

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 SEKILAS MENGENAI PLASTIK**

Plastik adalah suatu nama kelompok dari setiap bahan dengan peramu utama polimer. Molekul polimer terdiri atas satuan-satuan berulang yang disebut monomer. Kata sifat plastik atau plastis menunjukkan bahwa bahan itu mudah berubah bentuk, bahkan dapat mengalir, bila mendapat tekanan. Bila tekanan dihilangkan, bahan itu umumnya tidak kembali ke bentuk semula (beda dari sifat elastis).

Untuk memperoleh sifat khusus yang diinginkan, polimer itu ditambahi dengan zat pembantu. Polimer itu sendiri mungkin mahal, tetapi karena pembuatan benda umumnya sangat mudah, apalagi dengan produksi yang sangat massal, harga benda akhir menjadi jauh lebih murah daripada bila benda serupa dibuat dari bahan lain.

Disamping bersifat plastis, plastik umumnya tahan korosi, ringan, baik sebagai isolator terhadap panas dan listrik (tetapi ada polimer yang merupakan penghantar listrik, bahkan mendekati penghantar super). Bila diperkuat, plastik dapat lebih ulet daripada baja yang berbobot sama. Benda yang dibuat dari plastik dapat diwarnai dan dibentuk, dengan tekstur permukaan yang beraneka ragam. Jadi sifat utama plastik adalah keserbagunaannya.

Dalam masyarakat modern, benda yang sebagian atau keseluruhan terbuat dari plastik dapat ditemukan dimana-mana, misalnya berupa mainan, pesawat terbang, alat dapur dan alat rumah tangga lain, ubin, pipa, perabot dan isolator listrik. Botol sekali pakai, jerigen dan berbagai wadah juga lazim terbuat dari plastik, misalnya rumahan lampu, wadah baterai, kisi, panel, dan bagian dari tubuh mobil lainnya.

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, plastik terbagi atas berbagai jenis, antara lain jenis termoplastik yang akan melembek bila dipanaskan dan mengeras bila didinginkan. Sifat ini memudahkan plastik untuk dicetak, sehingga biaya pembuatan benda cukup rendah. Contoh

plastik termoplastik : Plastik ABS (popolimer dari acrilonitril-Butadiena-Irena), plastik asetal, acrylic, selulosic, nylon, polyffenilena, polycarbonat, polyester linear, polyetilena, polypropilena, polustrilena, polyfinil chlorida dan fluoroplastik.

Jenis plastik lain ialah plastik keras panas (termosetting Plastics) yang mengeras bila dipanasi, namun tidak bisa lagi dilembekkan. Sifat ini disebabkan terbentuknya ikatan-ikatan silang diantara molekul polimer ketika dipanaskan. Contoh plastik keraspanas : Plastik alil, amino, epoksi, fenolik, polyester tak jenuh dan polyureta.

Bahan pembantu plastik adalah bahan penguat, pengisi, pemantap, pigmen atau zat warna, peliat (pemplastik), dan penghambat nyala. Bahan penguat biasanya berupa serat, misalnya serat kaca, serat boro, serat grafit dan nylon aromatic. Pengisi adalah bahan murah sebagai "daging" benda plastik, misalnya kayu tahi gergaji yang dihalus, mica, dan asbes untuk beberapa plastik keraspanas. Pemantap diperluka karena banyak polimer tidak tahan terhadap panas, radiasi cahaya ultraviolet, dan oksigen. Zat warna digunakan untuk mewarai plastik yang bening. Bila menginginkan benda plastik yang bening menjadi kedap cahaya tetapi cemerlang dapat ditambahkan bubuk titanium dioksida. Plastik kedap cahaya diwarnai dengan pigmen yang dibubuk halus. Plastik yang tegar dan keras dapat menjadi liat jika dibubuhi peliat berupa senyawa organik yang bobot molekulnya relatif rendah misalnya oktil ftalat.

Plastik relatif mudah terbakar. Untuk menghambat proses bakar, plastik diberi senyawa *chlor* atau *brom*, karena senyawa semacam ini menghambat reaksi radikal bebas perambat nyala.

### 2.1.1 TEKNIK PEMBUATAN BENDA PLASTIK

Ada beberapa macam teknik pembuatan benda plastik yaitu beberapa macam teknik pencetakan, pengecoran, penyalutan, penggilingan (untuk lembaran-lembaran plastik), ekstruksi (untuk pipa dan batangan plastik), pemanasan yang membentuk (lembaran plastik menjadi gelas atau botol), penyemprotan, dan pelilitan tilamen.

Pencetakan bahan plastik dilakukan dengan penyuntikan kedalam pencetak, pemampatan kedalam pencetak (benda-benda plastik masif), peniupan (mirip pembuatan benda kaca), pencetakan busa (disini digunakan gas seperti nitrogen dan karbondioksida).

Pada ekstruksi bahan plastik cair kental dipaksa keluar dari wadah lewat celah dengan bentuk tertentu (seperti pembuatan mie). Pada pengecoran, bahan plastik yang sangat cair dituang kedalam pencetak. Kadang proses polimerisasinya terjadi didalam pencetak ini, sehingga yang dimasukkan adalah monomer cair. Teknik penggilingan digunakan untuk membuat plastik lembaran dengan melewati plastik cair atau larutan

kental lewat sepasang silinder sejajar yang berputar dengan arah yang berlawanan, sehingga plastik itu akan terperas (seperti pembuatan kertas).

### 2.1.2 PLASTIK DAN LINGKUNGAN

Plastik sebagai bahan wadah untuk minuman dan makanan hendaknya dipastikan tidak mengandung monomer yang berbahaya bagi kesehatan. Misalnya polyfinil chlorida dapat masih mengandung finil chlorida yang larut sedikit dalam air dan dapat membahayakan kesehatan.

Tahannya plastik terhadap korosi menyebabkan plastik buangan tidak dapat atau sukar meluruh, sehingga mengotori lingkungan. Di Indonesia, yang mudah memperoleh plastik buangan ini dapat dikumpulkan, dibersihkan, dan didaur ulang.

Polyetilena merupakan plastik putih mirip lilin dan bersifat thermoplastik. Satuan berulangnya adalah  $-(\text{CH}_2\text{-CH}_2)\text{-}$ . Ada beberapa macam menurut rapatannya, yakni polyetilena berapatan rendah (ldpe = Low density Polyethylene), yang luwes dan digunakan sebagai film pembungkus, botol yang dapat diperas, berbagai peralatan rumah tangga, dan isolasi kabel ; dan polyetilena rapatan tinggi (hdpe = High Density Polyethylene) yang lebih tegar dan digunakan untuk membuat botol, pipa air dingin dan drum.

Plastik melamin atau melamin-formaldehida adalah plastik keraspanas yang dibuat dengan mengkopolimerisasikan formaldehida,  $\text{CH}_2\text{O}$  dan melamin  $(\text{CN})_3$ ,  $(\text{NH}_2)_3$ . Plastik melamin termasuk dalam kelompok plastik amino. Sifat plastik ini tegar, keras, tahan panas dan tahan bahan kimia, dan dapat diwarnai.

## 2.2 PENGERTIAN DAN PERANAN PERAWATAN

Perawatan (Maintenance) dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan yang direncanakan. Definisi lain yang diberikan terhadap kegiatan perawatan ini mengatakan bahwa pengertian dari perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang ditujukan untuk mempertahankan suatu item, atau memperbaiki dan mengembalikannya pada suatu kondisi yang dapat diterima. Definisi lain juga menyatakan bahwa perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar didapat suatu keadaan operasi yang memuaskan, sesuai dengan yang direncanakan. Dari pengertian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa masalah

perawatan mempunyai kaitan yang erat dengan tindakan pencegahan dan perbaikan. Tindakan tersebut dapat berupa :

1. Pemeriksaan, yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem atau mesin untuk mengetahui apakah sistem berada dalam keadaan yang memenuhi persyaratan yang diinginkan.
2. Servis, yaitu tindakan untuk menjaga keberadaan suatu sistem yang biasanya telah diatur dalam buku petunjuk pemakaian sistem.
3. Penggantian suku cadang, yaitu melakukan penggantian suku cadang yang tidak dapat berfungsi lagi. Penggantian ini mungkin dilakukan secara mendadak atau dengan perencanaan terlebih dahulu.
4. *Repair* atau *overhaul*, yaitu melakukan pemeriksaan secara cermat serta melakukan *set up* sistem.

