

Kesimpulan berisi kesimpulan dari seluruh pengolahan data dan hasil analisa penelitian, dan saran yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

STUDI PUSTAKA

Pada bagian ini dibahas landasan teori tentang klasifikasi ABC, reliabilitas, fungsi Distribusi Kerusakan, Manajemen Persediaan, Metode Croston dan Periode Pemesanan T.

2.1 Sistem Klasifikasi ABC

Klasifikasi ABC bertujuan untuk menentukan material-material yang paling perlu ditangani secara serius dengan system penanganan tertentu. Vilfredo Pareto dalam bukunya *The Theory of Statistic* (1896) menyatakan bahwa “dalam sekumpulan elemen yang harus dikontrol, sebagian kecil elemen itu selalu merupakan bagian yang mempunyai efek terbesar”. Dalam pengendalian persediaan, observasi ini dinyatakan dalam klasifikasi ABC. Analisis ini dikenakan pada rata-rata kebutuhan barang dalam satu tahun menggunakan data historis yang ada. Dalam pendekatan ABC, sering ditemukan bahwa sekitar 20% item persediaan mempunyai nilai sekitar 80% dari seluruh investasi (permintaan x harga), 80% sisa item hanya mempunyai nilai 20%. Dengan kata lain, sedikit produk mempunyai potensi keuntungan terbesar. Klasifikasi ABC ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.1. Kebijakan persediaan untuk masing-masing kelompok adalah:

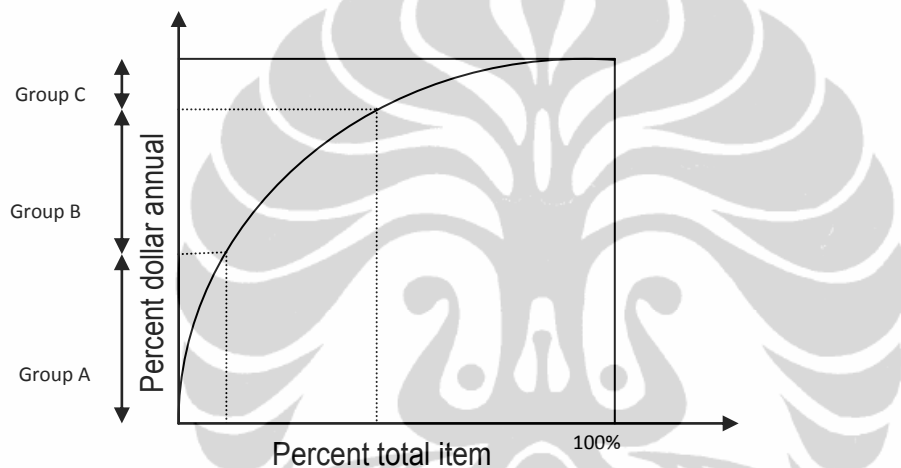
Kelompok A, kelompok ini mempresentasikan 20% dari jumlah persediaan dan 80% dari nilai persediaan dalam rupiah. Sebaiknya kelompok ini diberi perhatian yang besar.

Kelompok B, kelompok ini mempresentasikan 20%-30% dari jumlah persediaan dan sekitar 15% dari nilai persediaan dalam rupiah.

Kelompok C, kelompok ini mempresentasikan sekitar 30%-60% dari jumlah persediaan dan sekitar 5% dari nilai persediaan untuk satu tahun.

Aplikasi prinsip Analisis ABC untuk manajemen persediaan meliputi:

1. Klasifikasi persediaan item-item berdasarkan kepentingan relevan.
2. Penetapan manajemen pengawasan yang berbeda untuk klasifikasi yang berbeda dengan tingkat pengawasan yang disesuaikan dengan tingkat kepentingan untuk masing-masing klasifikasi



Gambar 2.1 ABC Analysis

Faktor penting dalam suatu item yang dapat menjadi kriteria dalam pengklasifikasian ABC:

1. Besarnya nilai total uang dari material
2. Unit cost (biaya per unit dari material)
3. Kelangkaan atau kesulitan memperoleh material
4. Ketersediaan sumber daya, tenaga kerja dan fasilitas yang dibutuhkan untuk membuat material itu

5. Panjang dan variasi waktu tunggu (lead time) dari material, sejak pemesanan material itu pertama kali sampai kedatangannya
6. Kebutuhan penyimpanan untuk setiap item
7. Resiko penyerobotan atau pencurian material itu
8. Biaya kehabisan stok atau persediaan (stokout cost) dari material itu
9. Kepekaan terhadap perubahan desain

Prosedur klasifikasi ABC:

1. Tentukan penggunaan tahunan untuk setiap item
2. Hitung biaya tahunan untuk setiap item, dengan cara mengalikan volume dengan harga per unit
3. Hitunglah persentase dari biaya tahunan setiap item dari total keseluruhan
4. Susunlah item-item berdasarkan nilai persentase terbesar sampai terkecil
5. Hitunglah kumulatif dari persentase tiap item
6. Buatlah klasifikasi A, B atau C dari item-item yang ada dengan rujukan pada ketentuan yang di atas.

