan cara melakukan estimasi waktu hidup dari item tersebut agar diketahui umur pemakainnya 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*)

*Reliability*/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.

---

<sup>10</sup> A. K. S. Jardine, *Maintenance Replacement and Reliability*, First Edition (Cet. I; New York: letter Press, 1973), h. 167.



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*)<sup>11</sup>.

*Maintainability* mempengaruhi tingkat *availability* secara langsung. Waktunya diambil untuk memperbaiki kerusakan dan menyelesaikan *preventive maintenance* secara rutin untuk mengambil sistem dari

---

<sup>11</sup> Patrick D.T. O'Corner, *Op.Cit.*, h. 401.

*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 ada<sup>12</sup>.

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* lainnya<sup>13</sup>.

*Maintainbility* adalah probabilitas bahwa suatu komponen yang rusak akan diperbaiki dalam jangka waktu (T), dimana *maintainability* dilakukan sesuai dengan ketentuan yang ada. *Maintainability* digambarkan juga sebuah kemampuan alat yang dapat dipelihara walaupun terdapat beberapa tindakan yang perlu dilakukan supaya dapat beroperasi secara optimal. Adapun ruang lingkup sebagai berikut:<sup>14</sup>

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

---

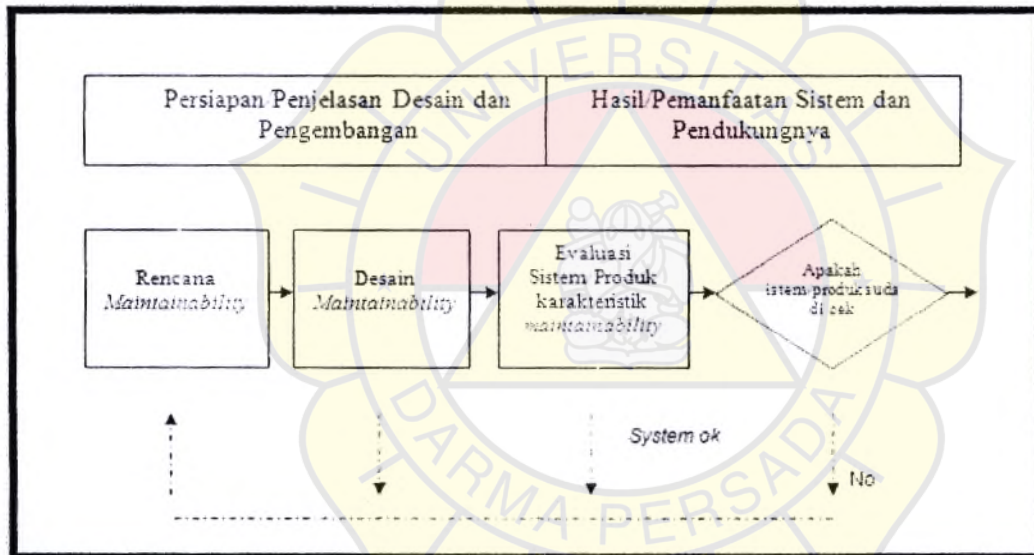
<sup>12</sup> *Ibid.*, h. 402.

<sup>13</sup> *Ibid.*

<sup>14</sup> Benjamin S. Blanchard (et al), *op.cit.*, h.1.

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.



Gambar 2.2. Persyaratan *Maintainability*

Sumber : Benjamin S. Blanchard 1995.

## 2.5 DOWNTIME

*Downtime* merupakan waktu mengganggu atau 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 atau kecepatan produksinya 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 menentukan 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 selang 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:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \text{ untuk } t \geq 0$$

#### Keterangan

$F(t)$  : Fungsi distributif kumulatif

$f(t)$  : Fungsi kepadatan peluang

Jika  $t \rightarrow \infty$  maka  $F(t) = 1$

### 2.6.2 Fungsi Keandalan (*Reliability*)

Fungsi Realibility merupakan probabilitas sistem atau komponen akan berfungsi hingga waktu tertentu ( $t$ )<sup>15</sup>. pengertian fungsi keandalan (*Reliability*) adalah probabilitas suatu sistem atau komponen akan beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu periode

<sup>15</sup> Charles E. Ebeling, *An Introduction to Realibility and Maintainability Engineering*, First Edition (Cet. I; Singapore: Mc Graw-Hill, 1997), h. 27.