Pelaksanaan perawatan dianggap berhasil apabila sistem dapat melakukan produksi sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama sistem tersebut digunakan untuk proses produksi atau sebelum jangka waktu yang direncanakan tercapai.

Adapun tujuan utama dilakukan perawatan adalah :

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana

2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produk yang tidak terganggu.
3. Mencapai tingkat biaya pemeliharaan yang mungkin dengan melaksanakan kegiatan perawatan secara efektif dan efisien bagi keseluruhannya.
4. Memperpanjang umur pakai dari peralatan produksi, terutama bagi daerah-daerah yang kesulitan untuk mendapatkan suku cadang pengganti.
5. Menjamin tingkat ketersediaan yang optimum dari fasilitas produksi dan mendapatkan pengembalian investasi semaksimal mungkin.
6. Menjamin kesiapan operasional seluruh peralatan yang diperlukan untuk pemakaian darurat, seperti unit siaga, pemadam kebakaran, peralatan keselamatan dan lain-lain.
7. Menjamin keselamatan operator.
8. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari perusahaan dalam rangka mencapai tujuan utama perusahaan.

Selain itu, dengan mengadakan perawatan yang baik dapat menjaga kualitas hasil produksi batas spesifikasi yang diinginkan dan



mengurangi pemakaian atau penyimpangan diluar batas dari kesalahan sistem yang diperbolehkan.

### 2.2.1 JENIS PERAWATAN (MAINTENANCE)

Umumnya kegiatan perawan dapat dibagi kedalam 2 (dua) kategori, yaitu :

#### 1. Preventive Manitenance

Perawatan ini dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan keadaan yang dapat menyebabkan peralatan mengalami kerusakan pada saat operasi dan berproduksi.

Pemeliharaan preventive terdiri dari :

- a. Design dan pemasangan yang sebaik-baiknya dari peralatan.
- b. Pemeriksaan berkala atas pabrik dan peralatan untuk mencegah kerusakan sebelum hal-hal itu terjadi.
- c. Pelayanan berulang, pemeliharaan dan penelitian atas peralatan.

Perusahaan yang melakukan pemeliharaan dan perawatan secara preventif akan merasa aman sehingga terjadi kelancaran didalam proses produksi dan pada setiap proses produksi selalu

dalam keadaan atau kondisi yang siap pakai. Sehingga dapat dimungkinkan pembuatan rencana-rencana dan penjadwalan dari pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat. Dan rencana produksi pun dapat dilakukan dengan sangat tepat. Pemeliharaan dan perawatan preventif ini sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam critical unit. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan tergolong dalam golongan critical unit, apabila :

1. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan dan keselamatan para pekerja.
2. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
3. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
4. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas cukup besar.

## 2. Corrective Maintenance

Kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki terjadinya suatu kerusakan. Dalam hal ini kegiatan perawatan, baru dilakukan setelah kerusakan pada peralatan terjadi.

### 2.2.2 EFEKTIVITAS PERAWATAN

Kegiatan perawatan dikatakan efektif jika dapat membatasi terjadinya breakdown dan waktu perbaikan atas peralatan yang rusak dapat ditekan sampai batas minimum.

Upaya untuk menjaga efektivitas perawatan ini, dengan sendirinya perlu memperhatikan segi-segi efisiensi penggunaan sumber daya, yaitu baik tenaga kerja maupun material serta suku cadang. Untuk itu, maka pengadaan suku cadang perlu disesuaikan dengan kebutuhan yang semestinya, karena hal ini dapat berpengaruh pada keuntungan perusahaan.

### 2.3 KONSEP KEANDALAN

Keandalan adalah konsep baru yang selalu dikaitkan dengan peralatan yang kompleks, canggih dan penggunaan yang terotomasi dalam teknologi modern. Konsep keandalan banyak membantu dalam

memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan manajemen. Misalnya dalam suatu industri, apabila manajemen dapat diperkirakan dengan tingkat keandalan peralatan, maka akan diketahui kapan sebaiknya dilakukan penggantian sistem atau suku cadang tersebut. Disamping itu konsep keandalan dapat juga dipergunakan untuk mengatasi masalah persediaan suku cadang yang harus disiapkan dalam periode tertentu.

### 2.3.1 PENGERTIAN KEANDALAN

Keandalan mulai dikembangkan untuk tujuan mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada telepon oleh A.K. Erlangga dan C. Palm pada tahun 1930, kemudian konsep keandalan lainnya adalah menyatakan jumlah rata-rata kegagalan atau tingkat keandalan untuk pesawat terbang. Pada tahun 1950 keandalan digunakan juga pada industri nuklir untuk menganalisa konstruksi dan pengoperasian suatu reaktor pembangkit nuklir.

Banyak pengertian yang telah diberikan orang terhadap keandalan tergantung bidang pekerjaannya. Dalam tugas akhir ini akan diambil pengertian yang telah diterima secara luas, adapun definisi yang telah diterima secara luas adalah bahwa keandalan adalah probabilitas

bahwa suatu item mempunyai performansi sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam selang waktu dan kondisi tertentu.

Dari definisi yang telah diberikan, maka dalam pengertian keandalan terdapat empat hal yang perlu diperhatikan :

1. Probabilitas.

Setiap item dalam suatu sistem akan berbeda-beda yang diantaranya mungkin berumur relatif lebih pendek dan yang lainnya relatif lebih panjang. Sehingga sekelompok item akan mempunyai rata-rata hidup tertentu. Jadi mungkin saja untuk mengidentifikasi distribusi frekwensi dari suatu item dapat dicari dengan memprediksi waktu hidup dari item tersebut. Apabila kemungkinan bertahan suatu sistem yang dioperasikan selama 24 jam adalah 0.80 menunjukkan bahwa harapan sistem akan beroperasi adalah hanya 80 kali dari 100 sesudah dioperasikan selama 24 jam.

2. Waktu

Keandalan menyatakan sebagai suatu kemungkinan item-item yang menformasikan suatu fungsi harus dinyatakan dalam periode waktu, karena waktu merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem. Biasanya faktor waktu yang digunakan untuk menilai keandalan suatu sistem akan dikaitkan dengan keadaan tertentu, misalnya

waktu antar dua kerusakan, waktu rata-rata antara dua perbaikan dan lain-lainnya.

3. Fungsi yang diharapkan.

Dalam hal ini berarti keandalan merupakan suatu karakteristik performansi. Untuk suatu item yang handal, harus menghasilkan suatu fungsi tertentu secara memuaskan jika dilakukan suatu operasi tertentu. Sebagai contoh, apabila kita melakukan perjalanan dari Jakarta ke Bandung dengan mobil dan salah satu dari keempat businya rusak, sehingga mobil tidak dapat berjalan dengan mulus. Jika mobil sampai di Bandung dalam waktu yang sudah ditentukan, maka mungkin kita akan mengatakan bahwa performansi memuaskan. Tapi apabila mesin mobil rusak parah, maka keadaan ini disebut tidak memuaskan. Jadi dalam hal ini diperlukan suatu kriteria tertentu sehingga dapat dikatakan bahwa sistem tersebut dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

4. Kondisi operasi

Dalam hal ini akan dikelaskan bagaimana sistem diperlukan dalam menjalankan fungsinya. Misalnya sistem dioperasikan dengan suhu yang sangat tinggi, getaran kencang secara terus menerus, keadaan lingkungan yang tidak stabil dan lainnya. Dua buah sistem dengan mutu yang sama dalam kondisi operasionalnya mungkin saja akan mempunyai keandalan yang berbeda.