Penentuan ABC ini hendaknya ditinjau ulang setiap tahunnya.

2.2 Keandalan (Reliabilitas)

Keandalan (*reliability*) adalah probabilitas sebuah komponen atau sistem akan dapat beroperasi sesuai fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu, ketika digunakan di bawah kondisi operasi yang telah ditetapkan (Ebeling, 1997, hal 5).

Pada kenyataannya suatu alat dapat menghentikan alat/sistem dalam menjalankan fungsinya bila ada kegagalan. Maka dalam menentukan keandalan peralatan, perlu definisi yang lebih spesifik, yaitu deskripsi tentang kegagalan/ kerusakan yang dapat diamati.

Modus kegagalan (Moubray, 1991, hal 9) adalah segala hal yang berhubungan dengan kemungkinan terjadinya kegagalan atau penyebab kegagalan, yang dibagi dalam 2 kategori, yaitu:

1. *Failing Capability*, yaitu ketika kapabilitas menurun, yang umumnya disebabkan oleh:
 - a) Menurunnya performasi, tekanan-tekanan yang menyebabkan asset mengalami penurunan performa.
 - b) Pemberian minyak, kekurangan dalam memberikan minyak, dan kerusakan akibat pemberian minyak.
 - c) Kotoran atau debu yang pada umumnya menyebabkan kerusakan.
 - d) Pemasangan komponen yang tidak benar.
 - e) Human error, kesalahan manusia yang menyebabkan menurunnya kapabilitas.
2. *Increased in Desired Performance*, yaitu ketika *desired performance* meningkat melebihi kapasitas normal, yang disebabkan oleh:
 - a) *Desired performance* meningkat, sehingga item tidak dapat lebih lama beroperasi.
 - b) Meningkatnya tekanan yang diberikan menyebabkan penurunan akselerasi.

Salah satu hal yang dilakukan apabila ada kegagalan adalah melepas komponen yang mengalami kegagalan dari sistemnya, kegiatan seperti ini disebut *Failed Item Analysis*.
Sedang *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) secara proaktif mencari penyebab terjadinya kegagalan, yang bisa dilakukan sebelum atau sesudah terjadinya kegagalan.

2.3 Fungsi distribusi kerusakan

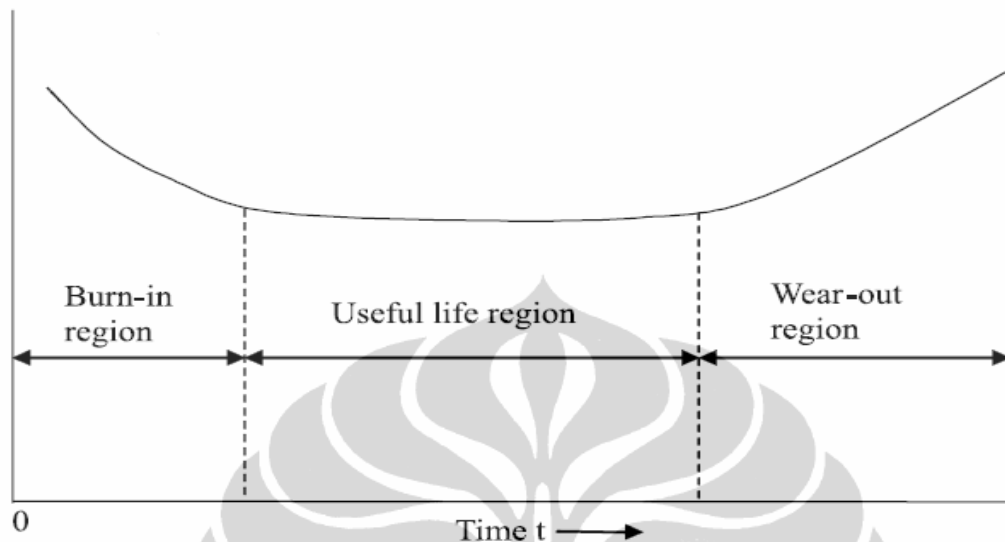
Setiap peralatan mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda-beda. Sejumlah peralatan bila dioperasikan dalam kondisi yang berbeda, akan mempunyai karakteristik kerusakan yang berbeda. Bahkan sejumlah peralatan yang sama, dioperasikan dalam kondisi yang sama dapat mempunyai karakteristik yang berbeda.