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:

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

$R(t)$  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 of fit (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

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

Keterangan:

$$x_i = \ln(t_i)$$

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

## 2. Distribusi Normal

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

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

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



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 Eksponensial

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

Keterangan:

$$x_i = t_i$$

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

#### 2.6.4 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:<sup>16</sup>

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

<sup>16</sup> *Ibid.*, h. 26.

Sedangkan *Mean Time to Failure* merupakan nilai dari fungsi *reability* nilai suatu mesin yang diharapkan yaitu:<sup>17</sup>

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \rightarrow \text{sehingga } MTTF = \int_0^{\infty} -\frac{dR(t)}{dt} dt$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} -tR(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

$R(t)$  : Fungsi kehandalan \*

### 2.6.5 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  $R(t)$ .

<sup>17</sup> Patrick D.T. O'Corner, *op. cit.*, h. 24.

### 2.6.5.1 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:

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

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

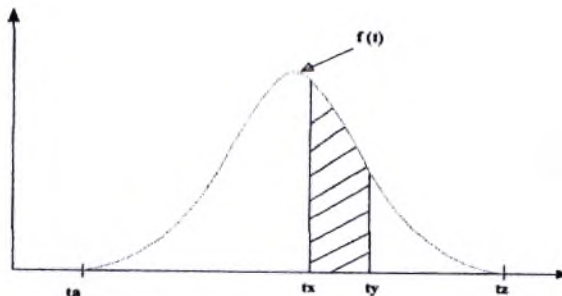
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \text{ untuk } t \geq 0$$

#### Keterangan:

$\lambda(t)$  : Fungsi laju kerusakan

$F(t)$  : Fungsi Kepadatan peluang

$R(t)$  : Fungsi kehandalan



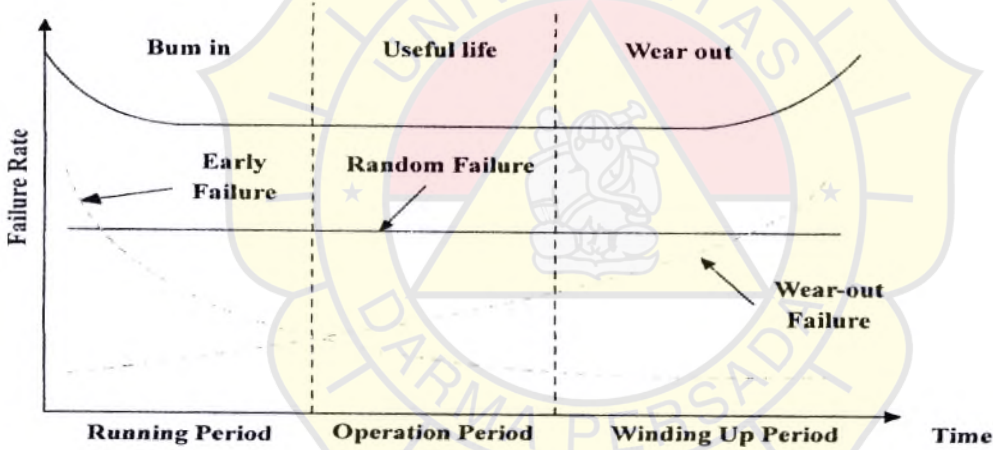
Gambar 2.3 Fungsi Kepadatan Peluang

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

Fourth edition. John Wiley & Sons, LTD

### 2.6.5.2 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:<sup>18</sup>

<sup>18</sup> *Ibid.*, h. 11.

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*.

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 pemakain 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 usulan 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 *Eksponensial*. Variabel yang digunakan adalah variabel acak kontinu (jarak, waktu, dan temperatur). Apabila variabel 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  $\theta$  yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan  $\beta$  yang disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*). Fungsi *reability* adalah sebagai berikut:<sup>19</sup>

$$\text{Realibity function } R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots(5)$$

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

Dalam distribusi Weibull yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk adalah parameter  $\beta$ . Perubahan nilai-nilai parameter bentuk yang menunjukkan laju kerusakan dapat dilihat dalam tabel 3.1 dibawah ini. Jika parameter  $\beta$  mempengaruhi laju kerusakan

<sup>19</sup> Charles E. Ebeling, *op. cit.*, h. 59.

maka parameter  $\theta$  mempengaruhi nilai tengah dari perubahan pola data<sup>20</sup>.