Misalnya dua buah mobil dari pabrik yang sama dioperasikan pada jalan yang sangat mulus sedangkan mobil yang satunya dioperasikan pada jalan yang rusak, maka dapat diramalkan bahwa kedua mobil tersebut akan mempunyai keandalan yang tidak sama.

### 2.3.2 FUNGSI KEANDALAN

Suatu peralatan dikatakan dapat diandalkan apabila peralatan tersebut mempunyai mutu yang baik dan tahan lama. Apabila pengertian keandalan suatu perawatan dikaitkan dengan keadaan acak didalamnya, maka dalam pengertian keandalan akan terkandung nilai kemungkinan sampai sejauh mana sistem itu dapat diandalkan. Keandalan dapat didefinisikan sebagai berikut : "Keandalan adalah kemungkinan bahwa suatu sistem produksi atau peralatan akan berfungsi dengan baik sampai keadaan tertentu." Dalam hal ini keandalan suatu mesin adalah peluang tersebut dapat menjalankan fungsinya dalam batas-batas dan kondisi lingkungan tertentu. Secara statistik fungsi keandalan  $R(t)$  didefinisikan sebagai probabilitas dari komponen untuk tidak rusak selama selang waktu  $(0, T)$  atau probabilitas dari komponen masih tetap berfungsi pada spesifikasi yang sudah ditentukan sampai saat  $T$ .

Dengan melihat kembali definisi keandalan seperti yang telah diuraikan sebelumnya, maka secara matematis fungsi keandalan peralatan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - F(t) \\ &= 1 - p(x \leq t) \end{aligned}$$

dimana :  $R(t)$  adalah fungsi keandalan peralatan.

Kemudian apabila waktu kerusakan peralatan sebagai variabel acak mempunyai fungsi kepadatan  $f(t)$ , maka :

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

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

## 2.4 LAJU KERUSAKAN

Kemungkinan rusak dari suatu peralatan dalam selang waktu  $(t_1, t_2)$  dapat dinyatakan dalam bentuk kerusakan seperti :

$$\begin{aligned} \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt &= \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt - \int_{t_1}^{t_1} f(t) dt \\ \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt &= F(t_2) - F(t_1) \end{aligned}$$



atau dalam bentuk fungsi keandalan :

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt - \int_{t_1}^{t_1} f(t) dt$$
$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = R(t_1) - R(t_2)$$

Laju pada saat terjadi kerusakan dalam selang waktu tertentu (  $t_1$  ,  $t_2$  ) didefinisikan sebagai probabilitas kerusakan per satuan waktu. Terjadi pada selang waktu tersebut. Bila kerusakan tidak terjadi hingga pada saat  $t_1$  atau waktu mulai dari selang waktu tersebut, maka laju kerusakan yang merupakan fungsi dari waktu adalah :

$$\frac{R(t_1) - R(t_2)}{(t_2 - t_1) \cdot R(t_1)}$$

Bila mempunyai selang waktu (  $t$  ,  $t + \Delta t$  ), maka persamaan diatas menjadi :

$$\frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)}$$

Fungsi laju kerusakan didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan bila selang waktu mendekati nol. Dengan demikian fungsi laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat. Sehingga fungsi laju kerusakan,  $h(t)$ , adalah :

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)}$$

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

$$h(t) = \frac{1}{R(t)} \cdot f(t)$$

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

Apabila  $h(t)$  meningkat sesuai dengan nilai waktu, maka sifatnya disebut dengan *Increasing Failure Rate* (IFR) sedang apabila  $h(t)$  menurun terhadap nilai waktu, maka  $h(t)$  disebut dengan *Decreasing Failure Rate* (DFR).

## 2.5 DISTRIBUSI YANG SERING DIGUNAKAN

Salah satu fungsi distribusi yang sering digunakan untuk menguraikan kerusakan yang dikarenakan adanya *fatigue* dari peralatan mekanik adalah distribusi weibull, menurut fourtion and leonard.

Fungsi kemungkinan kepadatan distribusi weibull dengan dua parameter dinyatakan sebagai berikut :

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

dimana :  $\beta$  = parameter bentuk

$\theta$  = parameter skala

dengan batas :  $t \geq 0$  ;  $\beta \geq 0$  ;  $\theta \geq 0$

Fungsi distribusi kumulatifnya adalah :

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

Fungsi keandalan adalah :

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

Fungsi laju kerusakannya adalah :

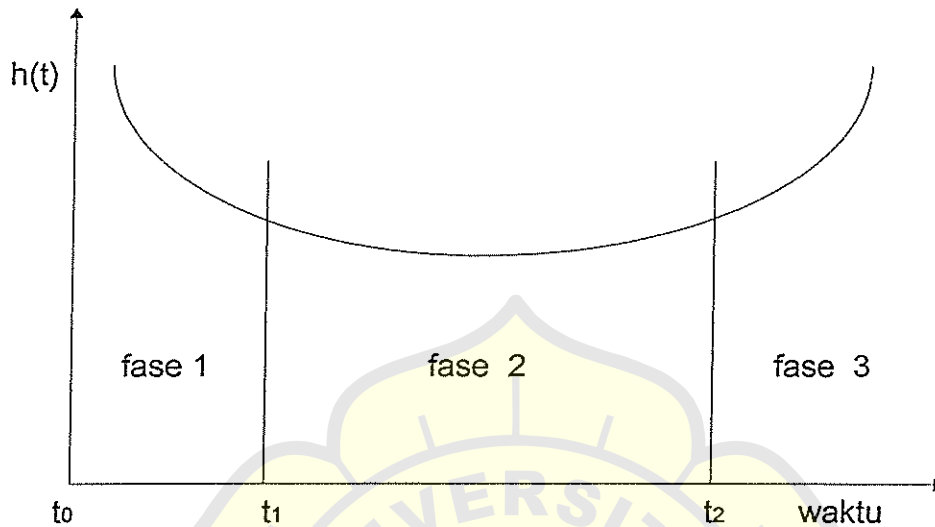
$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta \cdot t^{\beta-1}}{\theta^\beta}$$

Distribusi weibull mempunyai fungsi laju kerusakan monoton naik untuk  $\beta > 1$  ;  $\beta < 1$  laju kerusakannya bersifat monoton turun dan untuk  $\beta = 1$  fungsi laju kerusakannya adalah konstan.

## 2.6 MODEL DARI LAJU KERUSAKAN

Fungsi laju kerusakan  $h(t)$  akan berubah sepanjang waktu, dari pengalaman maupun percobaan diketahui laju kerusakan suatu produk mengikuti suatu pola dasar atau kurva yang disebut kurva “bak mandi”.

Dan dari kurva ini masa pakai suatu produk dapat dibagi menjadi tiga periode waktu atau phase seperti terlihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Karakteristik fungsi laju kerusakan

Fase 1 : Kerusakan awal.

Pada saat awal operasi ( $t_0$ ), laju kerusakan cukup tinggi, kemudian menurun sampai saat  $t_1$ ; kerusakan yang terjadi biasanya disebabkan oleh materi, kesalahan proses pembuatan dan saat pengangkutan produk.

Fase 2 : Pengoperasian normal atau umur berguna.

Fase ini dimulai pada saat  $t_1$  sampai  $t_2$ . Pada phase ini laju kerusakan cenderung konstan dan merupakan phase dengan laju kerusakan yang rendah. Kerusakan yang terjadi pada

phase ini umumnya disebabkan karena adanya beban yang tiba-tiba, keadaan diluar kebiasaan.

Fase 3 : Fase pengoperasian melebihi umur produk.

Fase ini dimulai pada saat  $t_2$  dan seterusnya, yang mempunyai laju kerusakan cenderung meningkat tajam, karena mulai memburuknya keadaan produk.

Biasanya penggantian suku cadang terjadi pada saat  $t_2$ , tetapi pada saat  $t_1$  dan  $t_2$  sangat sulit ditentukan, sehingga sulit untuk mengadakan penggantian suku cadang pada saat yang menguntungkan.