Transisi suatu peralatan dari kondisi baik ke gagal tidak bisa diketahui secara pasti waktunya, tapi dapat diketahui probabilitas terjadinya transisi tersebut pada waktu tertentu berdasarkan fungsi kerusakannya. Fungsi yang menggambarkan probabilitas bahwa suatu peralatan akan rusak pada interval waktu berikutnya, sedang sampai waktu t , alat tersebut masih dalam kondisi baik adalah *Hazard rate function* atau *failure rate*, yang dilambangkan dengan $\lambda(t)$. (Ebeling, 1997, hal 29). Bentuk penting dari *Hazard rate function* adalah *bathtub curve*, yang laju kerusakan pada awal siklus menurun, diikuti laju kerusakan konstan, dan kemudian pada akhir siklus laju kerusakan naik. *Bathtub curve* (gambar 2.2) menunjukkan 3 daerah yang memiliki laju kerusakan yang berbeda, yaitu (Ebeling, 1997, hal 31):

Daerah A (*burn-in region*): fase kerusakan awal (*Startup Failure* atau *Early Failure*).

Daerah B (*useful life region*): fase umur pakai yang berguna (*Chance Failure* atau *Useful Life*)

Daerah C (*wear-out region*) : fase keausan (*Wear-out Failure*)



Gambar 2.2 *Bathtub curve*

Laju kerusakan pada masing-masing daerah dapat dihipotesiskan oleh distribusi-distribusi tertentu, yaitu:

Daerah A (*burn-in region*): distribusi Weibull

Daerah B (*useful life region*): distribusi Eksponensial

Daerah C (*wear-out region*): distribusi Weibull, distribusi Normal.

Dengan R adalah probabilitas keandalan, sedang λ adalah *failure rate* dan $f(t)$ adalah fungsi dari distribusi.

2.3.1 Fungsi kepadatan peluang

Bila x menyatakan variabel acak kontinu (*continuous random variable*) sebagai waktu kerusakan pada suatu waktu, dan mempunyai fungsi distribusi f_x yang kontinu di setiap titik, f_x disebut fungsi kepadatan peluang (*probability density function*) dari variabel x . Bila x bernilai riil ($x \geq 0$) pada interval waktu t , maka $f_x(t) \geq 0$ untuk $t \geq 0$, sehingga

$$\int_0^{\infty} f_x(t) dt = 1 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

2.3.2 Fungsi distribusi kumulatif

Fungsi distrisusi kumulatif merupakan fungsi yang menggambarkan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu t . Probabilitas system atau mesin mengalami kegagalan dalam beroperasi sebelum waktu t , dinyatakan sebagai:

$$F(t)=P(x < t) \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan $F(0)=0$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = 1 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{atau } F(t) = \int_0^t f(t)dt \text{ untuk } t \geq 0 \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan $F(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dan $f(t)$ adalah fungsi kepadatan peluang jika $t \rightarrow \infty$ maka $F(t) = 1$ (Eibeling 1997).

2.3.3 Fungsi keandalan

Keandalan merupakan probabilitas bahwa sebuah sistem (mesin) akan berfungsi dengan baik hingga periode t dalam kondisi operasi yang ditetapkan. Fungsi keandalan tersebut dapa digambarkan dengan hubungan matematika sebagai berikut:

$$R(t)=Pr \{T \geq t\} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan $R(t)$ adalah fungsi keandalan dengan $R(t) \geq 0$, $R(0)=1$, dan $\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$

T adalah variabel acak time to failure (waktu saat terjadinya kerusakan sistem atau komponen) dan $T \geq 0$

Dengan memasukkan fungsi kepadatan peluang makan:

$$R(t) = 1 - F(t) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$R(t) = 1 - \int_0^1 f(t)dt \dots\dots\dots (2.7)$$

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(t)dt \dots\dots\dots (2.8)$$

2.3.4 Identifikasi Distribusi

Pengidentifikasian distribusi dapat dilakukan dalam tiga tahap yaitu identifikasi awal, estimasi parameter dan uji goodness of fit. Perincian mengenai masing-masing tahap diberikan pada uraian berikut (Ebellling, 1997, hal 359)