Tabel 3.1 Nilai parameter bentuk ( $\beta$ ) 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>constant failure rate</i> ) atau CFR pada distribusi <i>Eksponensial</i>
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat ( <i>increasing failure rate</i> ) atau IFR. Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju kerusakan linier ( <i>linear failure rate</i> ) atau LFR. Pada distribusi <i>Rayleigh</i>
$\beta > 2$	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

<sup>20</sup> *Ibid.*, h. 64.



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 *reability* yang terdapat pada distribusi *Lognormal* yaitu:<sup>21</sup>

$$\text{Realibility function : } R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad \dots\dots(6)$$

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

### 2.7.3 Distribusi Normal

Distribusi *Normal* cocok untuk digunakan dalam memodelkan fenomena keausan. Parameter yang digunakan adalah  $\mu$  (nilai tengah) dan  $\sigma$  (standar deviasi). Karena hubungannya dengan *Lognormal*, distribusi ini dapat juga digunakan untuk menganalisa probabilitas *Lognormal*. Fungsi *reability* yang terdapat pada distribusi normal yaitu:<sup>22</sup>

$$\text{Realibility function: } R(t) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad \dots\dots(7)$$

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

<sup>21</sup> *Ibid.*, h. 73.

<sup>22</sup> *Ibid.*, h. 69.

### 2.7.4 Distribusi Eksponential

Distribusi *Eksponential* digunakan untuk menghitung keandalan (*reability*) dari distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan konstan. Distribusi ini mempunyai laju 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 dalam distribusi *Eksponential* adalah  $\lambda$  yang menunjukkan rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi *reability* yang terdapat dalam distribusi *Eksponential* yaitu:<sup>23</sup>

$$\text{Realibility Function : } R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(8)$$

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

## 2.8 IDENTIFIKASI DISTRIBUSI

Dengan mengumpulkan data dari *downtime*. Pencocokan distribusi secara teoritis dapat dipandang sebagai 3 tahapan proses yang terdiri dari identifikasi distribusi, pendugaan parameter dan menampilkan distribusi data dengan menguji kebaikan (*Goodness of Fit Test*).

<sup>23</sup> *Ibid.*, h. 41.

### 2.8.1 Identifikasi Awal

Pada tahap identifikasi awal ini, distribusi kerusakan awal yang ada pada mesin di dekati dengan pendekatan distribusi *Weibull*, *Normal*, *Lognormal*, maupun *Eksponential*.

### 2.8.2 Pendugaan Parameter Distribusi

#### 2.8.2.1 Pendugaan Parameter Distribusi *Weibull* dengan Regresi

##### Linier

Dua parameter yang digunakan dalam distribusi ini adalah  $\theta$  yang disebut parameter skala (*scale parameter*) dan  $\beta$  yang disebut parameter bentuk (*shape parameter*) supaya dapat menghitung MTTF. Penaksiran parameter  $\theta$  dan  $\beta$  dapat dilakukan dengan cara regresi linear. Misalnya :  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  adalah sejumlah data waktu TTF (*time to failure*) yang telah disusun menurut aturan dari yang terkecil hingga terbesar, untuk setiap waktu ( $t$ ), dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . Maka berlaku hubungan sebagai berikut :<sup>24</sup>

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

<sup>24</sup> *Ibid.*, h. 364.

persamaan  $y_i = a + b \cdot x_i$  adalah menggambarkan garis lurus dengan gradien  $b$  dan konstanta  $a$ . Nilai  $b$  sebagai gradien garis lurus menentukan kemiringan garis. Maka  $b$  disebut parameter bentuk. Setelah itu dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting* nilai konstanta  $a$  dan  $b$  dapat diperoleh melalui persamaan:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Sehingga parameter distribusi *Weibull* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\boxed{\begin{aligned} \beta &= b \\ \theta &= e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \end{aligned}} \dots\dots\dots(9)$$

### 2.8.2.2 Pendugaan Parameter Distribusi *Lognormal* dengan Regresi Linear

Misalnya :  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  adalah sejumlah data waktu TTF (*time to failure*) yang telah disusun menurut aturan dari yang terkecil hingga yang terbesar, untuk setiap  $t_i$  dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  maka berlaku hubungan sebagai berikut:<sup>25</sup>

$$y_t = a + b \cdot x_i$$

Dimana:

$X_i = \ln(t_i)$ , dimana  $t_i$  adalah data waktu ke- $i$

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

Nilai  $z$  diperoleh dari tabel  $\phi(z)$  maka lihat tabel distribusi normal pada lampiran.