Bila kita lihat dari gambar karakteristik fungsi laju kerusakan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Phase 1 dipenuhi oleh distribusi Weibull dan Gamma
- Phase 2 dipenuhi oleh distribusi Weibull, Gamma, Eksponensial.
- Phase 3 dipenuhi oleh distribusi Weibull dan Normal.

Dari ketiga phase tersebut diatas, maka distribusi yang paling sesuai untuk digunakan sebagai pengujian distribusi kerusakan adalah distribusi Weibull. Karena ketiga phase tersebut dapat dipenuhi oleh distribusi Weibull.

## 2.7 PENAKSIRAN FUNGSI KEANDALAN

Penaksiran fungsi keandalan dapat dilakukan dengan beberapa cara, hal ini tergantung pada cara penelitian atau pengamatan dan distribusi kerusakan yang terjadi.

### 2.7.1 DATA PENELITIAN SAMPEL

Penelitian studi keandalan sangat berkaitan dengan lamanya waktu operasi peralatan sebelum mengalami kerusakan, dengan demikian data penelitian akan terdiri dari selang-selang waktu yang menyatakan umur dari item yang diamati.

Umur (*life time*) disini merupakan waktu terjadinya kerusakan atau waktu antar kerusakan, dan dapat juga merupakan waktu antara tindakan perawatan atau dengan beberapa variabel lain.

Penelitian terhadap item ditentukan secara acak dan waktu terjadinya kerusakan dari pengamatan dibuat dalam keadaan yang terkendali dan stabil, hal ini diharapkan untuk mendapatkan data atau sampel yang dapat mewakili dari populasi umur.

## 2.7.2 METODE NON PARAMETRIK

Bila umur sampel acak diketahui, fungsi keandalan dapat diketahui dengan :

1. Mencatat persentasi atau fraksi dari sampel yang tetap beroperasi sesudah waktu  $t$ .
2. Mencatat waktu yang mana persentasi atau fraksi dari sampel tertentu masih beroperasi.

Jika fungsi keandalan dinyatakan dengan grafik, pendekatan pertama akan sama dengan memilih nilai waktu pada absis dan menentukan nilai yang sesuai dengan ordinat. Adapun pendekatan yang kedua akan sama dengan memilih nilai kemungkinan tetap beroperasi pada ordinat, kemudian menentukan nilai waktu yang sesuai dengan absis. Walaupun kedua pendekatan diatas kelihatannya sama, ternyata berbeda dalam prosedur teoritisnya.

Pendekatan pertama melibatkan penaksiran persentasi teoritisnya atau kemungkinan tetap beroperasi  $R(t)$ . Prosedur ini sama dengan menaksir parameter dari distribusi binomial bila  $T$  tetap, jumlah yang tetap beroperasi dalam waktu  $T$  merupakan suatu variabel acak. Untuk menaksir harga  $R(t)$  dinyatakan dalam :

$$R(t) = \frac{\text{Jumlah yang tetap beroperasi dalam waktu } T}{\text{Ukuran awal contoh (sampel)}}$$

$$= \frac{N - k}{N}$$

dimana :

$N$  = Ukuran awal sampel

$k$  = Jumlah komponen yang rusak dalam waktu  $T$

Pendekatan yang kedua melibatkan prosedur dimana variabel acak adalah waktu terjadinya kerusakan atau waktu antar kerusakan. Pada waktu setiap kerusakan yang terjadi diharapkan persentasi banyak komponen yang tetap beroperasi dapat diketahui. Pendekatan ini disebut juga sebagai metoda harga rata-rata. Pendekatan penaksiran harga  $R(t)$  dapat dinyatakan :

$$R(t_i) = \frac{N - i + 1}{N + 1}, i = 1, 2, 3, \dots, N$$

dimana :

$i$  = terjadinya kerusakan ke- $i$

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

Kedua prosedur diatas dapat digunakan untuk menyatakan fungsi keandalan yang cukup teliti, karena ekivalen jika berhubungan dengan ukuran sampel yang besar. Pendekatan yang kedua akan lebih menguntungkan bila digunakan untuk pengamatan yang terbatas.



Untuk penelitian yang terbatas, maka apabila waktu kejadian dan jumlah penelitian ini diketahui, penaksiran harga  $R(t)$  pada waktu terjadi kerusakan ke- $k$  adalah sebagai berikut :

$$R(t_k) = \frac{N_1 - r_1 + 1}{N_1 + 1} \frac{N_2 - r_2 + 1}{N_2 + 1} \dots \frac{N_k - r_k + 1}{N_k + 1}$$

$$R(t_i) = \sum_{i=1}^k \frac{N_i - r_i + 1}{N_i + 1}$$

dimana :

- $r_i$  = Jumlah kerusakan pada waktu terjadi kerusakan ke- $i$
- $N_i$  = Jumlah yang masih tetap beroperasi dimulai dari selang waktu sebelum kerusakan ke- $i$  yang terjadi.

Fungsi keandalan digambarkan dengan cara menggrafikkan fraksi yang tetap beroperasi sebagai fungsi dari waktu pengamatan. Untuk pengamatan yang tidak lengkap, penentuan fungsi keandalan menjadi tidak pasti, oleh sebab itu fungsi keandalan harus ditaksir untuk tiap-tiap selang waktu dan tidak untuk setiap terjadinya kerusakan; disini digunakan pendekatan yang kedua.

Apabila prosedur pengumpulan data hanya menunjukkan selang waktu terjadinya kerusakan, fungsi keandalan harus ditaksir untuk tiap-tiap selang waktu. Pendekatan yang kedua ini tetap digunakan sebagai dasar penelitian fungsi keandalan, dengan  $n$  sebagai nilai rata-rata dari jumlah kerusakan yang terjadi dalam interval waktu tersebut.

Apabila untuk ukuran sampel yang kecil dan data yang tersedia lengkap, atau distribusi kerusakannya tidak simetris, maka metode harga rata-rata mempunyai banyak kelemahan.

Pendekatan yang ketiga yaitu metoda harga tengah atau median (50% rank). Metode ini paling cocok untuk penelitian dengan sampel yang kecil, data tidak lengkap, atau distribusi kerusakannya tidak simetris. Penyusunan data mulai dari nilai kecil ke nilai besar (rank) dan penaksiran fungsi keandalannya adalah (2, hal.300) :

$$R(ti) = \frac{n - i + 0,7}{n + 0,4}$$

Kimball (2,hal.301) dalam studi terbatasnya dengan ukuran sampel kecil (berukuran 6), membandingkan beberapa metode penaksiran fungsi kerusakan berdistribusi weibull untuk menaksir parameter bentuk.

Hasil studi perbandingan Kimball menyimpulkan bahwa posisi metode penggrafikkan white adalah yang terbaik, namun yang banyak dipakai dalam menaksir fungsi keandalan berdistribusi Weibull adalah harga tengah (2, hal.301).

Berdasarkan dari uraian tersebut diatas, maka pada penelitian ini fungsi keandalan berdistribusi Weibull akan ditaksir dengan menggunakan metode harga tengah.

### 2.7.3 PERHITUNGAN FUNGSI KEANDALAN

Bila bentuk distribusi sudah ditentukan, maka fungsi keandalan dapat diduga dengan menggunakan parameter-parameter dari distribusi yang bersangkutan. Untuk menaksir parameter dari distribusi perlu ditentukan harga  $R(t)$  untuk bermacam-macam  $t$ . Sebelum itu data disusun dari yang terkecil sampai terbesar.