2.3.4.1 Identifikasi awal

Identifikasi awal dapat dilakukan dengan dua metode, Probaility Plot dan Least-square methode. Dengan probability plot dibuat garis titik-titik $(t_i, F(t_i))$. Bila data tersebut menghampiri suatu distribusi, maka grafik yang terbentuk akan berbentuk garis lurus. Probabilitas plot ini juga digunakan bila jumlah sampel terlalu kecil atau data yang digunakan tidak lengkap. Namun demikian metode *Least square curve fitting* lebih akurat dibanding dengan probability plot karena tingkat subjektifitas untuk menilai kelurusan garis menjadi berkurang. Dengan metode least square curve fitting, distribusi yang terpilih adalah distribusi yang index of fit-nya terbesar.

Perhitungan umum dan metode *least of fitting square* yaitu:

- Nilai tengah kerusakan (Pattrick O'Connor, 1996, hal 70):

$$F\left(t_i = \frac{i-0,3}{n+0,4}\right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana: i adalah data waktu ke-t dan n adalah data kerusakan

- Index fit of fit (Walpole,1995, hal 664)

$$S_{xy} = n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2 \dots\dots\dots(2.11)$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2 \dots\dots\dots (2.12)$$

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana: n adalah tingkat kerusakan yang terjadi.

- Gradien (walpole, 1995 hal 611)

Untuk distribusi Weibull, Normal dan Lognormal

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

Untuk distribusi eksponensial (ebeling, 1997, hal 364):

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Intersep: $a = \bar{y} - b\bar{x}$ (2.16)

Sedangkan perhitungan khusus untuk tiap distribusi yaitu:

a. Distribusi Exponensial (Ebeling,1997 hal 363)

- $x_i = t_i$ dimana t_i adalah data ke-i
- $y_i = \ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right)$ (2.17)

- Parameter $\lambda=b$ (2.18)

- $MTTF = \frac{1}{b}$ (2.19)

b. Distribusi Weibull (Ebellling, 1997)

- $x_i = \ln t_i$ dimana t_i adalah data ke-i
- $y_i = \ln \ln \left(\frac{1}{1-F(t_i)} \right)$ (2.20)

- Parameter $\beta=b$, dan $\theta = e^{-(\alpha/\beta)}$ (2.21)

c. Distribusi normal (Ebellling, 1997)

- $x_i = t_i$ dimana t_i adalah data ke-i
- $y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{t_i - \mu}{\sigma}$ (2.22)
- Parameter: $\sigma = \frac{1}{b}$ dan $\mu = -\frac{a}{b}$ (2.23)

d. Distribusi Lognormal (Ebellling, 1997)

- $x_i = t_i$ dimana t_i adalah data ke-i
- $y_i = z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \frac{t_i - \mu}{\sigma}$ (2.24)
- Parameter: $s = \frac{1}{b}$ dan $t_{med} = -e^{-s\alpha}$ (2.25)

2.3.4.2 Pendugaan parameter

Meskipun pada Least Square-curve fitting telah dihitung paramete-parameter dari distribusi, namun parameter-parameter yang diperoleh ini bukan merupakan estimasi parameter terbaik. Estimasi parameter untuk tiap-tiap distribusi menggunakan perhitungan sebagai berikut:

- Distribusi Exponensial (Ebeling,1997)
 - Baik untuk data lengkap maupun data sensor parameter λ diperoleh dari
 - $\lambda = \frac{r}{T}$ (2.26)
 - dimana: r=n=jumlah kerusakan

T=total waktu kerusakan

- Distribusi Weibull (Ebellling,1997)
 - Parameter β diperoleh dari persamaan berikut:
 - $g(\beta) = \frac{\sum_{i=1}^r t_i^\beta \ln t_i}{\sum_{i=1}^r t_i^\beta} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{r} \ln t_i = 0$ (2.27)

- Sedangkan parameter θ diperoleh dari $\theta = \left\{ \frac{1}{r} \left[\sum_{i=1}^r t_i^\beta \right] \right\}^\beta \dots (2.28)$
- dimana: $r=n$ =jumlah kerusakan
 - t_i =data waktu kerusakan ke- i

- Distribusi Normal (Ebeling 1997)

- Estimasi parameter distribusi normal menggunakan perhitungan:

$$\mu = \bar{x} = \sum_{i=1}^r \frac{(t_i - \bar{t}_i)^2}{n-1} \dots (2.29)$$

$$\sigma^2 = \frac{(n-1)s^2}{n-1} \text{ dengan } s^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(t_i - \bar{t}_i)^2}{n-1} \dots (2.30)$$

dimana: n = jumlah unit yang diamati

t_i =data jumlah kerusakan ke- i

- Distribusi Lognormal (Ebeling 1997)

