

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Perawatan (*Maintenance*)**

Menurut Assauri (1999, p95) perawatan merupakan kegiatan untuk memelihara dan menjaga peralatan atau komponen, mengadakan perbaikan, penyesuaian, dan penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi yang memuaskan, sesuai dengan yang direncanakan. Dengan adanya perawatan diharapkan semua peralatan atau komponen yang dimiliki oleh perusahaan dapat beroperasi sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

Perawatan mempunyai peranan yang sangat menentukan dalam kegiatan operasi dari suatu perusahaan yang menyangkut kelancaran atau kemacetan suatu operasi. Dengan demikian, perawatan memiliki fungsi yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain dari suatu perusahaan.

Karena pentingnya aktivitas perawatan maka diperlukan perencanaan yang matang untuk menjalankannya, sehingga terhentinya proses operasi akibat peralatan atau komponen rusak dapat dikurangi seminimum mungkin. Aktivitas perawatan yang benar-benar baik dapat mengurangi biaya untuk merawat peralatan atau komponen.

#### **2.2 Tujuan Perawatan**

Tujuan utama fungsi *maintenance* menurut Assauri (1999, p95) adalah:

- a. Kemampuan operasi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana operasi;

- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi tidak terganggu;
- c. Memaksimalkan umur kegunaan dari peralatan atau komponen;
- d. Menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan;
- e. Untuk mencapai tingkat pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien secara keseluruhannya;
- f. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja;
- g. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan atau *return of investment* yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

## **2.3 Jenis-Jenis Perawatan**

Kegiatan perawatan yang dilakukan terhadap suatu peralatan atau komponen dapat dibedakan atas dua macam yaitu pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) dan pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*).

### **2.3.1 Pemeliharaan Preventif**

Pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang

tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan peralatan atau komponen mengalami kerusakan pada waktu proses operasi.

Dengan demikian, semua peralatan atau komponen yang mendapatkan *preventive maintenance* akan terjamin kontinuitas kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi pada setiap saat. Sehingga dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana operasi yang lebih tepat. *Preventive maintenance* ini sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif di dalam menghadapi peralatan atau komponen-komponen operasi yang termasuk dalam golongan “*critical unit*” apabila :

- a. Kerusakan peralatan atau komponen tersebut akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja atau orang lain;
- b. Kerusakan peralatan atau komponen ini akan mempengaruhi kualitas dari operasi yang dihasilkan;
- c. Kerusakan peralatan atau komponen tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses operasi.

Apabila *preventive maintenance* dilaksanakan pada peralatan atau komponen yang termasuk dalam “*critical unit*”, maka tugas-tugas *maintenance* dapatlah dilakukan dengan suatu perencanaan yang intensif untuk unit yang bersangkutan, sehingga rencana operasi dapat dicapai dengan hasil yang lebih memuaskan dalam waktu yang relatif singkat.

Dalam prakteknya *preventive maintenance* yang dilakukan dapat dibedakan atas pemeliharaan rutin (*routine maintenance*) dan pemeliharaan periodik (*periodic maintenance*).

- a. Pemeliharaan rutin (*routine maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin misalnya setiap hari. Contohnya adalah pembersihan peralatan atau komponen, pelumasan (*lubrication*), pengecekan tekanan ban atau pengecekan oliya, serta pengecekan bahan bakarnya dan mungkin termasuk pemanasan (*warming up*) dari mesin-mesin selama beberapa menit sebelum dipakai beroperasi sepanjang hari;
- b. Sedangkan pemeliharaan periodik (*periodic maintenance*) adalah kegiatan perawatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu, misalnya setiap satu minggu sekali, sebulan sekali atau setahun sekali. *Periodic maintenance* dapat dilakukan pula dengan memakai lamanya jam kerja peralatan atau komponen operasi tersebut sebagai jadwal kegiatan, misalnya setiap seratus jam kerja komponen sekali. Jadi sifat kegiatan *maintenance* ini tetap secara periodik atau berkala. Kegiatan ini jauh lebih berat daripada kegiatan *routine maintenance*.

### **2.3.2 Pemeliharaan Korektif**

Pemeliharaan perbaikan (*corrective* atau *breakdown maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada komponen atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukan *preventive maintenance* ataupun telah dilakukan *preventive maintenance* tetapi sampai pada suatu waktu tertentu fasilitas atau peralatan tersebut tetap rusak.

Dalam kegiatan *corrective maintenance* yang terjadi adalah apabila ada kerusakan, maka peralatan atau komponen tersebut baru diperbaiki. Maksud dari tindakan perbaikan ini adalah agar peralatan atau komponen tersebut dapat dipergunakan kembali dalam proses operasi, sehingga operasi dapat berjalan lancar kembali. Apabila perusahaan hanya mengambil kebijaksanaan untuk melakukan *corrective maintenance* saja, maka terdapatlah faktor ketidakpastian akan kelancaran bekerjanya peralatan atau komponen proses operasi yang ada. Oleh karena itu kebijaksanaan untuk melakukan *corrective maintenance* tanpa *preventive maintenance*, akan menimbulkan akibat-akibat yang dapat menghambat ataupun memacetkan kegiatan operasi apabila terjadi suatu kerusakan yang tiba-tiba pada peralatan operasi yang digunakan.

#### **2.4 Pengertian Keandalan (*Reliability*)**

Konsep reliabilitas pada mulanya dikembangkan oleh A.K.Erlang dan C. Palm yang ditujukan untuk mengatasi masalah yang terjadi pada telepon. Pada tahun 1930, konsep reliabilitas dinyatakan dalam jumlah rata-rata tingkat kegagalan untuk pesawat terbang. Pada tahun 1940 tingkat kecelakaan rata-rata pada pesawat terbang tidak boleh lebih dari satu kecelakaan dalam setiap 100.000 jam terbang, dalam tahun yang sama analisis reliabilitas dipakai pula dalam peralatan perang. Umumnya konsep reliabilitas digunakan pada komponen atau sistem yang berisiko tinggi dan membahayakan. Pada saat ini konsep reliabilitas juga digunakan dalam industri listrik, mesin, kimia, sistem organisasi dan transportasi.

Bermula pada awal tahun 1950-an, kata reliabilitas memperoleh pengertian teknis yang sangat khusus sehubungan dengan kendali mutu dari produk. Telah banyak definisi formal yang diungkapkan dan secara garis besar isinya adalah sebagai berikut:

- a. Reliabilitas adalah probabilitas suatu peralatan melakukan tujuannya dengan periode waktu tertentu dengan kondisi tertentu;
- b. Reliabilitas dari suatu (sistem, peralatan, dan lain-lain) adalah probabilitas bahwa sistem peralatan tersebut dapat menunjukkan penampilan yang memuaskan untuk suatu periode waktu yang ditentukan pada kondisi operasi yang ditentukan;
- c. Reliabilitas adalah probabilitas tidak terjadinya kegagalan selama periode operasi yang ditentukan.

Igor Balovsky menyatakan konsep modern mengenai reliabilitas, “Dinyatakan secara sederhana, reliabilitas adalah kemampuan suatu peralatan untuk tidak rusak selama operasi. Jika suatu peralatan bekerja baik, dan bekerja bilamana diperlukan untuk melakukan pekerjaan sesuai dengan rancangannya, peralatan tersebut dikatakan dapat diandalkan”.

Menurut Ebeling (1997, p5) definisi kehandalan adalah ukuran kemampuan suatu komponen atau peralatan untuk beroperasi terus menerus tanpa adanya gangguan/kerusakan. Kehandalan dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan menunjukkan kemampuan yang diharapkan dalam suatu jangka waktu tertentu jika dioperasikan dalam kondisi operasional tertentu.

Teori reliabilitas adalah dasar statistik dan probabilistik untuk teknik reliabilitas. Teknik reliabilitas adalah suatu cabang dari praktek teknik yang terus meningkat seperti kompleksitas dan ketepatan.