Apabila data-data tersebut digrafikkan, maka pada umumnya tidak berbentuk garis lurus. Tetapi terlihat adanya ketidakpastian pada data tersebut, sehingga banyak garis lurus yang dapat ditarik melalui data tersebut. Sehubungan dengan permasalahan diatas, maka sering dikenal dua cara untuk memperoleh garis lurus terbaik, yaitu sebagai berikut :

1. Setelah data pengamatan digrafikkan, garis lurus ditarik dengan sebaik-baiknya, walaupun cara ini kurang pasti, tetapi dalam banyak kasus dianggap sudah memadai, terutama untuk ukuran skala grafik yang telah dipilih secara cermat.
2. Data pengamatan tidak digrafikkan melainkan langsung diolah dengan analisa metoda kwadrat terkecil untuk garis lurus. Cara ini berpangkal pada kenyataan bahwa jumlah pangkat dua dari jarak antara titik dengan garis regresi yang sedang dicari harus sekecil mungkin. Misalkan untuk menaksir parameter-parameter

a dan c dari persamaan  $Y = ax + c$  dapat digunakan dengan rumus sebagai berikut (14, hal.315) :

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$c = \frac{\sum x_i^2 y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Selanjutnya metode kwadrat terkecil pada penelitian ini akan digunakan untuk menaksir parameter-parameter keandalan berdistribusi Weibull.

#### 2.7.4 MENAKSIR KEANDALAN BERDISTRIBUSI WEIBULL

Bila telah diandalkan bahwa fungsi kerusakan berdistribusi Weibull, kemudian harus ditaksir harga parameter dari distribusi tersebut. Fungsi distribusi kumulatif Weibull adalah :

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

dimana :  $t > 0$ ,  $\beta > 0$ ,  $\theta > 0$

$\beta$  = Parameter bentuk atau sudut kemiringan Weibull.

$\theta$  = Parameter skala atau karakteristik umur.

Kemudian persamaan tersebut diatas ditransformasikan kedalam persamaan sebagai berikut (2, hal.303) :

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

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

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

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

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

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

$$\ln.\ln\frac{1}{R(t)} = \beta \ln.t - \beta \ln.\theta$$

Bentuk persamaan diatas adalah merupakan persamaan garis lurus berbentuk :

$$Y = ax + c$$

dimana :

$$Y = \ln.\ln\frac{1}{R(t)}$$

$$x = \ln.t$$

$$a = \beta$$

$$c = -\beta \ln.\theta$$

Harga R(t) ditaksir dengan metode harga tengah, yaitu sebagai berikut :

$$R(ti) = \frac{n-i+0,7}{n+0,4}$$

dengan :

$l$  : adalah data ke- $l$

$n$  : adalah jumlah data sampel

$t_i$  : adalah waktu terjadinya kerusakan ke- $l$

Untuk menaksir harga  $a$  dan  $c$  dapat digunakan metode kwadrat

terkecil, yaitu :

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$c = -\beta \ln \theta = \frac{\sum x_i^2 y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\theta = \exp\left(-\frac{c}{\beta}\right)$$

## 2.8 PENGUJIAN KECOCOKAN FUNGSI KEANDALAN

Teknik-teknik pengujian kecocokan statistik untuk menentukan keandalan tergantung dari distribusi waktu kerusakan. Bila asumsi mengenai distribusi kemungkinan salah, maka hasil yang didapat tentu tidak dipergunakan. Oleh karena itu, untuk menentukan apakah suatu teknik dapat dipakai atau tidak, perlu pengujian kecocokan, terutama yang menyangkut distribusi kemungkinan kerusakan. Kita dapat melakukan pengujian terhadap asumsi distribusi.

## 2.8.1 PENGUJIAN DISTRIBUSI YANG DIGUNAKAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang dikumpulkan mengikuti distribusi Weibull atau tidak. Prosedur pengujiannya dapat dinyatakan sebagai berikut (9,hal.381) :

$H_0$  : Data mengikuti distribusi Weibull

$H_1$  : Data tidak mengikuti distribusi weibull

### Langkah 1

Cari nilai dari  $(\bar{X}, \bar{X}^2, \sum_{i=1}^n X_i^2, S^2)$ . Nilai ini digunakan untuk menentukan  $(\hat{\beta}_0)$ , dengan menggunakan rumus :  $\hat{\beta}_0 = \bar{X} / S^2$ .

### Langkah 2

Lakukan perhitungan  $f(\hat{\beta}_0)$  dan  $f'(\hat{\beta}_0)$  dengan nilai-nilai yang telah didapatkan terlebih dahulu yaitu  $\sum_{i=1}^n X_i^{\hat{\beta}_0}$ ;  $\sum_{i=1}^n \ln Xi$ ;  $\sum_{i=1}^n X_i^{\hat{\beta}_0} \ln Xi$ ;  $\sum_{i=1}^n X_i^{\hat{\beta}_0} (\ln Xi)^2$ , maka perhitungan dapat dilakukan menggunakan rumus :

$$f(\hat{\beta}_0) = \frac{n}{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln Xi - \frac{n \sum_{i=1}^n X_i^{\beta} \ln Xi}{\sum_{i=1}^n X_i^{\beta}} \text{ dan}$$

$$f'(\hat{\beta}_0) = \frac{-n}{\beta^2} - \frac{n \sum_{i=1}^n X_i^\beta (\ln X_i)^2}{\sum_{i=1}^n X_i^\beta} + \frac{n (\sum_{i=1}^n X_i^\beta \ln X_i)^2}{(\sum_{i=1}^n X_i^\beta)^2}$$

Langkah 3

Karena nilai cari  $f(\hat{\beta}_0)$  dan  $f'(\hat{\beta}_0)$  tidak sama dengan 0 (nol) atau mendekati 0 (nol), maka lakukan perhitungan iterasi selanjutnya.

Langkah 4

Untuk iterasi selanjutnya menentukan  $(\hat{\beta}_1)$ , maka nilai lain yang harus

dicari ialah  $\sum_{i=1}^n X_i^{\hat{\beta}_1}$ ;  $\sum_{i=1}^n \ln X_i$ ;  $\sum_{i=1}^n X_i^{\hat{\beta}_1} \ln X_i$ ;  $\sum_{i=1}^n X_i^{\hat{\beta}_1} (\ln X_i)^2$ , sedangkan rumus

untuk menentukan iterasi berikutnya berubah menjadi :

$$\hat{\beta}_j = \hat{\beta}_{j-1} - \frac{f(\hat{\beta}_{j-1})}{f'(\hat{\beta}_{j-1})}$$

Langkah 5

Setelah didapat  $(\hat{\beta}_1)$ , hitung kembali  $f(\hat{\beta}_1)$  dan  $f'(\hat{\beta}_1)$  dengan menggunakan rumus :

$$f(\hat{\beta}_1) = \frac{n}{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln X_i - \frac{n \sum_{i=1}^n X_i^\beta \ln X_i}{\sum_{i=1}^n X_i^\beta} \text{ dan}$$



$$f'(\hat{\beta}_1) = \frac{-n}{\beta^2} - \frac{n \sum_{i=1}^n X_i^\beta (\ln X_i)^2}{\sum_{i=1}^n X_i^\beta} + \frac{n (\sum_{i=1}^n X_i^\beta \ln X_i)^2}{(\sum_{i=1}^n X_i^\beta)^2}$$

Langkah 6

Apabila nilai dari  $f(\hat{\beta}_1)$  dan  $f'(\hat{\beta}_1)$  mendekati 0 (nol) atau sama dengan 0 (nol) maka perhitungan untuk iterasi selanjutnya tidak dilanjutkan, tetapi apabila nilai yang dihasilkan tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan maka perhitungan dilanjutkan ke iterasi berikutnya dilakukan sampai nilai yang dihasilkan mendekati 0 (nol).

Langkah 7

Tentukan nilai  $\beta = \hat{\beta}$  dari perhitungan iterasi yang sudah optimal. Maka nilai  $\alpha$  dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\alpha = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n X_i^{\hat{\beta}_j (\text{optimal})}}{n} \right]^{1/\hat{\beta}}$$

Langkah 8

Tentukan angka kelas interval (k) dan  $p = 1/k$ . Lalu cari masing-masing lebar kelasnya dengan menggunakan rumus :

$$a_i = \alpha [-\ln(1 - ip)]^{1/\beta}$$

### *Langkah 9*

Cari frekwensi yang teramati ( $O_i$ ) dan perkiraan frekwensi ( $E_i$ ) berdasarkan atas masing-masing kelas yang sudah diketahui.