- $\mu = \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{\ln t_i}{n} \dots (2.31)$

- $t_{msd} = e^\mu \dots (2.32)$

- $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i - \mu)^2}{n}} \text{ dengan } s^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(t_i - \bar{t}_i)^2}{n-1} \dots (2.33)$

- dimana: n =jumlah unit yang diamati

t_i =data jumlah kerusakan ke- i

2.3.4.3 Uji Goodness of fit

Langkah selanjutnya dalam pemilihan distribusi secara teori adalah dengan uji statistic Goodness of fit. Pada uji ini dilakukan perbandingan antara hipotesis nol (H_0) yang menyatakan bahwa data penggantian mengikuti distribusi pilihan dan hipotesis alternative (H_1) yang menyatakan data penggantian tidak mengikuti distribusi pilihan.

Pada pengujian ini perhitungan statistic didasarkan pada sampel waktu penggantian. Hasil perhitungannya dibandingkan dengan nilai kritis yang diperoleh dari table. Secara umum, bila pengujian statistic ini kurang dari nilai kritis, maka H_0 diterima.

Ada dua jenis uji Goodness of fit yaitu uji umum (General Test) dan uji khusus (Specific Test). Uji umum dapat digunakan untuk menguji beberapa distribusi, sedang uji khusus masing-masing hanya dapat menguji satu jenis distribusi. Uji khusus lebih akurat dalam menolak distribusi yang tidak sesuai. Uji umum yaitu Chi-Square. Uji khusus yaitu:

1. Uji Barlett's untuk menguji distribusi Eksponensial (Ebeling, 1997, hal 399)

Hipotesis untuk uji ini adalah:

H_0 = data berdistribusi eksponensial

H_1 = data tidak berdistribusi eksponensial

Uji statistiknya adalah:
$$B = \frac{2r \left[\ln\left(\frac{1}{R}\right) \sum_{t=1}^r t_i - \left(\frac{1}{R}\right) \sum_{t=1}^r \ln t_i \right]}{1 + \left(\frac{r+1}{Rer}\right)} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dengan , t_i adalah data waktu kerusakan ke-i

R adalah jumlah kerusakan

B adalah uji statistik untuk uji Barlett test

H_0 diterima apabila nilai B jatuh dalam wilayah kritis $\chi^2_{1-\alpha/2, r-1} < B < \chi^2_{\alpha/2, r-1}$

Dengan distribusi chi-square memiliki $r-1$ derajat kebebasan.

2. Mann's test untuk distribsui Weibull (Ebeling, 1997, hal 400)

Distribusi ini dikembangkan oleh Mann, Schafer dan Singpurwalia pada tahun 1974

- Hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 =data berdistribusi Weibull

H_1 =data tidak berdistribusi Weibull

- Uji statistiknya adalah $M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} [(\ln t_{i+1})/M_i]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_2} [(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/M_i]}$ (2.35)

Dimana: $k_1 = \left[\frac{r}{2} \right]$ $k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right]$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

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

Dengan, M adalah nilai uji statistik untuk Mann's test

t_i data waktu kerusakan ke-i

t_{i+1} waktu data kerusakan ke (i+1)

$[x]$ adalah bilangan integer x

$r=n$ adalah jumlah unit yang diamati

i adalah nomor data kerusakan (1,2,3,...,n)

- H_0 diterima apabila nilai B jatuh dalam wilayah kritis $MM < F_{crit}(\alpha, v_1, v_2)$. Nilai F_{crit} diperoleh dari tabel distribusi F dengan $v_1=2k_2$ dan $v_2=2k$
- 3. Uji *Kolmogorov-Smirnov Test* untuk distribusi normal dan lognormal (Ebeling, 1997, hal 400)

Uji ini dikembangkan oleh H.W. Lilliefors pada tahun 1967.

- Hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 =data berdistribusi normal (lognormal)

H_1 =data tidak berdistribusi normal (lognormal)

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

dimana

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

.....(2.36)

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

.....(2.37)

Untuk distribusi normal:

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

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

Dimana: t_i adalah waktu antar kerusakan ke i

t adalah data waktu antar kerusakan

s adalah standar deviasi

n adalah banyaknya data kerusakan

- H_0 diterima $D_n < D_{erit}$. Sebaliknya, bila tidak maka tolak H_0 . Nilai D_{erit} diperoleh dari tabel *critical value for the Kolmogorov-Smirnov Test for normality (Lifeliefors Test)*

2.3.5 Mean Time to Failure

Mean time to failure (MTTF) adalah rata-rata atau nilai ekspektasi dari *probability density function* $f(t)$ yang diperoleh dari *probability density function* $f(t)$ yang diperoleh dari (Ebeling, 1997, hal 26):

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \dots\dots\dots(2.38)$$

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} R(t) dt \dots\dots\dots(2.39)$$

Perhitungan MTTF masing-masing distribusi adalah sebagai berikut:

- Distribusi eksponensial : $MTTF = \frac{1}{\lambda}$ (2.40)

- Distribusi Weibull : $MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$(2.41)

- Distribusi Normal : $MTTF = \mu$(2.42)

- Distribusi Lognormal : $MTTF = t_{med} e^{s^2/2}$(2.43)

2.4 Manajemen Persediaan

Persediaan adalah material dapat berupa bahan baku barang setengah jadi atau produk yang disimpan dalam gudang atau pada suatu tempat di mana barang tersebut menunggu untuk diproses atau digunakan lebih lanjut. Secara financial persediaan sangat penting bagi perusahaan manufaktur, umumnya porsi nilainya mencapai 20% sampai 60% dari total asset (J.R Tony Arnold and Stphen N, 2001, hal 228). Persediaan antara lain berguna untuk:

1. Menghilangkan resiko keterlambatan datangnya barang atau bahan baku
2. Menghilangkan resiko keterlambatan datangnya barang atau bahan-bahan yang dibutuhkan perusahaan
3. Menghilangkan resiko dari material yang dipesan tidak baik sehingga harus dikembalikan
4. Untuk menumpuk bahan-bahan yang dihasilkan secara musiman sehingga
5. Mencapai penggunaan system yang optimal.

6. Memberikan pelayanan (*service*) kepada langganan dengan sebaik-baiknya dimana keinginan langganan pada suatu waktu dapat dipenuhi atau memberikan jaminan tetap tersedianya barang jadi tersebut.

Berdasarkan fungsinya, persediaan diklasifikasikan sebagai berikut:

- *Anticipation inventory*

Merupakan persediaan yang bertujuan membantu level produksi dan mengurangi biaya yang ditimbulkan oleh perubahan kecepatan produksi, misalnya persediaan untuk mengatasi *peak season*, program promosi, dll.

- *Safety stock/fluctuation inventory*

Merupakan persediaan untuk mengatasi fluktuasi dan ketidak-pastian dalam *supply*, permintaan, dan *lead time*. Persediaan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kekurangan stok yang akan mengganggu proses produksi ataupun pemenuhan permintaan konsumen.

- *Lot-size inventory/cycle stock*

Merupakan persediaan yang timbul karena proses pembelian atau proses produksi yang melebihi kebutuhan sebenarnya. Hal ini biasanya karena perusahaan ingin memperoleh keuntungan berupa diskon, mengurangi pengiriman, atau mengurangi biaya *set-up*.

- *Transportation inventory*

Merupakan persediaan yang timbul karena adanya waktu yang dibutuhkan untuk perpindahan material atau produk dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Persediaan ini tidak bergantung pada ukuran pengiriman, tetapi bergantung pada waktu transit dan permintaan setiap periode.

- *Hedge inventory*

Untuk beberapa produk seperti barang tambang dan komoditi, harganya sering kalau fluktuatif, tergantung pada suplai dan permintaan. Jika pembeli mengharapkan harga naik, mereka dapat membeli *hedge inventory* ketika harga rendah.

2.4.1 Biaya Stok/Persediaan yang Habis (Out-of-Stock)

Biaya apabila stok/persediaan habis terjadi ketika ada pesanan tetapi tidak dapat dipenuhi dari persediaan dimana pesanan tersebut biasanya memang ada (permintaan normal)

Ada 2 jenis biaya persediaan habis :

1. Biaya penjualan yang hilang (*lost sales cost*)

Biaya ini terjadi ketika konsumen berhadapan dengan persediaan yang habis, maka konsumen tersebut membatalkan pesanan mereka.

Biaya ini berasal dari keuntungan yang seharusnya diterima (*opportunity cost*) serta juga termasuk biaya tambahan untuk efek negatif yang di timbulkan pada konsumen bahwa keadaan persediaan yang habis ini akan terjadi kembali di kemudian hari (*goodwill erosion*).

Hal seperti ini biasanya terjadi pada produk yang dapat digantikan oleh merek lain, seperti: roti, minuman ringan, sabun, dan lainnya.