Ada empat hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan pengertian reliabilitas yaitu :

a. Probabilitas

Setiap *item* atau *part* (komponen) dalam suatu sistem memiliki umur atau waktu hidup yang berbeda-beda sehingga terdapat sekelompok *item* yang memiliki rata-rata hidup tertentu. Jadi untuk mengidentifikasi distribusi frekuensi dari suatu *item* dapat dicari dengan melakukan estimasi waktu hidup dari *item* tersebut.

b. Keandalan (*Reliability*) yang diharapkan

Hal ini menunjukkan bahwa keandalan merupakan suatu karakteristik kinerja sistem dimana suatu sistem yang handal harus dapat menunjukkan performansi yang memuaskan jika dioperasikan.

c. Waktu

Keandalan suatu sistem pada umumnya dinyatakan dalam suatu periode waktu karena waktu merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem. Biasanya faktor waktu tersebut dikaitkan dengan kondisi tertentu, seperti waktu antar kerusakan (*mean time to failure*) dan sebagainya.

d. Kondisi operasional yang spesifik

Hal ini menjelaskan bagaimana perlakuan yang diterima sistem dalam menjalankan fungsinya dalam arti bahwa dua buah sistem dengan tingkat mutu sama dapat memberikan tingkat keandalan yang berbeda dalam kondisi operasionalnya. Misalnya kondisi temperatur, keadaan atmosfer dan tingkat kebisingan di mana sistem dioperasikan.

Di dalam dunia hari ini yang berteknologi tinggi, hampir setiap orang tergantung pada mesin-mesin dan peralatan yang kompleks untuk kesehatan, keselamatan, kelincahan dan kesejahteraan ekonomi. Kita mengharapkan mobil, komputer, peralatan elektrik, lampu, televisi, dan lainnya, untuk berfungsi kapan pun kita memerlukan mereka dari hari ke hari, tahun demi tahun. Ketika mereka gagal, hasilnya dapat mendatangkan malapetaka, hilangnya hidup ataupun penuntutan perkara berat yang dapat terjadi. Kegagalan yang berulang menimbulkan gangguan, tidak menyenangkan dan suatu ketidakpuasan pelanggan yang mempunyai andil besar dalam menentukan kesuksesan suatu perusahaan di dalam perdagangan.

Dibutuhkan waktu yang lama untuk perusahaan membangun suatu reputasi reliabilitas, dan hanya membutuhkan waktu yang singkat untuk membuat perusahaan tersebut menjadi "yang tak dapat dipercaya" setelah terjadi suatu hasil yang bercacat. Penilaian berkesinambungan atas keandalan produksi dan kendali berkelanjutan dari keandalan semuanya bersifat penting di dalam kompetisi bisnis saat ini.

## **2.5 Perbedaan Reliabilitas dan Kualitas**

Pemakaian istilah "kualitas dari suatu produk" mempunyai arti sebagai tingkat keunggulan dari suatu barang. Di dalam dunia industri, istilah kualitas lebih digunakan secara benar yaitu "persyaratan-persyaratan di awal penggunaan". Mengumpamakan spesifikasi hasil, cukup menangkap persyaratan-persyaratan pelanggan, tingkatan kualitas sekarang dapat dengan tepat diukur oleh spesifikasi yang memenuhi persyaratan.

Tetapi berapa banyak barang yang masih memenuhi persyaratan setelah beroperasi selama 1 minggu, 1 bulan, ataupun pada akhir masa garansi 1 tahun.



Disinilah reliabilitas berperan. Kualitas merupakan gambaran awal dari hidup suatu barang sedangkan reliabilitas adalah gambar hidup dari operasi suatu barang tiap harinya. Kerusakan awal merupakan kesalahan memproduksi yang lepas dari pengujian akhir. Kerusakan tambahan yang muncul pada waktu penggunaan adalah "kerusakan reliabilitas" atau "*fallout* reliabilitas".

Tingkat kualitas boleh digambarkan oleh suatu nisbah cacat. Untuk mendeskripsikan kerusakan reliabilitas sebuah probabilitas model yang menggambarkan fraksi kerusakan dari waktu ke waktu sangat diperlukan. Ini dikenal sebagai "Model Distribusi Kehidupan" atau "*life-time distribution*".

## **2.6 Fungsi Distribusi Kerusakan (*Failure Distribution*)**

*Failure Distribution* merupakan ekspresi matematis usia dan pola kerusakan mesin atau peralatan. Karakteristik kerusakan setiap peralatan/mesin akan mempengaruhi bentuk kedekatan yang digunakan dalam menguji kesesuaian dan menghitung parameter fungsi distribusi kerusakan.

Karakteristik kerusakan dari setiap peralatan/mesin pada umumnya tidak sama terutama jika dioperasikan dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Suatu peralatan/mesin yang memiliki karakteristik dan dioperasikan dalam kondisi yang sama juga mungkin akan memberikan nilai selang waktu antar kerusakan yang berlainan.

Pada umumnya, saat terjadi perubahan kondisi peralatan dari baik menjadi rusak tidak dapat diketahui dengan pasti, namun dapat diketahui probabilitas terjadinya perubahan tersebut.

## 2.7 Fungsi Kepadatan Peluang

Bila  $X$  menyatakan variabel acak kontinu sebagai waktu kerusakan dari suatu sistem dari jumlah kerusakan pada suatu waktu, dan mempunyai fungsi distribusi  $f(x)$  yang kontinu di setiap titik sumbu nyata maka  $f(x)$  dikatakan sebagai fungsi kepadatan peluang dari variabel  $X$ . Jika  $x$  data bernilai nyata ( $x \geq 0$ ) pada interval waktu  $t$ , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$f_x(t) \geq 0; \text{ untuk } t \geq 0 \text{ dan } \int_0^{\infty} f_x(t) dt = 1 \quad (2.1)$$

## 2.8 Fungsi Distribusi 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 matematis dapat dinyatakan sebagai :

$$F(t) = P(X < t)$$

dimana :

$$F(0) = 0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$$

Hubungan antara fungsi distribusi kumulatif  $F$  dan fungsi kepadatan peluang  $f$  diberikan oleh :

$$F(t) = \int_0^t f(s) ds \text{ untuk } t \geq 0. \quad (2.2)$$

Nilai fungsi distribusi kumulatif ini memenuhi  $0 \leq F(t) \leq 1$ .

## 2.9 Fungsi Reliabilitas

Menurut Ebeling (1997, p23), kehandalan atau reliabilitas didefinisikan sebagai kemungkinan sistem atau komponen akan berfungsi hingga waktu tertentu ( $t$ ). Saat menentukan kehandalan dari suatu peralatan, terdapat hal penting yang harus diperhatikan yaitu spesifikasi fungsi yang diharapkan dari peralatan tersebut. Kehandalan harus diterjemahkan dalam satuan fungsi waktu.

Definisi fungsi kehandalan adalah probabilitas suatu peralatan dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan dalam periode waktu tertentu.

Probabilitas atau kemungkinan kerusakan dari suatu fungsi waktu dapat dinyatakan sebagai :

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

di mana:

$T$  = variabel acak kontinu yang menyatakan waktu hidup peralatan.

Fungsi reliabilitas, dinotasikan dengan  $R(t)$ , didefinisikan sebagai berikut :

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

Bila dilihat dari waktu kerusakan atau kegagalan variabel  $T$  yang memiliki fungsi kepekatan  $f(t)$ , maka dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$R(t) = 1 - F(t) \tag{2.3}$$

$$= 1 - \int_0^t f(s) ds$$

$$= \int_t^{\infty} f(s) ds$$

Luas area keseluruhan kurva sama dengan 1 sehingga dapat dikatakan bahwa nilai dari probabilitas fungsi kehandalan dan fungsi distribusi kumulatif berada diantara 0 hingga 1, yakni :

$$0 \leq R(t) \leq 1$$

$$0 \leq F(t) \leq 1$$

## 2.10 Rata-Rata Waktu Kerusakan (*Mean Time To Failure*)

*Mean Time To Failure (MTTF)* adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (*expected value*) dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan sebagai berikut : (Ebeling, p26)

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (2.4)$$

Selanjutnya karena,

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt}$$

maka,

$$MTTF = \int_0^{\infty} -\frac{dR(t)}{dt} t dt$$

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

$$= \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.5)$$

### 2.11 Laju Kerusakan (*Failure Rate*)

Laju kerusakan (*failure rate*) dari suatu peralatan pada waktu  $t$  adalah probabilitas di mana peralatan mengalami kegagalan atau kerusakan dalam suatu interval waktu berikutnya yang diberikan dan diketahui kondisinya baik pada awal interval, jadi dianggap sebagai suatu probabilitas kondisional, dinotasikan sebagai  $r(t)$  atau  $\lambda(t)$ . Fungsi  $\lambda(t)$  adalah probabilitas di mana sistem atau peralatan mengalami kegagalan atau kerusakan selama interval waktu yang pendek  $\Delta t$ , dan diketahui bahwa peralatan tersebut tidak mengalami kerusakan atau kegagalan sampai waktu  $t$ , maka notasi dari probabilitas ditulis sebagai berikut :

