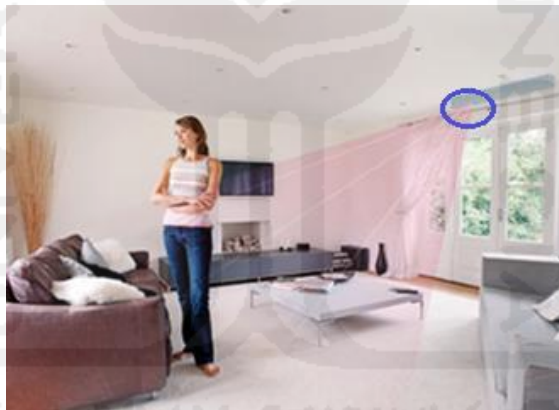


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

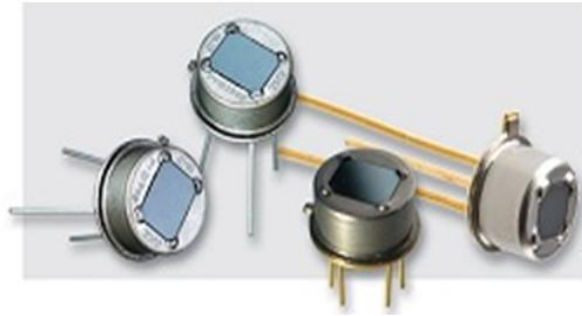
#### 2.1 Tinjauan Umum Produk

PT. ETB adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi dua kelompok utama produk yaitu Produk Deteksi (*Detection Products*) dan Produk Illuminasi (*Illumination Products*). Jenis produk deteksi adalah berbagai jenis sensor seperti Pyroelectric Detector, Thermopile Detector and Array Modules. Contoh aplikasinya adalah untuk sistem pendeteksian pintar yang dipasang di sistem pendingin ruangan.



**Gambar 1.** Produk Pyroelectric Detector yang dipasang di sistem pendingin ruangan

Sumber :[http://excelitas.com/ProductPages/Pyroelectric\\_Detectors\\_and\\_Sensors.aspx](http://excelitas.com/ProductPages/Pyroelectric_Detectors_and_Sensors.aspx)

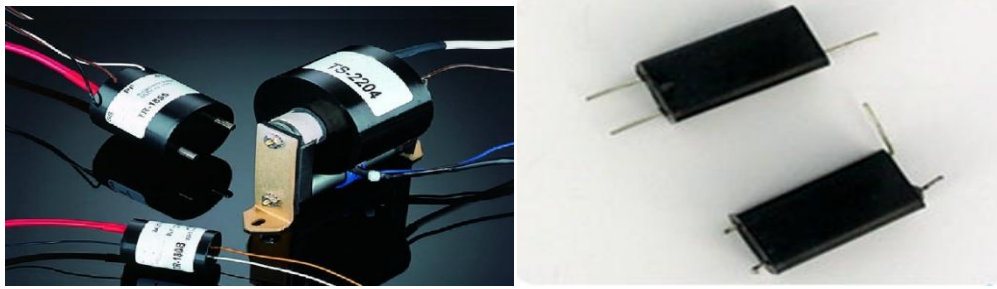


**Gambar 2.** Contoh Produk Thermal Infrared Detector.

Sumber :

[http://excelitas.com/ProductPages/THERMAL\\_INFRARED\\_DETECTORS.aspx](http://excelitas.com/ProductPages/THERMAL_INFRARED_DETECTORS.aspx)