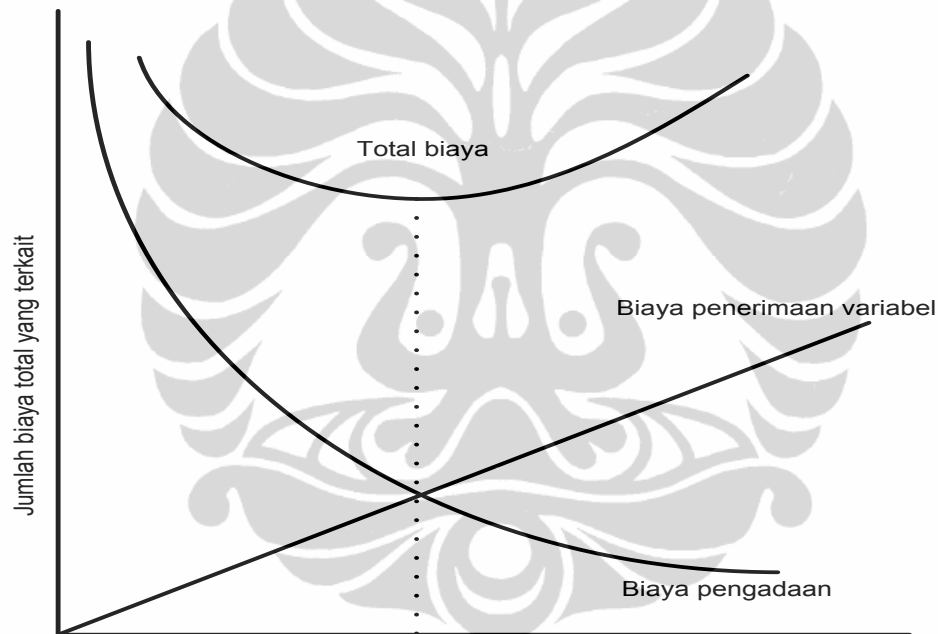
2. Biaya pemesanan yang lampau (*back order*)

Biaya ini terjadi apabila konsumen tidak keberatan untuk menunggu pemenuhan pesanan mereka untuk dipenuhi. Maka penjualan ini tidak akan hilang, hanya tertunda.

Biaya ini akan menimbulkan tambahan pekerjaan bagi administrasi/sekretaris dan juga biaya penjualan untuk pemesanan produk tersebut dan tambahan biaya transportasi dan pemeliharaan lainnya apabila pesaman produk tersebut tidak dapat

dipenuhi dengan jalur distribusi yang biasa. Biaya ini mudah untuk deibedakan dan dihitung. Namun biaya kehilangan penjualan yang akan datang cukup sulit untuk dilihat ataupun dihitung.

Biaya seperti ini biasanya terjadi pada produk yang tidak ada pengganti ataupun pesaing yang serupa, dan juga produk yang tidak dapat digantikan dalam pikiran konsumen tersebut. Seperti misalnya: mobil.



Gambar biaya persediaan

Gambar 2.4 Biaya Persediaan

2.4.2 Sistem Pengendalian Persediaan

Sistem persediaan menentukan berapa banyak kuantitas pesanan (tingkat penggantian) dan waktu pemesanan. Terdapat dua jenis dasar system pengendalian persediaan:

1. Sistem kontinu atau kuantitas pesanan tetap

Keuntungan system ini adalah tingkat persediaan dimonitor ketat dan berkesinambungan sehingga manajemen selalu mengetahui status persediaan. Hal ini terutama menguntungkan untuk persediaan yang penting seperti barang pengganti atau bahan baku dan perlengkapan. Kelemahan system ini adalah membatuhkan biaya pencatatan untuk persediaan.

2. *Fixed time period* atau sistem periode waktu tetap.

Pada system ini persediaan dihitung pada interval waktu tertentu, misal tiap 3 hari atau tiap minggu atau akhir bulan. Setelah jumlah persediaan ditentukan, maka pesanan dibuat untuk menentukan jumlah persediaan pada tingkat yang diinginkan. Kelemahan system ini adalah persediaan tidak dimonitor sepanjang waktu interval pemesanan dilakukan. Sehingga kerugian system ini adalah kurangnya pengendalian langsung yang dapat mengakibatkan tingkat persediaan yang tinggi pada system persediaan periodic dibandingkan dengan system persediaan kontinu untuk menjaga tidak terjadinya kekurangan pada waktu yang ditentukan.