Kemungkinan kegagalan atau kerusakan antara waktu  $t$  dan  $\Delta t$  adalah :

$$P[t \leq t + \Delta t] = R(t) = R(t + \Delta t)$$

Kemungkinan bahwa sistem bekerja pada saat  $t$  adalah :

$$P[t \leq t + \Delta t | T \geq t] = \frac{P[t \leq T \leq t + \Delta t]}{P[T \geq t]} = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)}$$

Jika persamaan di atas dibagi dengan  $\Delta t$ , maka :

$$P[t \leq t + \Delta t | T \geq t] = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)\Delta t}$$

Fungsi laju kerusakan didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan  $\Delta t \rightarrow 0$ . Dengan demikian fungsi laju kerusakan sesaat dan fungsi laju kerusakan dapat didefinisikan sebagai :

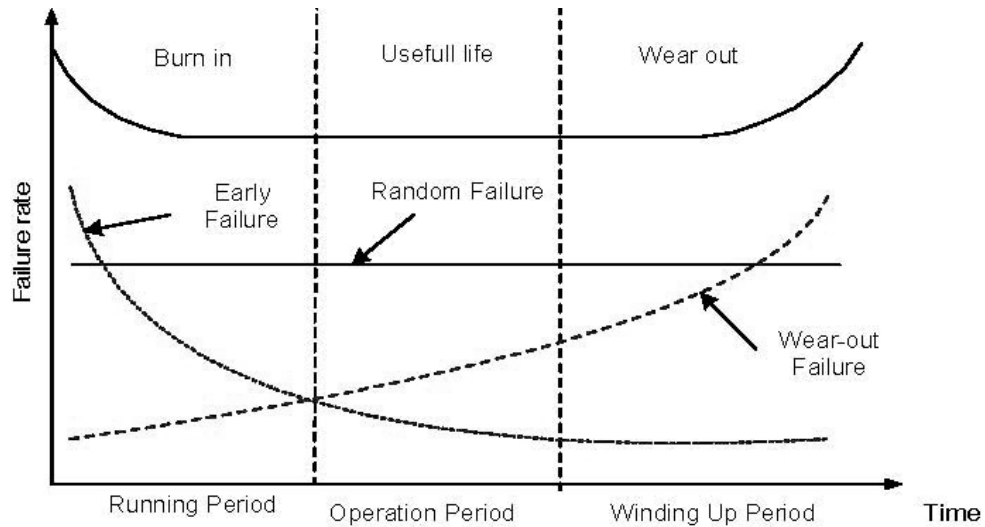
$$\begin{aligned}
\lambda(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{-[R(t + \Delta t) - R(t)]}{\Delta t} \cdot \frac{1}{R(t)} \\
&= \frac{-dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)} \\
&= \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{untuk } t \geq 0
\end{aligned} \tag{2.6}$$

Dari hubungan di atas kita dapat memperoleh

$$\begin{aligned}
\lambda(t) &= -\frac{1}{R(t)} \frac{dR}{dt} \\
\int_0^t \lambda(t) dt &= \int_0^t -\frac{dR}{R(t)} dt \\
-\int_0^t \lambda(t) dt &= [\ln(R(t))]_0^t = \ln(R(t)) \\
R(t) &= e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}
\end{aligned} \tag{2.7}$$

## 2.12 Pola Dasar Laju Kerusakan

Pola dasar dari fungsi laju kegagalan atau laju kerusakan  $\lambda(t)$ , akan berubah sepanjang waktu dari produk tersebut mengalami usaha. Kurva laju kerusakan atau *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 dan pengalaman dapat diketahui bahwa laju kerusakan suatu produk akan mengikuti suatu pola dasar sebagai berikut :



Gambar 2.1 Kurva Laju Kerusakan (*Bathtub Curve*)

Menurut Lemis, setiap periode waktu mempunyai karakteristik tertentu, yang ditentukan oleh laju kerusakannya :

a. Kerusakan awal (*early failure*)

Periode ini disebut sebagai running period (*wear in period*), yang ditandai dengan penurunan laju kerusakan. Laju kerusakan yang terjadi pada fasa ini disebut sebagai kerusakan awal. Kerusakan ini disebabkan oleh berbagai penyebab, seperti pengendalian kualitas yang tidak memenuhi syarat, performansi material dan tenaga kerja di bawah standar, desain yang tidak tepat, kesalahan pemakaian, kesalahan pengepakan dan lain-lain. Jika kerusakan ini terjadi, kemudian diganti dengan produk baru maka akan terjadi peningkatan *reliability*.

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

Periode waktu ini ditandai dengan laju kerusakan yang konstan. Kerusakan yang terjadi pada fasa ini umumnya disebabkan oleh adanya penambahan beban secara tiba-tiba, kesalahan manusia atau kerusakan yang tidak jelas penyebabnya.

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

Periode ini ditandai dengan laju kerusakan yang meningkat tajam, karena memburuknya kondisi peralatan. Bila suatu alat telah memasuki fasa ini, sebaiknya dilakukan perawatan pencegahan untuk mengurangi terjadinya kerusakan yang lebih fatal. Fasa ini disebabkan oleh produk atau peralatan yang digunakan sudah melebihi umur produk, perawatan yang tidak memadai, kelelahan karena friksi, aus karena pemakaian dan korosi.

Dilihat dari Gambar 2.1, ternyata periode *early failures* dapat didekati dengan distribusi *Weibull*, sedangkan periode *chance failure* dapat dipenuhi dengan distribusi *Weibull* dan distribusi *Eksponensial*. Dan untuk periode *wear out failures* dapat didekati dengan distribusi *Weibull* dan distribusi *Lognormal*.

Perhitungan laju kerusakan berdasarkan distribusi menunjukkan alternative tindakan pada komponen. Apabila identifikasi distribusi menunjukkan bahwa waktu kerusakan memiliki laju kerusakan yang konstan atau menurun (berdistribusi *exponential* atau *Weibull* dengan  $\beta \leq 1$ ) maka penggantian pencegahan kerusakan tidak akan efektif untuk dilaksanakan karena tidak akan meningkatkan keandalan komponen. Sebaliknya, bila interval kerusakan memiliki laju kerusakan meningkat (berdistribusi *Weibull* dengan  $\beta > 1$ , *normal* dan *lognormal*) maka penggantian pencegahan kerusakan akan efektif untuk dilaksanakan.



### 2.13 Distribusi untuk Menghitung Kehandalan

Pendekatan yang digunakan untuk mencari kecocokan antara distribusi kehandalan dengan data kerusakan terbagi dalam dua cara yaitu :

- a. Menurunkan distribusi kehandalan secara empiris langsung dari data kerusakan. Jadi dengan kata lain kita menentukan model matematis untuk kehandalan, laju kerusakan dan rata-rata waktu kerusakan secara langsung berdasarkan pada data kerusakan. Cara ini disebut juga dengan *non-parametric method*. Hal ini dikarenakan metode ini tidak membutuhkan spesifikasi dari distribusi teoritis tertentu dan selain itu juga tidak membutuhkan penaksiran dari parameter untuk distribusi;
- b. Mengidentifikasi sebuah distribusi kehandalan secara teoritis, menaksirkan parameter dan kemudian melakukan uji kesesuaian distribusi. Metode ini akan menggunakan distribusi teoritis dengan tingkat kecocokan tertinggi dan data kerusakan sebagai model distribusi reliabilitas yang digunakan untuk menghitung kehandalan, laju kerusakan, dan rata-rata waktu kerusakan.

Berdasarkan kenyataan bahwa hampir semua data kerusakan umum memiliki kecocokan yang tinggi terhadap suatu distribusi teoritis tertentu, maka cara kedua umumnya lebih disukai daripada cara pertama. Cara kedua juga memiliki beberapa keunggulan (Ebeling, 1997, p358-359) :

- a. Model empiris tidak menyediakan informasi di luar *range* dari data sampel, sedangkan dalam model distribusi teoritis, ekstrapolasi melebihi *range* data sampel adalah mungkin untuk dilakukan;

- b. Yang ingin diprediksi adalah data kerusakan secara keseluruhan bukan hanya terbatas pada sampel saja karena sampel hanya merupakan sebagian kecil dari populasi yang diambil secara acak sehingga model kerusakan tidak cukup bila hanya dibentuk berdasarkan data sampel saja;
- c. Distribusi teoritis dapat digunakan untuk menggambarkan berbagai macam laju kerusakan;
- d. Ukuran sampel yang kecil menyediakan informasi yang sedikit mengenai proses kegagalan. Akan tetapi jika sampel konsisten terhadap distribusi teoritis maka hasil prediksi yang lebih kuat dapat diperoleh;
- e. Distribusi teoritis lebih mudah untuk digunakan dalam menganalisis proses kegagalan yang kompleks.