$F(t_i)$  dihitung dengan menggunakan pendekatan *median rank*, yaitu:

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

Dimana :

$i$  = data waktu ke-  $t$

$n$  = jumlah data kerusakan

<sup>25</sup> *Ibid.*, h. 360.

Setelah itu dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*, nilai konstanta  $a$  dan  $b$  dapat diperoleh, maka berlaku hubungan sebagai berikut:<sup>26</sup>

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

$$z = \Phi^{-1}[F(t)] = \frac{1}{s} \ln t - \frac{1}{s} \ln t_{med}$$

Sehingga parameter distribusi *Lognormal* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$s = \frac{1}{b} \text{ dan } t_{med} = e^{-sa} \dots\dots\dots(10)$$

### 2.8.2.3 Pendugaan Parameter Distribusi *Normal* dengan Regresi

#### Linear

Misalnya :  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  adalah sejumlah data waktu TTF (*time to failure*) yang telah disusun menurut aturan dari yang terkecil hingga yang terbesar untuk setiap  $t_i$  dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  maka berlaku hubungan sebagai berikut :<sup>27</sup>

$$y_t = a + b \cdot x_j$$

<sup>26</sup> *Ibid.*, h. 370.

<sup>27</sup> *Ibid.*, h. 367.

Dimana:

$x_i = t_i$ , dimana  $t_i$  adalah data waktu ke  $-i$

$$y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

Nilai  $z$  diperoleh dari tabel  $\Phi(z)$ , dapat dilihat di tabel distribusi normal pada lampiran  $F(t_i)$  dihitung dengan menggunakan pendekatan *median rank*, yaitu :

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

Dimana:

$i$  = data waktu ke  $-t$

$n$  = jumlah data kerusakan \*

setelah itu dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*, nilai konstanta  $a$  dan  $b$  dapat diperoleh, maka berlaku hubungan sebagai berikut .<sup>28</sup>

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

$$z_i = \Phi^{-1}[F(t)] = \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma}\right) = \frac{t_i}{\sigma} - \frac{\mu}{\sigma}$$

<sup>28</sup> *Ibid.*

Sehingga parameter distribusi normal dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{1}{b} \dots\dots\dots(11)$$

$$\mu = -a\sigma \dots\dots\dots(12)$$

$$\mu = -\frac{a}{b} \dots\dots\dots(13)$$

#### 2.8.2.4 Pendugaan Parameter Distribusi Eksponensial dengan Regresi Linear

Misalnya :  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  adalah sejumlah data waktu TTF (*time to failure*) yang telah disusun menurut aturan dari yang terkecil hingga yang terbesar untuk setiap  $t_i$  dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  maka berlaku hubungan sebagai berikut :<sup>29</sup>

$$-\ln[1 - F(t)] = \ln\left[\frac{1}{1 - F(t)}\right] = \lambda t \dots\dots\dots(14)$$

$$F(t) \leftrightarrow \ln\left[\frac{1}{1 - F(t)}\right]$$

Dimana:

$x_i = t_i$ , dimana  $t_i$  adalah data waktu ke  $-i$

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

<sup>29</sup> *Ibid.*, h. 360.



$F(t_i)$  dihitung dengan menggunakan pendekatan *median rank*, yaitu:

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

Dimana:

$i$  = data waktu ke- $t$

$n$  = Jumlah data kerusakan

Setelah itu dengan menggunakan metode *Least Square Curve Fitting*, nilai konstanta  $b$  dapat diperoleh melalui persamaan:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Sehingga parameter distribusi *Eksponential* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\lambda = \beta \dots\dots\dots(15)$$

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*. *Barlett's Test* untuk distribusi *Normal* dan *Lognormal*. Nilai kritis tergantung pada derajat kepercayaan dengan pengujian sampel yang ada.

### 2.9.1.1 *Mann's Test* untuk Pengujian Distribusi *Weibull*

Hipotesa *Mann's Test* untuk melakukan pengujian ini adalah.<sup>30</sup>

$H_0$  : Data kerusakan berdistribusi *Weibull*

$H_1$  : Data kerusakan tidak berdistribusi *Weibull*

Uji statistiknya adalah:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} \dots\dots\dots(16)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \dots\dots\dots(17)$$

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{i - 0.5}{n + 0.25} \right) \right] \dots\dots\dots (18)$$

<sup>30</sup> *Ibid.*, h. 401.