2.4.2.1 Perhitungan dalam *fixed time period*

Perhitungan jumlah barang yang harus dipesan
 = rata-rata permintaan selama periode + safety stock – total persediaan saat
 (ditambah deng jumlah yang telah disorder)

Jumlah permintaan	=	Rata-rata permintaan selama periode	+	Safety stock	-	Total persediaan saat (ditambah dengan jumlah yang telah disorder)
-------------------	---	-------------------------------------	---	--------------	---	--

$$q = \bar{d}(T + L) + z\sigma_{T+L} - I \dots\dots\dots (2.44)$$

dimana,

q = jumlah yang harus dipesan

\bar{d} = peramalan permintaan rata-rata perperiode

T = jumlah periode antar pemeriksaan ulang berikutnya

- L = waktu tunggu dalam periode (waktu antara pelaksanaan order dan penerimaan barang)
- z = angka standar deviasi dari permintaan selama pemeriksaan ulang dan waktu tunggu
- σ_{T+L} = standar deviasi dari permintaan selama pemeriksaan ulang dan waktu tunggu
- I = tingkat persediaan yang ada saat itu

Catatan:

Permintaan, waktu tunggu, waktu pemesanan ulang dan sebagainya dapat disesuaikan dengan unit waktu yang lain seperti harian, mingguan atau tahunan selama hal itu konsisten pada seluruh persamaan.

Dalam model ini, permintaan (d) dapat diramalkan dan dapat diperiksa kembali jika diinginkan atau rata-rata tahunan dapat digunakan jika sesuai. Kita mengasumsikan bahwa permintaan adalah distribusi normal.

Untuk mencari, kita menggunakan pengertian bahwa standar deviasi dari serangkaian variabel acak bebas sama dengan akar pangkat dua dari penjumlahan variabel tersebut. Dengan demikian standar deviasi selama periode $P+L$ adalah akar pangkat dua dari penjumlahan varian untuk setiap harinya.

2.4.2.2 Perhitungan safety stock

Tingkat persediaan aman (*safety stock*) atau *fixed time periode* dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Safety stock} = z \cdot \sigma_{T+L} \dots\dots\dots(2.45)$$

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T+L} \sigma_d^2} \dots\dots\dots(2.46)$$

Karena setiap hari adalah independen dan σ_d konstan, maka:

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T + L) \cdot \sigma_d^2} \dots\dots\dots(2.47)$$

2.4.2.3 Tingkat pelayanan (*service level*)

Service level merupakan istilah yang banyak digunakan dalam manajemen persediaan yang merupakan besar persentase dari permintaan pelanggan dapat dipenuhi dari persediaan, sehingga dengan demikian:

$$\text{Stock out} = 100 - \text{service level}$$

Ada beberapa cara untuk menjelaskan *service level*, yaitu:

- a. *Service level* adalah semua kemungkinan dimana suatu permintaan pelanggan dapat dipenuhi dari persediaan selama tenggang waktu pemesanan atau *lead time* dalam suatu siklus pemesanan.
- b. *Service level* adalah besar persentase permintaan yang ada dapat dipenuhi dari persediaan dalam periode tertentu.

Tabel 2.1 Persediaan Level dan *Safety Factor*

<i>Service</i>	<i>safety</i>
50	0.00
75	0.67
80	0.84
85	1.04
90	1.28
94	1.56
95	1.65
96	1.75
97	1.88
98	2.05
99	2.33
99.86	3.00
99.99	4.00

2.5 Metode Croston

Metode yang secara umum digunakan untuk membuat peramalan permintaan *lumpy* adalah metode Croston (Shentone, Lydia & Hyndman, Rob J, 2005). Permintaan pada

periode t dilambangkan dengan D_t . Jika $D_t > 0$ (ada permintaan), pembaruan permintaan untuk rata-rata jumlah permintaan dan rata-rata jumlah periode antara permintaan yang satu dan berikutnya ditentukan persamaan:

$$\bar{D}_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) \bar{D}_{t-j} \dots\dots\dots(2.48)$$

Dan

$$\hat{n}_t = bj + (1 - b) \hat{n}_{t-j} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dengan α dan b : smoothing constan, j adalah jumlah periode, \bar{D}_t adalah ramalan jumlah permintaan rata-rata pada akhir periode t , dan \hat{n}_t adalah perkiraan jumlah periode antara rata-rata permintaan yang satu dengan permintaan berikutnya.

2.6 Periode pemesanan T

Penentuan interval pemesanan (T) didasarkan atas formula Wilson yaitu:

$$T = \frac{N}{f} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$f = \frac{D}{q} \dots\dots\dots(2.51)$$

Dengan N : jumlah periode

q : jumlah yang harus dipesan

D : jumlah permintaan