Dalam teori Reliabilitas, variabel yang dipakai adalah variabel acak kontinu, seperti jarak, waktu, putaran, temperatur. Bila variabel acak adalah diskrit, maka fungsi kegagalan tidak dapat ditentukan.

Pada penelitian ini, distribusi yang digunakan adalah distribusi yang sering dipakai dalam teori kehandalan yaitu Distribusi *Weibull*.

#### **2.14 Distribusi *Weibull***

Distribusi *Weibull* ditemukan oleh Waloddi Weibull pada tahun 1937, ia mengklaim bahwa distribusi ini dapat menjangkau berbagai macam persoalan. Waloddi Weibull menemukan bahwa metoda *Weibull* dapat bekerja dengan sample yang sangat kecil, bahkan dua atau tiga kegagalan untuk analisis reliabilitas. Karakteristik ini sangat penting pada permasalahan keselamatan *aerospace* (luar angkasa) dimana dalam ujian

pengembangan dengan contoh-contoh kecil. (Untuk keterkaitan statistik, sampel lebih besar diperlukan.)

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi empiris yang muncul pada hampir semua karakteristik kegagalan dari produk karena mencakup ketiga fase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan. Biasanya distribusi ini digunakan pada komponen mekanik atau peralatan permesinan. Distribusi *Weibull* merupakan distribusi kontinu dan biasanya digunakan untuk representasikan data karena merupakan suatu distribusi yang fleksibel yang dapat meniru karakteristik-karakteristik dari banyak distribusi-distribusi yang lain. *Weibull* sangat sering digunakan untuk merepresentasikan data uji hidup.

Distribusi *Weibull* banyak digunakan dalam bentuk dua parameter yaitu  $\beta$  (parameter bentuk/*shape parameter*) dan  $\theta$  (parameter skala/*scale parameter* dan juga disebut karakteristik hidup).

### **Fungsi Reliabilitas Weibull (Weibull Reliability Function)**

Menurut Ebeling (1997, p17) fungsi kepadatan peluang distribusi *Weibull* adalah

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left( \frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} e^{-\left( \frac{t}{\theta} \right)^\beta} \quad \text{untuk } t \geq 0 \quad (2.8)$$

Fungsi distribusi kumulatifnya adalah (Ebeling, 1997, p18)

$$\begin{aligned} F(t) &= \int_0^t f(s) ds \\ &= \int_0^t \frac{\beta}{\theta} \left( \frac{s}{\theta} \right)^{\beta-1} e^{-\left( \frac{s}{\theta} \right)^\beta} ds \end{aligned} \quad (2.9)$$

dimisalkan

$$\partial e^{-\left(\frac{s}{\theta}\right)^\beta} = e^{-\left(\frac{s}{\theta}\right)^\beta} \cdot -\beta \cdot \left(\frac{s}{\theta}\right)^{\beta-1} \cdot \frac{1}{\theta}$$

maka

$$\begin{aligned} &= \int_0^t \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{s}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{s}{\theta}\right)^\beta} \\ &= -\int_0^t \partial e^{-\left(\frac{s}{\theta}\right)^\beta} \\ &= 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \end{aligned}$$

Persamaan Kehandalan (Mitchell, 1995, p167)

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \tag{2.10}$$

Laju kerusakan dalam distribusi *Weibull* (Ebeling, 1997, p21)

$$\begin{aligned} \lambda(t) &= \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}}{e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}} \\ &= \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \end{aligned} \tag{2.11}$$

Nilai harga harapan dari distribusi *Weibull* (Ebeling, 1997, p59)

$$E(T) = \int_0^{\infty} \frac{\beta}{\theta} \left( \frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta}} t dt \quad (2.12)$$

dimisalkan

$$y = \left( \frac{t}{\theta} \right)^{\beta} \quad \text{dan} \quad \partial y = \frac{\beta}{\theta} \left( \frac{t}{\theta} \right)^{\beta-1}$$

maka

$$= \int_0^{\infty} t e^{-y} \partial y$$

karena

$$t = \theta y^{1/\beta}$$

didapatkan

$$\begin{aligned} &= \theta \int_0^{\infty} y^{1/\beta} e^{-y} dy \\ &= \alpha \Gamma \left( \frac{1}{\beta} + 1 \right) \end{aligned}$$

dimana  $\Gamma$  adalah fungsi gamma, yakni

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} t^{\gamma-1} e^{-t} dt \quad (2.13)$$

Variansi dari T adalah

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} t^2 \frac{\beta t^{\beta-1}}{\alpha^{\beta}} \exp \left[ - \left( \frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right] dt - E^2(t)$$

$$\sigma^2 = (\theta)^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left[ \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^2 \right\} \quad (2.14)$$

Ada dua kasus khusus yang penting berkaitan dengan distribusi *Weibull*. Kasus yang pertama adalah saat  $\beta = 1$  dan yang kedua adalah saat  $\beta = 2$ .

Saat  $\beta = 1$ , maka *failure density function* nya adalah:

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

dan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{1}{\alpha}$$

Saat  $\beta = 2$ , maka *failure density function* nya adalah:

$$f(t) = \frac{2t}{\alpha^2} \exp\left[-\left(\frac{t^2}{\alpha^2}\right)\right]$$

dan

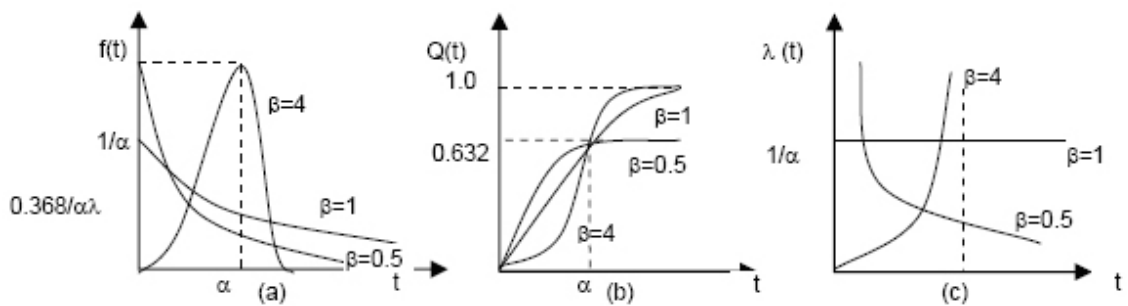
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{2t}{\alpha^2}$$

Distribusi *Weibull* sering dipakai sebagai pendekatan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan karena perubahan nilai akan mengakibatkan distribusi *Weibull* mempunyai sifat tertentu ataupun ekuivalen dengan distribusi tertentu. Perubahan nilai dari parameter bentuk ( $\beta$ ) yang terjadi dijelaskan pada Tabel 2.1 (Ebeling, 1997, p64)

Nilai	Sifat
$0 < \beta < 1$	Fungsi kerusakan menurun/ <i>decreasing failure rate</i> (DFR).
$\beta = 1$	Fungsi kerusakan konstan/ <i>constant failure rate</i> (CFR). Distribusi <i>Ekspensial</i> .
$1 < \beta < 2$	Fungsi kerusakan meningkat/ <i>Increasing failure rate</i> (IFR). Kurva berbentuk konkaf.
$\beta = 2$	Fungsi kerusakan linier/ <i>linier failure rate</i> (LFR). Distribusi <i>Rayleigh</i> .
$\beta > 2$	Fungsi kerusakan meningkat/ <i>Increasing failure rate</i> (IFR). Kurva berbentuk konveks.
$3 \leq \beta \leq 4$	Fungsi kerusakan meningkat/ <i>Increasing failure rate</i> (IFR). Distribusi <i>Normal</i> Kurva berbentuk simetris

Tabel 2.1. Parameter Bentuk ( $\beta$ ) Distribusi *Weibull*

Sumber : Ebeling, C.E, An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering , Mc Graw-Hill, New York, 1997.



Gambar 2.2 *Weibull reliability function*

(a) *Failure Density Function*

(b) *Cumulative Failure*

(c) *Hazard Rate*

## 2.15 Identifikasi Reliabilitas

Identifikasi reliabilitas dilakukan melalui dua tahap, yaitu pendugaan parameter, dan uji *goodness of fit*. Perincian kedua tahap tersebut diberikan pada uraian berikut.