### *Langkah 10*

Hitung  $X^2$  dengan menggunakan rumus :

$$X^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dengan tingkat keyakinan tertentu, bandingkan nilai  $X^2$  tabel dengan nilai  $X^2$  hitung.

### *Langkah 11*

Tarik kesimpulan, apabila nilai  $X^2$  tabel lebih besar dari nilai  $X^2$  perhitungan maka  $H_0$  diterima, artinya data yang telah diuji mengikuti distribusi weibull.

## **2.8.2 PENGUJIAN DIST. WEIBULL DUA PARAMETER**

Pengujian ini dilakukan setelah uji kesesuaian untuk menentukan apakah distribusi weibull menggunakan dua parameter atau lebih. Pengujian kecocokan jenis ini dikembangkan oleh kelompok Mann.

Prosedur pengujian dapat dinyatakan sebagai berikut (2,hal.329) :

$H_0$  : distribusi Weibull dua parameter

$H_1$  :  $H_0$  tidak benar

Pengujian statistiknya adalah :

$$S_{tes} = \frac{\sum_{i=(r/2)+1}^{r-1} \frac{x_{i+1} - x_i}{M_i}}{\sum_{i=1}^{r-1} \frac{x_{i+1} - x_i}{M_i}}$$

dimana :

$X_i$  = didefinisikan sebagai  $x_i = \ln t_i$

$r$  = adalah jumlah komponen yang rusak

$t_i$  = adalah kelas pertama  $r$  untuk waktu kerusakan berasal dari  $n$  data percobaan ( $r \leq n$ )

$r/2$  = bernilai bilangan bulat terbesar  $\leq r/2$   
misal  $r = 9$ , maka  $r/2 = 4$

$M_i$  = didapat dari tabel

$S$  = didapat dari tabel

Apabila hipotesa ditolak berarti distribusi bukan merupakan distribusi Weibull dengan dua parameter, tetapi dapat berupa distribusi Weibull dengan tiga parameter atau distribusi lainnya.

## 2.9 PERSAMAAN PERKIRAAN JUMLAH KERUSAKAN

Ekspektasi jumlah kerusakan suatu peralatan untuk selang waktu tertentu dapat dihitung dengan laju kerusakan konstan (distribusi

eksponensial), maka ekspektasi jumlah kerusakan untuk selang waktu tertentu adalah :

$$E(t) = \lambda \cdot t$$

dimana :  $E(t)$  = ekspektasi jumlah kerusakan

$\lambda$  = laju kerusakan distribusi eksponensial

Untuk jenis suku cadang yang mempunyai laju kerusakan tidak konstan (distribusi Weibull), maka ekspektasi jumlah kerusakannya dapat dihitung dengan pendekatan dari laju kerusakan rata-ratanya yang diasumsikan konstan (8,hal.268). Laju kerusakan distribusi Weibull adalah :

$$h(t) = \alpha \lambda (\lambda t)^{\alpha-1}$$

dimana :  $\alpha$  =  $\beta$  = parameter bentuk

$\lambda$  =  $1/\phi$  = parameter skala.

Ekspektasi jumlah kerusakan suku cadang adalah merupakan ekspektasi jumlah suku cadang yang harus dipersiapkan selama interval  $(\phi, t)$ .

## 2.10 PENGERTIAN PERSEDIAAN

Pada umumnya proses dalam suatu pabrik dapat digambarkan sebagai suatu sistem yang terdiri dari input, proses dan output. Untuk menunjang proses ini, maka perlu dilakukan pengendalian persediaan yang baik. Persediaan dapat berupa suku cadang mesin-mesin produksi, persediaan bahan baku, persediaan bahan pembantu dan lain-lain.

Pengendalian persediaan adalah suatu cara yang sangat penting dalam menunjang proses produksi yang efektif. Beberapa definisi persediaan yang dapat dikutip adalah sebagai berikut :

1. Menurut John E. Biegel : Material yang berada didalam gudang untuk digunakan kemudian atau dijual.
2. Menurut Martin K. Starr dan David W. Miller : Teori persediaan sepakat dengan determinasi atas prosedur yang optimal untuk memperkirakan sisa dari komoditi sesuai dengan permintaan yang akan datang.

Dari definisi diatas dapat diambil kesimpulan bahwa pokok persoalan dalam pengendalian persediaan adalah mencari suatu prosedur yang optimal, untuk memenuhi permintaan yang akan datang. Jelasnya suatu kebijaksanaan dalam pengendalian persediaan selalu dihadapkan kepada pengambilan keputusan dari beberapa faktor yang saling bertentangan, misalnya pengurangan persediaan digudang dapat dilakukan dengan jalan lebih sering memesan dalam jumlah yang kecil, tetapi hal itu menyebabkan bertambahnya beban kerja.

Untuk dapat menjamin kelancaran proses produksi, maka harus dapat mempertahankan tingkat persediaan yang optimum yang dapat memenuhi kebutuhan setiap saat dan optimum pula ditinjau dari segi ongkos yang timbul akibat persediaan.

Kebutuhan barang atau bahan dapat dibeli secara bertahap ataupun sekaligus. Kebijakan ini harus diputuskan sesuai dengan prosedur yang optimal yang diperoleh. Pengadaan persediaan barang yang terlalu banyak, memungkinkan hal-hal sebagai berikut :

1. Ongkos persediaan menjadi besar
2. Pekerjaan bongkar muat akan lebih besar
3. Ongkos pemesanan semakin tinggi
4. Ongkos pengiriman barang lebih besar dan potongan harga lebih kecil.

Sehingga untuk dapat mencapai suatu tingkat persediaan yang optimum, perlu dibuat suatu kebijaksanaan sistem pengendalian persediaan. Sistem persediaan adalah serangkaian kebijaksanaan dan pengendalian yang memonitor tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan persediaan harus diisi dan berapa besar pesanan yang dilakukan. Sistem ini bertujuan menetapkan dan menjaga terjadinya sumber daya dalam kuantitas dan waktu yang tetap. Jadi tujuan pengendalian persediaan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Menjaga agar perusahaan jangan sampai kehabisan persediaan dalam produksi.
2. Menjaga supaya pembentukan persediaan oleh perusahaan tidak terlalu besar atau berlebihan, sehingga biaya yang timbul akibat persediaan tidak terlalu besar.

3. Menjaga agar pembelian secara kecil-kecilan dapat dihindari, karena akan mengakibatkan biaya pemesanan besar.

#### 2.10.1 POLA PERSOALAN PENGENDALIAN

Bentuk persoalan pengendalian persediaan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pola kebutuhan (*demand*)

Pola kebutuhan atau permintaan suatu barang dapat bersifat deterministik atau bersifat probabilistik. Model kebutuhan yang bersifat deterministik mengasumsikan kebutuhan suatu barang dapat diketahui dengan pasti. Sedangkan model yang bersifat probabilistik mengasumsikan bahwa pola distribusi kemungkinan dari jumlah kebutuhan diketahui untuk suatu periode tertentu. Menurut Martin K, Starr dan David W. Miller, pola kebutuhan suatu barang dimasa yang akan datang dibagi atas tiga kelompok, yaitu :

- a. Kebutuhan yang bersifat pasti. Kebutuhan dimasa yang akan datang diketahui dengan pasti.
- b. Kebutuhan yang bersifat resiko. Kebutuhan barang dimasa yang akan datang tidak diketahui dengan pasti, akan tetapi pola distribusi kemungkinan dari jumlah kebutuhan barang diketahui.

c. Kebutuhan yang bersifat tanpa kepastian. Kebutuhan yang tidak diketahui sama sekali jumlah kebutuhan barang dimasa yang akan datang maupun pola distribusi kemungkinan tingkat kebutuhannya.