Keterangan :

- $t_i$  = data waktu kerusakan yang ke  $-i$   
 $X_i$  =  $\ln(t_i)$   
 $r, n$  = banyaknya data  
 $M_i$  = nilai pendekatan *Mann's* untuk data ke  $-i$   
 $M_{a, k_1, k_2}$  = nilai  $M_{\text{tabel}}$  untuk distribusi *Weibull*  
 $K_1$  =  $r/2$   
 $K_2$  =  $(r-1)/2$ , bilangan bulat yang terbesar yang lebih kecil dari  $(r/2)$

Jika nilai hitung  $M_{\text{hitung}} < M_{\text{tabel}}$ , maka  $H_0$  diterima.

### 2.9.1.2 *Barlett's Test* untuk Pengujian Distribusi *Ekspponential*

Hipotesa *Barlett's Test* untuk melakukan uji ini adalah.<sup>31</sup>

$H_0$  = Data kerusakan berdistribusi *Ekspponential*

$H_1$  = Data kerusakan tidak berdistribusi *Ekspponential*

Uji statistiknya adalah:

$$B = \frac{2r \left[ \ln \left( \frac{1}{R} \right) \sum_{i=1}^r t_i - \left( \frac{1}{R} \right) \sum_{i=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \dots\dots\dots(19)$$

<sup>31</sup> *Ibid.*, h. 399.

**Keterangan:**

- $t_i$  = data waktu kerusakan ke  $i$   
 $r$  = jumlah kerusakan  
 $B$  = nilai uji statistik untuk uji *Barlett's Test*

Jika  $X^2_{\frac{1-\alpha}{2}, r-1} < B < X^2_{\frac{\alpha}{2}, r-1} \rightarrow$  maka  $H_0$  diterima.

### 2.9.1.3 Kolmogorov-Smirnov untuk Pengujian Distribusi Normal maupun Lognormal

Hipotesa *Kolmogorov-Smirnov* untuk melakukan pengujian ini adalah:<sup>32</sup>

$H_0$  = Data kerusakan berdistribusi *Normal* atau *Lognormal*

$H_1$  = Data kerusakan tidak berdistribusi *Normal* atau *Lognormal*

Uji statistiknya adalah:  $D_n = \max \{D_1, D_2\}$

Dimana,

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\} \dots\dots\dots(20)$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \dots\dots\dots(21)$$

<sup>32</sup> *Ibid.*, h. 402-404.

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{\ln t_i}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Keterangan:

$t_i$  = data waktu kerusakan ke  $-i$

$\bar{t}$  = rata-rata data waktu kerusakan

$s$  = standar deviasi

$n$  = banyaknya data kerusakan

jika  $D_n < D_{\text{kritis}}$  → maka  $H_0$  diterima.

## 2.10 MEAN TIME TO FAILURE (MTTF)

*Mean time to failure* merupakan rata-rata selang waktu kerusakan dari suatu distribusi kerusakan dimana rata-rata waktu ini merupakan waktu ekspektasi terjadinya kerusakan dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF sering dinyatakan dalam angka ekspektasi  $E(t)$  dan dapat dinyatakan dengan:

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

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

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

Berikut ini adalah perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing distribusi adalah:<sup>33</sup>

a. Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \text{ jam} \dots\dots\dots(22)$$

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

b. Distribusi *Eksponential*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \text{ jam} \dots\dots\dots(23)$$

c. Distribusi *Normal*

$$MTTF = \mu \text{ jam} \dots\dots\dots(24)$$

d. Distribusi *Lognormal*

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \text{ jam} \dots\dots\dots(25)$$

<sup>33</sup> *Ibid.*, h.59.

## 2.11 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:<sup>34</sup>

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

$h(t)$  = 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

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \text{jam} \dots \dots \dots (26)$$

<sup>34</sup> *Ibid.*, h. 192.

$$R_m(t) = \left( e^{-\lambda t} \right)^n e^{-\lambda t(t-nT)}$$

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

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

$$R_m(t) = R(t) \dots\dots\dots(30)$$

Berdasarkan rumus di atas, ini membuktikan bahwa distribusi *eksponential*, 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  $R_m(t) = R(t)$