### 2.15.1 Pendugaan Parameter

Parameter dari suatu distribusi hanya dapat diduga (diestimasi) dan tidak dapat secara tepat diketahui, karena tidak ada suatu metode yang dapat mengetahui dengan tepat parameter dari suatu distribusi berdasarkan data sampel yang diambil. Pada penjelasan sebelumnya, pendugaan parameter dapat dihitung bersama-sama dengan identifikasi awal distribusi, yaitu dengan menggunakan metode *least square fit*, tetapi metode tersebut umumnya kurang disukai. Metode pendugaan parameter yang lebih sering digunakan adalah *Maximum Likelihood Estimator* (MLE).

Secara umum, untuk menentukan MLE dari setiap distribusi teoritis, kita harus mencari nilai maksimum dari *likelihood function* berikut yang mengandung sejumlah parameter  $\theta_1, \dots, \theta_k$  yang tidak diketahui (Ebeling, p375).

$$L(L(\theta_1, \dots, \theta_k)) = \prod_{i=1}^n f\langle t_i | \theta_1, \dots, \theta_k \rangle \quad (2.15)$$

Tujuan MLE adalah menentukan parameter  $\theta_1, \dots, \theta_k$  yang dapat memberikan *likelihood function* yang sebesar mungkin untuk setiap nilai  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Nilai *maximum likelihood function* dapat diperoleh dengan mengambil turunan pertama dari logaritma *likelihood function* = 0, yaitu :

$$\frac{\delta \ln L(\theta_1, \dots, \theta_k)}{\delta \theta_i} \quad i = 1, 2, \dots, k$$



### Weibull MLE

Fungsi kepekatan dari distribusi *Weibull* adalah

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

Untuk  $x > 0; \theta > 0, \text{ dan } \beta > 0$

Maka fungsi *log-likelihood* nya adalah

$$\ln L(\theta, \beta) = n \ln(\beta / \theta) + (\beta - 1) \sum \ln(x_i / \theta) - \sum (x_i / \theta)^\beta \quad (2.16)$$

yang akan berubah menjadi

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \ln L(\theta, \beta) = -n\beta / \theta + (\beta / \theta) \sum (x_i / \theta)^\beta = 0 \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \ln L(\theta, \beta) = n / \beta + \sum \ln(x_i / \theta) - \sum (x_i / \theta)^\beta \ln(x_i / \theta) = 0 \quad (2.18)$$

MLE merupakan solusi  $\beta = \hat{\beta}$  dan  $\theta = \hat{\theta}$ , maka fungsinya menjadi:

$$g(\beta) = \frac{\sum_{i=1}^r t_i^\beta \ln t_i}{\sum_{i=1}^r t_i^\beta} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{r} \ln t_i = 0 \quad (2.19)$$

Tujuan dari MLE yaitu memperoleh nilai  $\beta$  dari persamaan di atas. Namun terdapat permasalahan dalam hal ini yakni persamaan di atas tersebut tidak dapat diselesaikan dengan cara matematis. Jadi metode *Newton Rhapson* dapat digunakan untuk memecahkan persamaan non-linear yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$\beta_{j+1} = \beta_j - \frac{g(\beta_j)}{g'(\beta_{j-1})} \text{ dimana } g'(x) = \frac{dg(x)}{dx} \quad (2.20)$$

Persamaan ini harus dipecahkan dengan cara iterasi hingga mencapai nilai  $\beta_j$  yang maksimum atau dengan kata lain yaitu nilai  $g(\beta)$  yang mendekati nol. Oleh karena itulah terlebih dahulu akan dicari turunan pertama dari  $g(\beta)$ :

$$g'(\beta) = \frac{\left[ \left( \sum_{i=1}^r t_i^\beta \ln^2 t_i \right) \left( \sum_{i=1}^r t_i^\beta \right) \right] - \left( \sum_{i=1}^r t_i^\beta \ln t_i \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^r t_i^\beta \right)^2} + \frac{1}{\beta^2} \quad (2.21)$$

Untuk dapat mempermudah penyelesaian iterasi dengan Newton Rhapson maka disarankan nilai  $\beta_j$  awal yang digunakan adalah nilai  $\beta$  yang diperoleh melalui metode *least square*.

Kemudian nilai MLE untuk  $\theta$  diperoleh dari persamaan di bawah ini :

$$\hat{\theta} = \left[ \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n t_i^\beta \right) \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (2.22)$$

### 2.15.2 Uji Kesesuaian (*Goodness of Fit*)

*Goodness of Fit* merupakan langkah terakhir dalam identifikasi reliabilitas secara teori yang biasa dapat disebut pula dengan uji kesesuaian secara statistik yang didasarkan pada sampel waktu kerusakan.

Uji ini dilakukan dengan membandingkan  $H_0$  (hipotesis nol) dan  $H_1$  (hipotesis alternatif).  $H_0$  akan menyatakan bahwa waktu kerusakan yang berasal dari distribusi tertentu dan  $H_1$  akan menyatakan bahwa waktu kerusakan tidak berasal dari distribusi tertentu. Apabila  $H_0$  diterima, maka hal itu berarti bahwa pengujian statistic ini berada di luar nilai kritis.

Dalam hal ini terdapat dua jenis *goodness of fit* yaitu uji umum (*general tests*) dan uji khusus (*specific tests*). Yang merupakan uji umum yaitu uji *chi square* dan uji khusus yaitu *Mann`s test*, *Kolmogorov Smirnov test*. Dibandingkan dengan uji umum, uji khusus lebih akurat dalam menolak suatu distribusi yang tidak sesuai.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan *Mann`s Test*.

### ***Mann`s Test untuk Distribusi Weibull***

Perlu diketahui bahwa pada tahun 1974. distribusi ini dikembangkan oleh Mann, Scafer, dan Singpurwalla. Menurut Ebeling (1997, p400), hipotesis untuk melakukan uji ini yaitu :

$H_0$  : Data berdistribusi *Weibull*.

$H_1$  : Data tidak berdistribusi *Weibull*.

Uji statistiknya :

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left( \frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left( \frac{(\ln t_{i+1} - \ln t_i)}{M_i} \right)} \quad (2.23)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \quad (2.24)$$

$$Z_i = \ln \left[ - \ln \left( 1 - \frac{i - 0.5}{n + 0.25} \right) \right] \quad (2.25)$$

di mana:

- $t_i$  = data waktu antar kerusakan ke-i.
- $n$  = jumlah data waktu antar kerusakan suatu komponen.
- $M_i$  = nilai pendekatan Mann untuk data ke-i.
- $M$  = nilai perhitungan distribusi *Weibull*.
- $M_{0.05,ki,k2}$  = nilai distribusi *Weibull*.
- $r$  = banyaknya data.
- $r/2$  = bilangan bulat terbesar yang lebih kecil dari  $r/2$ .
- $K_1$  =  $r/2$ .
- $K_2$  =  $(r-1)/2$

Dalam waktu antar kerusakan mengikuti distribusi *Weibull* jika :  $M$  perhitungan  $< M_{0.05,ki,k2}$  ( $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak).

## 2.16 Mean Time To Failure untuk Distribusi Weibull

*Mean Time To Failure* (MTTF) adalah rata-rata waktu ekspektasi terjadinya kerusakan dari unit-unit identik yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF seringkali digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi  $E(T)$  dan dapat dinyatakan dengan :

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

Dan integral  $t f(t) d(t)$  dapat dinyatakan :

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

Perhitungan MTTF dalam skripsi ini berdasarkan pada pola distribusi *Weibull*.

Rumus turunan untuk distribusi *Weibull* adalah :

$$MTTF = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \quad (2.26)$$

di mana : Nilai  $\Gamma$  dapat diperoleh dari tabel *Gamma Function*.

### 2.17 Kehandalan (*Reliability*) dengan dan Tanpa Pemeliharaan Preventif

Peningkatan kehandalan dapat ditempuh melalui pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*). Perawatan pencegahan dapat mengurangi pengaruh *wear out* dan menunjukkan hasil yang signifikan terhadap umur sistem.

Menurut Ebeling (1997, p204), model kehandalan berikut ini mengasumsikan sistem kembali ke kondisi baru setelah menjalani *preventive maintenance*. Kehandalan pada saat  $t$  dinyatakan sebagai berikut :

$$R_m(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t < T \quad (2.27)$$

$$R_m(t) = R(T) \cdot R(t - T) \text{ untuk } T \leq t < 2T \quad (2.28)$$

Di mana :

$T$  adalah interval waktu penggantian pencegahan kerusakan.