## 2. Metode Untuk Memperoleh Barang

Metode untuk memperoleh barang dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Dari dalam sendiri, maksudnya barang yang dibutuhkan dibuat sendiri oleh perusahaan dalam hal ini akan timbul *set-up cost*.
- b. Barang yang dibutuhkan diperoleh dari pemasok diluar perusahaan, dan hal ini akan timbul ongkos pemesanan.

## 3. Cara Pengambilan Keputusan.

Dipandang dari proses pengambilan keputusan, maka pengendalian persediaan itu dibagi atas (3,hal.20) :

- a. Proses Keputusan Statis. Proses ini mempunyai karakteristik, bahwa hanya dimungkinkan satu kali pemesanan saja. Keputusan ini hanya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan pada suatu saat, jadi seandainya terdapat sisa persediaan pada akhir jangka waktu tersebut, persediaan tidak dapat digunakan lagi. Pada proses ini terdapat dua kemungkinan dari permintaan, yaitu:
  - 1) Kemungkinan pertama adalah jumlah permintaan melampaui jumlah permintaan yang ada, jelas dalam hal ini kerugian yang diderita bersifat kehilangan kesempatan untuk memperoleh suatu



- keuntungan. 2) Kemungkinan kedua adalah apabila terjadi jumlah permintaan jauh lebih kecil dari persediaan yang ada, kejadian ini akan menyebabkan timbulnya kerugian yang disebut biaya kelebihan stok.
- b. Proses Keputusan Dinamis. Keputusan ini ditujukan untuk suatu kegiatan yang kontinu, jadi disini proses keputusannya adalah berulang. Pada model keputusan dinamis, kelebihan persediaan selalu dapat dipergunakan kembali untuk periode berikutnya tanpa adanya suatu kerugian. Tetapi perlu diperhatikan dalam hal ini, bahwa belum diperhatikannya besar jumlah persediaan tersebut. Sudah barang tentu disini harus ditentukan jumlah persediaan yang optimal untuk setiap jangka waktu tertentu. Bagaimana bila kejadiannya adalah sebaliknya, yaitu bila permintaan jauh lebih besar dari persediaan yang dimiliki pada suatu saat, maka pada hal ini akan dikenal dengan istilah kehabisan persediaan.
4. Waktu Ancang-Ancang (*lead time*)
- Waktu anchang-ancang adalah waktu antara mulai disiapkannya order oleh perusahaan sampai barang tersedia di gudang untuk siap digunakan. Waktu anchang-ancang ini bisa bersifat konstan atau bervariasi mengikuti suatu distribusi tertentu. Tetapi terdapat juga beberapa sistem persediaan yang tidak mengenal waktu anchang-ancang. Hal tersebut biasanya untuk menyederhanakan persoalan.

## 2.10.2 ELEMEN BIAYA

Dalam menganalisa suatu persoalan persediaan, maka harus ada beberapa ongkos yang terjadi karena adanya persediaan. Ongkos yang terlibat didalamnya harus dioptimalkan seminim mungkin, dengan kriteria pada tingkat pelayanan yang maksimal.

### 1. Ongkos Pengadaan

Ongkos pengadaan dibedakan atas dua jenis sesuai dengan asal-usul dari barang tersebut yaitu terdiri dari semua ongkos yang harus dikeluarkan setiap kali melakukan pemesanan barang dari pihak diluar perusahaan dan ongkos set-up terdiri dari semua ongkos yang harus dikeluarkan untuk persiapan produksi, jika barang tersebut diproduksi oleh perusahaan itu sendiri.

#### a. Ongkos Pemesanan. Meliputi :

- Ongkos pembuatan dan pengiriman kertas
- Ongkos hubungan telpon atau fax (bila ada)
- Ongkos transportasi untuk melakukan pemesanan
- Ongkos lainnya yang sehubungan.

#### b. Ongkos Setting. Meliputi :

- Ongkos menyetel mesin.
- Ongkos mempersiapkan gambar benda kerja.
- Ongkos administrasi

- dan lain sebagainya.

## 2. Ongkos Penyimpanan

Ongkos penyimpanan adalah ongkos yang dikeluarkan oleh perusahaan karena memiliki atau menyimpan sejumlah persediaan selama satu satuan waktu. Unsur-unsur tersebut adalah :

- a. Ongkos modal yang tertanam dalam persediaan, ongkos ini timbul karena jumlah uang yang ditanam dalam persediaan sebenarnya dapat dimanfaatkan untuk kegiatan lain yang lebih menguntungkan.
- b. Ongkos gudang penyimpanan, maksudnya adalah ongkos yang timbul karena gudang dipakai untuk persediaan, ongkos penjagaan dan ongkos operasi gudang. Jadi gudang tidak dapat dipakai untuk keperluan lain.
- c. Ongkos yang timbul karena barang yang disimpan mengalami penyusutan, rusak atau ketinggalan zaman.
- d. Asuransi dan pajak.
- e. Ongkos lain-lain.

## 3. Ongkos Kekurangan Persediaan

Ongkos kekurangan persediaan adalah ongkos yang timbul apabila tidak terdapat persediaan untuk memenuhi kebutuhan yang ada.

Antara lain :

- a. Ongkos untuk melakukan pemesanan darurat, perbaikan atau

tindakan lainnya.

- b. Ongkos yang timbul karena kehilangan kesempatan untuk memperoleh keuntungan.

Ongkos ini ada 3 macam, tergantung cara perhitungannya :

- a. Berdasarkan jumlah kekurangan persediaan.
- b. Berdasarkan waktu lamanya terjadinya kekurangan persediaan.
- c. Berdasarkan frekwensi terjadinya kekurangan persediaan.

Apabila dalam sistem persediaan terjadi kekurangan persediaan, yaitu bila ada permintaan dimana tingkat persediaan tidak mencukupi, maka ada dua kemungkinan :

- a. *Lost Sales*. Perusahaan akan kehilangan permintaan karena konsumen memilih pemasok lain.
- b. *Back Order*. Konsumen mau menunggu sampai tingkat persediaan mencukupi permintaan.

### 2.10.3 ANALISA PARETO

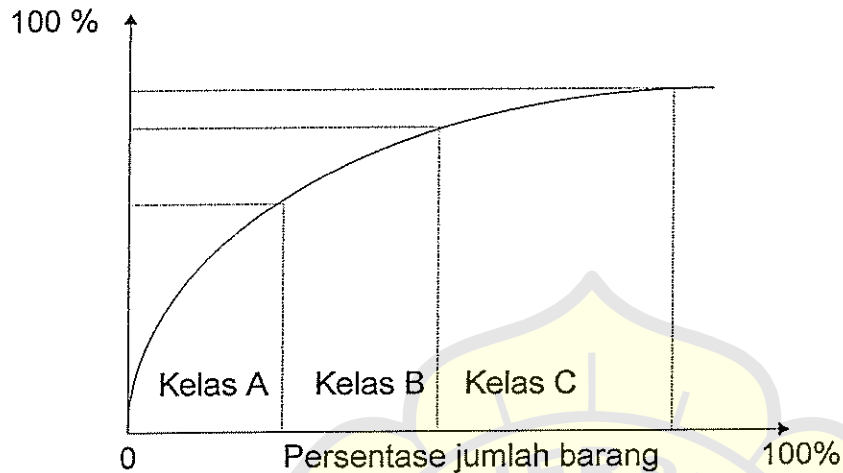
Metode pengklasifikasian barang yang seing digunakan adalah dengan mengkurakan Hukum Pareto, yang dikembangkan oleh Vilfredo Pareto (1848-1923). Analisa pareto ini secara operasional dikenal sebagai metode analisis ABC. Pendekatan yang dilakukan dengan metode ini

adalah dengan cara mengklasifikasikan barang ke dalam tiga kelompok kelas berdasarkan kriteria jumlah modal yang diserap dari setiap barang dalam jangka waktu tertentu, adapun pengklasifikasian dari ketiga kelompok kelas yaitu (1,hal.179-180) :

1. Barang kelas A, yang merupakan barang yang terpenting. Barang ini berjumlah 5% - 10% dari seluruh suku cadang dan menyerap modal atau mempunyai nilai 80% dari seluruh nilai modal yang tertanam.
2. Barang kelas B, yaitu barang dengan derajat kepentingan dibawah kelas A, yang berjumlah 20%-30% dan menyerap modal atau mempunyai nilai 15 % dari seluruh nilai atau modal tertanam.
3. Barang kelas C, yaitu barang yang tidak begitu penting dibandingkan dua jenis barang diatas.