$R_m(t)$  adalah kehandalan (*reliability*) dari sistem dengan perawatan pencegahan.

$R(t)$  adalah kehandalan sistem tanpa perawatan pencegahan.

$R(T)$  adalah peluang dari kehandalan hingga perawatan pencegahan pertama.

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

Secara umum persamaannya :

$$R_m(t) = R(T)^n \cdot R(t - nT) \quad \text{untuk } nT \leq t < (n+1)T$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

dimana

$R(t)^n$  adalah probabilitas dari kehandalan hingga  $n$  selang waktu perawatan.

$R(t - nT)$  adalah probabilitas dari kehandalan untuk waktu  $t - nT$  dari perawatan *prefentif* terakhir.

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

$$\begin{aligned} R_m(t) &= (e^{-\lambda t})^n \cdot e^{-\lambda t(t-nT)} \\ &= e^{-\lambda nt} \cdot e^{-\lambda t} \cdot e^{\lambda nt} \\ &= e^{-\lambda t} = R(t). \end{aligned}$$

## 2.18 Keuntungan Menggunakan Distribusi *Weibull*

Keuntungan utama dari analisis *Weibull* adalah kemampuannya untuk menyediakan analisis kegagalan yang akurat dengan sampel yang sangat kecil. Sampel kecil juga dapat menghemat biaya test komponen. Selain itu, Distribusi *Weibull* dapat dimodifikasi menjadi berbagai macam distribusi, tergantung pada nilai  $\beta$ .

Keuntungan lain dari analisis *Weibull* adalah menyediakan suatu alur cerita grafis yang bermanfaat dan sederhana dari data kegagalan. Alur cerita data adalah sangat penting bagi insinyur itu dan untuk manajer. Alur cerita data *Weibull* adalah sangat informatif.

## 2.19 Pengertian Sistem

Menurut McLeod (2001, p11), sistem adalah sekelompok elemen yang terintegrasi dengan maksud yang sama untuk mencapai tujuan.

Jika menurut O'Brien (2003, p8), sistem adalah sekumpulan elemen-elemen yang saling berhubungan atau berinteraksi dalam satu bentuk secara keseluruhan.

Sedangkan menurut Hall (1991, p337), sistem adalah sekelompok dua atau lebih komponen-komponen yang saling berkaitan (*interrelated*) atau sub-elemen yang bersatu untuk mencapai tujuan yang sama. Tanpa memperdulikan asal-usulnya, sistem memiliki beberapa elemen yang sama. Elemen-elemen tersebut antara lain sebagai berikut:

- a. Komponen ganda, sebuah sistem harus terdiri atas lebih dari satu bagian;
- b. Keterkaitan (*relatedness*), suatu tujuan bersama menghubungkan semua bagian dalam suatu sistem. Walaupun fungsi setiap bagian bersifat independen satu sama lain, semua bagian mendukung tujuan yang sama;
- c. Tujuan, suatu sistem harus melayani setidaknya satu tujuan.

## **2.20 Pengertian Analisis Sistem**

Menurut Cushing (1991, p327), menjelaskan bahwa analisis sistem adalah proses penyelidikan kebutuhan informasi pemakai dalam suatu organisasi agar dapat menetapkan tujuan dan spesifikasi untuk perancangan suatu sistem informasi.

Menurut Gordon (1996, p396), analisis sistem adalah mengidentifikasi kebutuhan organisasi dengan membandingkan spesifikasi dan kinerja sistem yang ada saat ini untuk menguji kebutuhan-kebutuhan yang utama.

Berdasarkan kedua definisi di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis sistem adalah proses penguraian sistem informasi untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi masalah, hambatan, dan kebutuhan yang dapat menghasilkan perbaikan atau membuat suatu sistem baru.

### **2.21 Perancangan Sistem**

Mulyadi (1993, p51), menjelaskan bahwa perancangan sistem adalah proses penerjemahan kebutuhan pemakai informasi ke dalam alternatif rancangan sistem yang diajukan kepada pengguna informasi untuk dipertimbangkan.

### **2.22 Pengertian Teknologi Informasi**

Menurut Ward dan Peppard (2002, p3), teknologi informasi secara khusus ditujukan untuk teknologi, khususnya *hardware*, software dan jaringan telekomunikasi. Teknologi informasi memfasilitasi perolehan, pemrosesan, penyimpanan, pengiriman dan pembagian informasi dan isi digital lainnya.

### **2.23 Rekayasa Perangkat Lunak**

Menurut Pressman (2001, p20) rekayasa perangkat lunak adalah aplikasi dari metode pendekatan yang dapat dikuantifikasi, disiplin dan sistematis untuk pengembangan, operasi, dan pemeliharaan perangkat lunak, yaitu aplikasi dari rekayasa perangkat lunak itu sendiri.

Segala kegiatan yang berhubungan dengan proses perancangan perangkat lunak dapat dikategorikan menjadi beberapa fase (Pressman, 2001, p22). Fase-fase tersebut yaitu:

#### **a. Definisi**

Pada fase ini, perancang perangkat lunak mendefinisikan fungsi-fungsi yang diinginkan, kelakuan sistem yang diharapkan, informasi-informasi yang akan diproses, antar muka yang akan dibuat, keterbatasan yang ada dalam desain,



dan kriteria validasi apa yang diperlukan untuk menghasilkan sistem yang baik.

b. Pengembangan

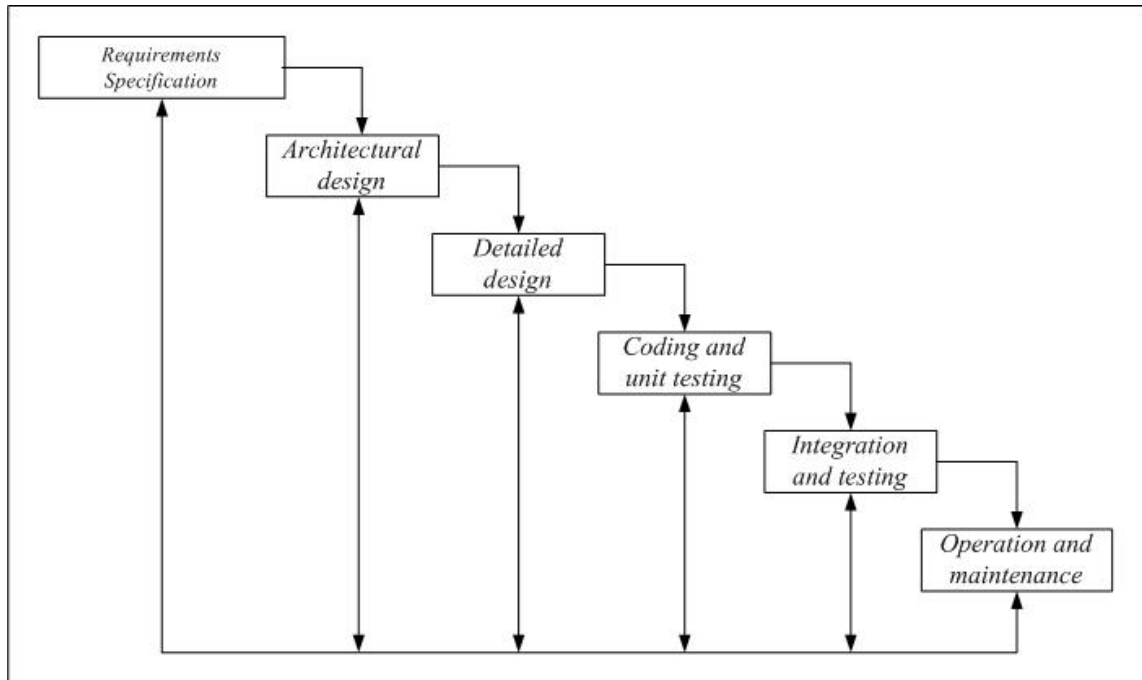
Setelah memasuki fase ini, perancang perangkat lunak fokus pada bagaimana data distrukturisasi, bagaimana fungsi diimplementasikan pada arsitektur perangkat lunak, bagaimana antarmuka dikarakteristikan, bagaimana disain diterjemahkan menjadi bahasa pemrograman, dan bagaimana *testing* dilakukan.

c. Dukungan

Fase ini fokus pada perubahan yang berhubungan dengan perbaikan *error*, adaptasi karena evolusi lingkungan perangkat lunak, dan perubahan yang disebabkan oleh perubahan keinginan konsumen.

### **3.24 Daur Hidup Perangkat Lunak**

Daur hidup perangkat lunak (*software life cycle*) mengidentifikasi proses-proses yang terjadi pada saat pengembangan software. Berikut adalah visualisasi dari kegiatan-kegiatan pada *software life cycle* model *waterfall* (Dix, 1997, p180). Seperti terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 2.3 Kegiatan pada *Waterfall Model*

a. Spesifikasi kebutuhan (*Requirement specification*)

Pada tahap ini, pihak pengembang dan konsumen mengidentifikasi apa saja fungsi-fungsi yang diharapkan dari sistem dan bagaimana sistem memberikan layanan yang diminta. Pengembang berusaha mengumpulkan berbagai informasi dari konsumen.

b. Perancangan arsitektur (*Architectural design*)

Pada tahap ini, terjadi pemisahan komponen-komponen sistem sesuai dengan fungsinya masing-masing.

c. *Detailed design*

Setelah memasuki tahap ini, pengembang memperbaiki deskripsi dari komponen-komponen dari sistem yang telah dipisah-pisah pada tahap sebelumnya.

d. *Coding and unit testing*

Pada tahap ini, disain diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman untuk dieksekusi. Setelah itu komponen-komponen dites apakah sesuai dengan fungsinya masing-masing.

e. *Integration and testing*

Setelah tiap-tiap komponen dites dan telah sesuai dengan fungsinya, komponen-komponen tersebut disatukan lagi. Lalu sistem dites untuk memastikan sistem telah sesuai dengan kriteria yang diminta konsumen.

f. Pemeliharaan

Setelah sistem diimplementasikan, maka perlu dilakukannya perawatan terhadap sistem itu sendiri. Perawatan yang dimaksud adalah perbaikan *error* yang ditemukan setelah sistem diimplementasikan.

## **2.25 Database Management System (DBMS)**

Menurut Connolly (2002), *database* merupakan sekumpulan data yang berhubungan secara *logical* dan deskripsi dari data ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan informasi dari suatu organisasi.

Metode yang digunakan untuk mengakses database dalam aplikasi ini adalah DBMS (*Database Management System*) dengan model RDBMS (*Relational Database Management System*).

Menurut Connolly (2002), DBMS adalah sistem piranti lunak yang memungkinkan pengguna untuk mendefinisikan, membuat, memelihara, dan mengontrol akses ke dalam suatu database, dimana dengan kata lain, seluruh akses ke database harus

melalui DBMS. Sementara RDBMS merupakan pengembangan dari DBMS yang menitik-beratkan kepada hubungan atau relasi di dalam *database*.

DBMS memiliki fitur *Data Definition Language* (DDL) dan *Data Manipulation Language* (DML). DDL memberikan kemungkinan bagi pengguna untuk mendefinisikan *database*, sementara DML memberikan kemungkinan bagi pengguna untuk melakukan operasi *insert*, *update*, *delete*, dan *retrieve* data dari *database*.

DBMS menyediakan akses terkontrol kepada *database*, dengan keamanan, integritas, *concurrency* dan *recovery control*. DBMS juga menyediakan suatu mekanisme tampilan untuk memudahkan data yang akan digunakan oleh pengguna.

Beberapa keuntungan dalam menggunakan pendekatan *database* antara lain pengendalian terhadap redundansi data (duplikasi data), konsistensi data, pembagian data, dan keamanan dan integritas yang lebih baik. Tetapi beberapa kerugian dari pendekatan ini antara lain adanya kompleksitas, biaya yang mahal, dan performansi yang berkurang.

## **2.26 Interaksi Manusia dengan Komputer**

Untuk memperbaiki kegunaan suatu aplikasi, penting untuk mempunyai sebuah tampilan muka yang direncanakan dengan baik. “Delapan Aturan Emas Rencana Tampilan Muka” Shneiderman adalah sebuah panduan untuk rancangan interaksi yang baik. Delapan aturan tersebut yaitu (*Shneiderman, 1998, pp74-75*) :

1. Berusaha untuk konsisten.

Urutan tindakan yang sesuai harus diwajibkan dalam situasi-situasi yang sama, istilah serupa harus digunakan secara tepat, menu dan layar bantu.

2. Memungkinkan pemakai untuk menggunakan *shortcut*.

Seiring dengan frekuensi penggunaan yang meningkat, begitu juga hasrat atau keinginan pemakai untuk mengurangi jumlah interaksi dan untuk meningkatkan kecepatan interaksi.

3. Memberikan umpan balik yang informatif.

Untuk setiap tindakan pemakai sebaiknya ada beberapa sistem umpan balik.

Untuk hal-hal yang sering, responnya bisa bermacam-macam, sementara untuk tindakan-tindakan yang jarang, responnya harus lebih besar.

4. Merancang dialog untuk hasil akhir.

Urutan tindakan harus diatur ke dalam kelompok-kelompok dengan sebuah permulaan, pertengahan dan akhir. Umpan balik yang informatif dalam penyelesaian tindakan-tindakan suatu kelompok memberikan kepuasan hasil akhir kepada pemakai, sebuah rasa lega.

5. Menawarkan penanganan kesalahan secara sederhana.

Sebanyak mungkin, merancang sistem sehingga pemakai tidak membuat kesalahan yang serius. Jika sebuah kesalahan dibuat, sistem harus mampu menemukan kesalahan dan menawarkan cara yang sederhana untuk menangani kesalahan tersebut.

6. Mengizinkan pembalikan tindakan yang mudah.

Fitur ini meringankan kecemasan, karena pemakai tahu bahwa kesalahan-kesalahan dapat dilepaskan, jadi hal itu mendorong penyelidikan pilihan-pilihan yang asing. Satuan perubahan mungkin sebuah tindakan tunggal, sebuah pemasukan data atau sebuah kelompok tindakan yang lengkap.

7. Mendukung pengendalian secara internal.

Pemakai-pemakai yang berpengalaman menginginkan bahwa mereka dapat mengendalikan sistem tersebut dan sistem tersebut dapat merespon tindakan mereka. Merancang sistem untuk membuat pemakai sebagai pengambil tindakan.

8. Mengurangi ingatan jangka pendek.

Batasan informasi pada manusia dalam memproses ingatan jangka pendek memerlukan tampilan secara sederhana, tampilan halaman-halaman dapat digabungkan, sehingga pergerakan *windows* dapat dikurangi.

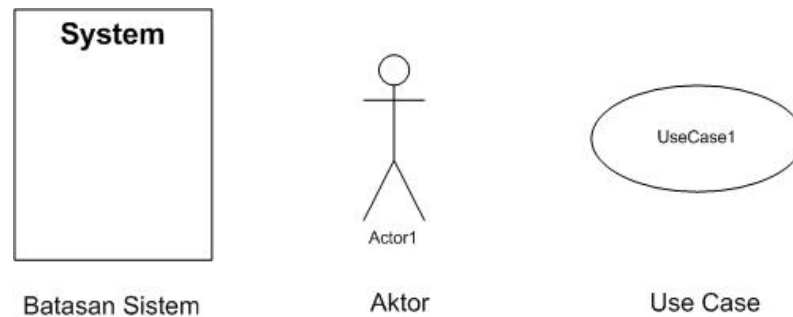
## **2.27 Unified Model Diagram (UML)**

*Unified Model Diagram (UML)* merupakan suatu alat yang memudahkan pembuat sistem untuk menciptakan gambaran dari sistem yang ada berdasarkan visi mereka dengan sistematika standar, mudah dimengerti dan mudah dikomunikasikan (Schmuller, 1999, p6).

### **2.27.1 Diagram Use Case**

*Use Case* menunjukkan hubungan interaksi dari aktor dan *use cases* di dalam suatu sistem (Mathiassen, 2000, p343). Bertujuan untuk menentukan bagaimana aktor berinteraksi dengan sebuah sistem. Aktor merupakan orang atau sistem lain yang berhubungan dengan sistem.

Ada tiga simbol yang mewakili komponen sistem seperti terlihat pada Gambar 2.4.