Metode analisis ABC ini dapat dibuatkan dalam suatu diagram dengan menghitung jumlah modal yang diserap setiap jenis barang dan kemudian mengurutkan dari yang besar ke yang kecil. Kemudian dilakukan perhitungan kumulatif urutan jumlah modal yang diserap tersebut.

Persentase  
jumlah modal kumulatif



Gambar 2.2 Diagram Pareto

Pengklasifikasian barang bisa dilakukan dengan metode yang lain, tergantung dari tujuannya.

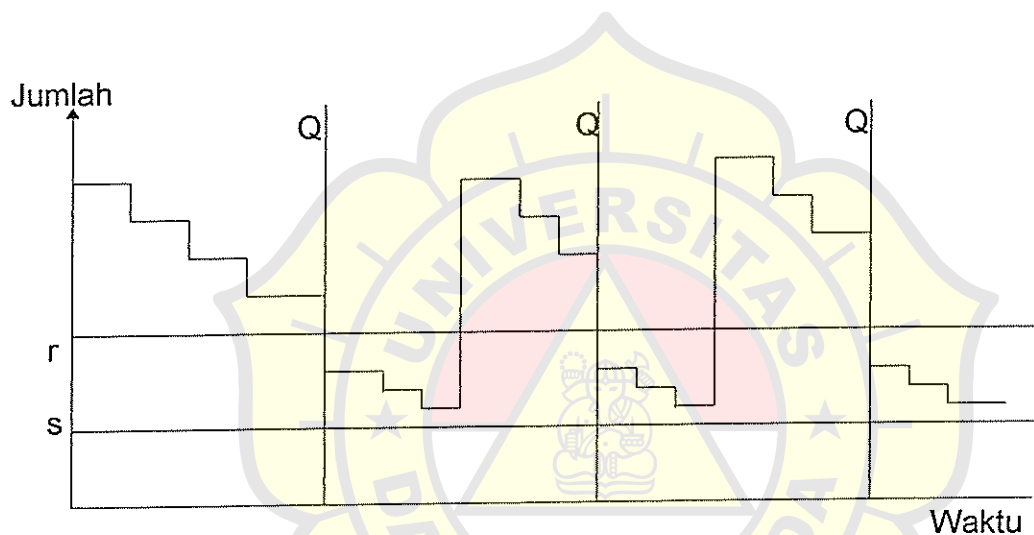
Apabila diinginkan pengendalian suku cadang berdasarkan pemakaiannya, maka suku cadang dapat diklasifikasikan berdasarkan frekwensi penggantian yang dilakukan. Suku cadang yang sering mengalami penggantian akan menjadi prioritas perhatian.

#### 2.10.4 SISTEM PENGENDALIAN PERSEDIAAN

##### 1. Sistem Pemesanan dengan Ukuran Tetap

Sistem ini disebut dengan dengan Q system. Dalam sistem ini jumlah pemesanan (ukuran order) adalah tetap, sedang periode order akan

berubah sesuai dengan fluktuasi permintaan kebutuhan. Jika persediaan jatuh pada level tertentu, yang disebut titik pemesanan kembali dilakukan yang besarnya sama dengan ukuran order optimal dilakukan pemesanan kembali adalah saat dimana jumlah persediaan hanya dapat memenuhi kebutuhan selama waktu anjang-ancang. (lihat gambar)



Gambar 2.3 Sistem persediaan dengan ukuran tetap

- $L$  = Waktu anjang-ancang, yaitu waktu yang diperlukan untuk memesan sampai barang tiba.
- $Q$  = Ukuran pemesanan
- $s$  = Ukuran persediaan keamanan
- $r$  = Reorder point.

Jadi dalam sistem ini kita akan menentukan ukuran pemesanan yang optimal ( $Q$ ) dan titik pemesanan kembali ( $r$ ). Persediaan keamanan

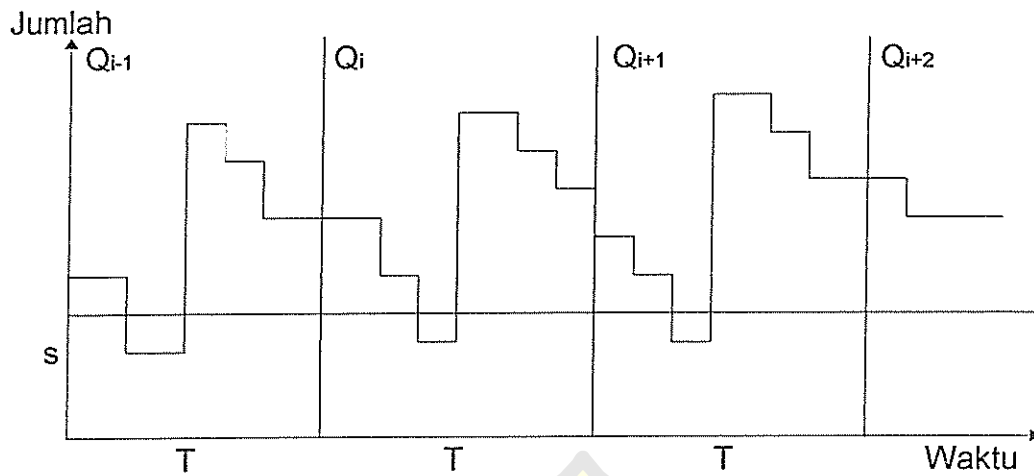
dalam sistem ini diperlukan untuk meredam fluktuasi selama waktu anjang-angang.

Ongkos total yang terjadi adalah jumlah dari ongkos pemesanan, ongkos penyimpanan dan ongkos kekurangan persediaan.

## 2. Sistem Pemesanan dengan Periode Tetap.

Sistem ini disebut juga dengan P system. Dalam sistem ini periode pemesanan adalah tetap, sedang jumlah pesanan berubah-ubah sesuai dengan posisi persediaan pada saat pemesanan kembali. Ukuran order untuk setiap pemesanan adalah selisih dari tingkat persediaan yang ditentukan dikurangi dengan persediaan yang ada digudang dan persediaan yang sudah dipesan tetapi belum diterima. Jadi dalam sistem ini kita akan menentukan periode pemesanan  $T$  dan ukuran order setiap periode. Persediaan pengaman diperlukan untuk meredam fluktuasi kebutuhan selama periode pemesanan dan waktu anjang-angang. Untuk menentukan besarnya pemesanan pada saat  $T_i$  ( $Q_i$ ) adalah besarnya tingkat persediaan yang telah ditentukan dikurangi dengan persediaan yang ada digudang dan persediaan yang sedang dipesan  $Q_{i-1}$ .





Gambar 2.4 Sistem persediaan dengan periode tetap

Dalam sistem ini P juga dikenal adanya back order, yaitu pembeli produk bersedia menunggu kedatangan suku cadang.

Keuntungan dan kerugian masing-masing sistem :

1. Q sistem.

Keuntungan :

- Modal yang tertanam lebih kecil
- Kemungkinan terjadinya kekurangan persediaan lebih kecil

Kerugian :

- Terlalu sering dilakukan pemeriksaan kondisi untuk mengetahui reorder point.
- Adminis:rasinya sulit.

2. P sistem

Keuntungan :

- Periode order tetap

- Sangat baik untuk pengendalian persediaan dari bermacam-macam barang dengan beberapa gudang, tetapi sedikit rekanan.

Kerugian :

- Modal tertanam lebih besar
- Kondisi persediaan jarang diperiksa.