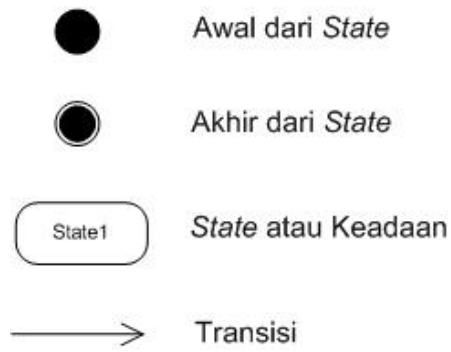
Gambar 2.4 Notasi *Use Case Diagram*

Ada lima hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan diagram *use case* (Schneider dan Winters, 1997, p26) :

- a. **Aktor** : Merupakan segala sesuatu yang berhubungan dengan sistem dan melaksanakan *use case* yang terkait.
- b. ***Precondition*** : Merupakan kondisi awal yang harus dimiliki aktor untuk masuk ke dalam sistem untuk terlibat dalam suatu *use case*.
- c. ***Postcondition*** : Merupakan kondisi akhir atau hasil apa yang akan diterima oleh aktor setelah menjalankan suatu *use case*.
- d. ***Flow of Events*** : Merupakan kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada sebuah proses *use case*.
- e. ***Alternative Paths*** : Merupakan kegiatan yang memberikan serangkaian kejadian berbeda yang digunakan dalam *Flow of Events*.

### 2.27.2 Diagram *Statechart*

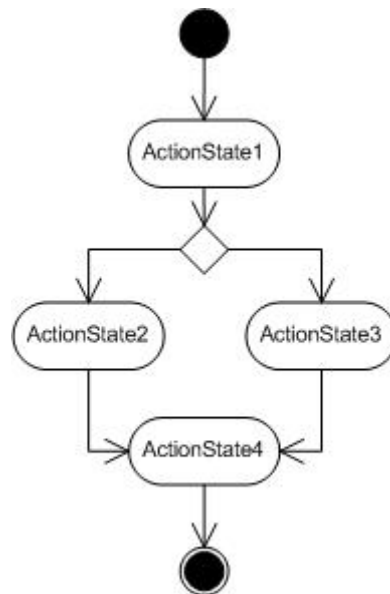
Menggambarkan *state* (keadaan) yang dialami semua objek dalam suatu *class* yang spesifik serta transisi (*event*) yang memicu terjadinya suatu *state* (Mathiassen et. al., 2000, p341). Seperti terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Notasi *Statechart* Diagram

### 2.27.3 Diagram Activity

Menurut Whitten et. al. (2004, p442) diagram *activity* digunakan untuk menggambarkan urutan aliran kegiatan-kegiatan dari sebuah proses bisnis atau sebuah *use case*. Diagram ini juga dapat digunakan untuk memodelkan aksi dan hasil ketika operasi berlangsung. Seperti terlihat pada Gambar 2.6.

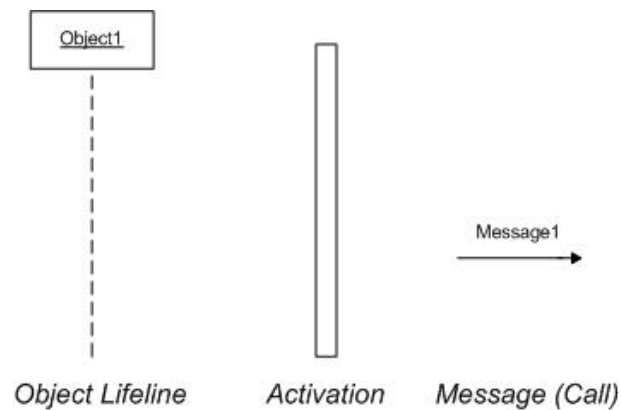


Gambar 2.6 Notasi *Activity* Diagram



#### 2.27.4 Diagram Sequence

Menggambarkan bagaimana objek berinteraksi satu sama lain melalui pesan pada pelaksanaan *use case* atau operasi. Diagram *sequence* mengilustrasikan bagaimana pesan dikirim dan diterima antar objek secara berurutan. (Whitten et. al., 2004, p441). Beberapa notasi diagram *sequence* terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Notasi *Sequence* Diagram

#### 2.27.5 Diagram Class

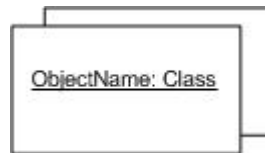
Menggambarkan kumpulan dari *class-class* yang ada serta hubungan diantara *class* tersebut. *Class* mempunyai *attributes* dan *operations* yang berbeda-beda (Mathiassen, 2000, p336). Seperti terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Notasi *Class* Diagram

### 2.27.6 Diagram *Object*

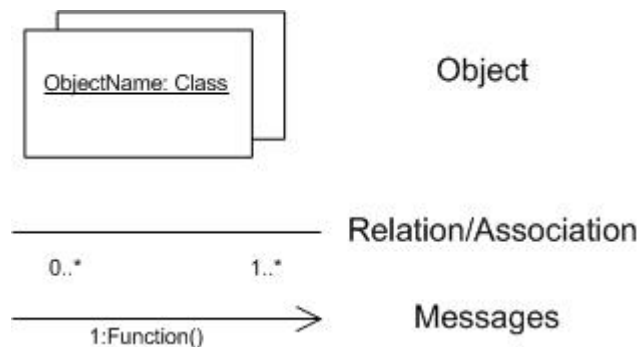
Menurut Whitten et. al. (2004, p441) diagram *object* mirip dengan diagram *class*, namun selain menggambarkan *class-class*, diagram *object* juga memodelkan instansi-instansi objek. Diagram *object* menyediakan pengembang gambaran singkat tentang objek pada sistem. Seperti terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Notasi *Object* Diagram

### 2.27.7 Diagram *Collaboration*

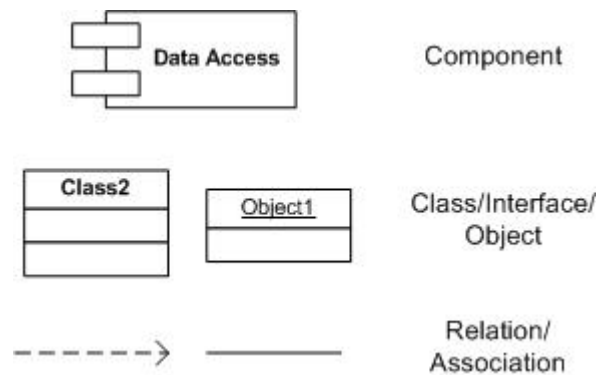
Menurut Whitten et. al. (2004, p441) diagram *collaboration* mirip dengan diagram *sequence*, namun diagram *collaboration* tidak fokus pada urutan datangnya pesan. Diagram *collaboration* menyediakan interaksi antar objek pada sebuah format jaringan. Seperti terlihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Notasi *Collaboration* Diagram

### 2.27.8 Diagram Component

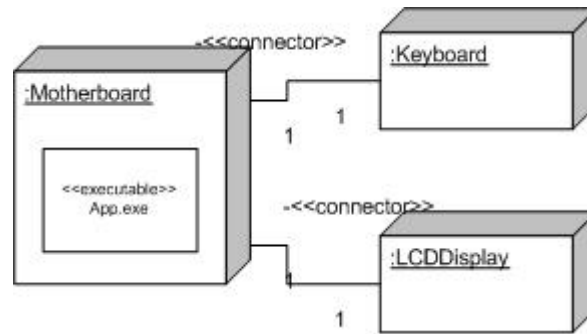
Menurut Whitten et. al. (2004, p442) diagram *component* digunakan untuk menggambarkan perusahaan dan ketergantungan dari komponen-komponen perangkat lunak dari sistem. Diagram ini menunjukkan bagaimana kode program dibagi menjadi modul-modul (atau komponen-komponen). Seperti terlihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Notasi *Component* Diagram

### 2.27.9 Diagram Deployment

Menurut Whitten et. al. (2004, p442) diagram ini mendeskripsikan arsitektur secara fisik dalam bentuk *node-node* dari perangkat keras dan lunak dari sistem. Diagram *deployment* menggambarkan konfigurasi dari komponen-komponen, prosesor dan alat-alat perangkat lunak *run-time* yang membuat arsitektur sistem. Seperti terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Notasi *Deployment* Diagram

## 2.28 Keuntungan UML

Beberapa keuntungan dalam menggunakan UML antara lain:

1. Sebagai bahasa permodelan yang *general-purpose*, difokuskan pada pokok himpunan konsep yang dapat dipakai bersama, dan menggunakan pengetahuan bersama dengan mekanisme perluasan.
2. Sebagai bahasa permodelan yang mudah diaplikasikan, dapat diaplikasikan untuk berbagai tipe sistem (*software* dan *non-software*), *domain* (bisnis melawan *software*), dan metode atau proses.
3. Sebagai bahasa permodelan standar industri, bukan merupakan bahasa yang tertutup atau satu-satunya, tapi bersifat terbuka dan sepenuhnya dapat diperluas.