Sedangkan jenis produk iluminasi seperti berbagai jenis lampu industri dan lampu kilat (*flash lamp*), dan Trigger Coil. Khususnya Trigger Coil, produk ini adalah produk baru yang diproduksi di PT. ETB. Sebelumnya produk ini sudah diproduksi di beberapa Negara seperti China, Amerika, Jerman dan Malaysia. Sebagian besar aplikasi lampu kilat (*flash lamp*) menggunakan “Trigger Coil” untuk menghasilkan pulsa tegangan tinggi dalam waktu yang singkat, biasanya beberapa mikro-detik atau kurang. Produk dengan kinerja yang tinggi dibuat dengan teknik manufaktur yang sempurna seperti *vacuum impregnation*, *vacuum encapsulation* dan sistem dispensing. Proses yang mempengaruhi ionisasi dengan lampu kilat (*flashlamp*) dikenal sebagai “Triggering”. Triggering menghasilkan perbedaan tegangan di dalam gas dengan besaran yang cukup yang menyebabkan ionisasi lampu (Excelitas Website, 2013). Dilihat dari fungsinya Trigger Coil sangat memegang peranan penting dalam fungsi lampu kilat (*flash lamp*). Lampu kilat ini banyak sekali digunakan dalam industri photography seperti kamera atau lampu – lampu industri lainnya yang menggunakan fungsi triggering cahaya.



Gambar 3 : Berbagai jenis Trigger Coil yang diproduksi oleh PT. ETB

(Sumber : [http://excelitas.com/Downloads/DTS\\_TriggerTransformers.pdf](http://excelitas.com/Downloads/DTS_TriggerTransformers.pdf))

## 2.2 Managemen Persediaan

Semua organisasi membutuhkan persediaan. Yang termasuk dalam katagori persediaan (Heizer dan Render, 2010) adalah (i) bahan baku (Raw Material), (ii) barang yang sedang diproses (Work In Process), (iii) material pendukung yang digunakan dalam proses produksi (Supplies) dan (iv) barang jadi atau *Finished Goods*. Persediaan dapat berupa sesuatu yang sederhana seperti larutan pembersih kaca ataupun sesuatu yang sangat kompleks yang dipakai dalam industri manufaktur (Max Muller, 2003)

### 2.2.1 Biaya Persediaan (*Inventory Cost*)

Dampak dari adanya persediaan menimbulkan sejumlah biaya yang harus ditanggung. Biaya itu meliputi beberapa hal (Max Muller, 2003), seperti :

1. Ruang untuk menyimpan persediaan (Inventory space)
2. Tenaga kerja yang harus menerima kedatangan material, memeriksa kualitas barang, menyimpan, mengambil kembali, memilih, mengepak barang, mengirim dan menghitungnya.

3. Dampak kerusakan dan kadaluarsa
4. Kehilangan atau kecurian

Biaya persediaan secara umum jatuh pada biaya pemesanan (*ordering cost*) dan biaya penyimpanan. Biaya pemesanan tidak tergantung pada nilai barang yang dipesan. Biaya – biaya tersebut termasuk gaji orang yang melakukan pembelian produk, biaya mendatangkan persediaan dan sebagainya. Sementara biaya penyimpanan (*holding cost*) meliputi biaya modal yang termasuk di persediaan (biaya kesempatan penggunaan uang untuk tujuan lain), biaya penyimpanan seperti sewa tempat dan biaya penanganan produk seperti peralatan, gudang, tenaga staff yang menangani pergudangan, kehilangan barang, pajak dan sebagainya

### 2.2.2 Fungsi Persediaan

Dalam konsep manufaktur tepat waktu (*Just In Time*), persediaan termasuk dalam katagori *waste*. Tetapi dalam beberapa hal, persediaan diperlukan untuk tujuan – tujuan sebagai berikut (Max Muller, 2003), (Zulian Yamit, 1994), dan (Kaczmarek, 2006)

1. Prediktabilitas (Prediksi): Untuk mendukung perencanaan kapasitas dan penjadwalan produksi, perlu dikendalikan seberapa banyak bahan baku, spare part dan sub-assembly yang diproses selama waktu tertentu. Cadangan persediaan (*buffer*) yang diperlukan adalah apa yang sedang diproses.

2. Demand yang berfluktuasi: Pasokan persediaan yang ada merupakan suatu proteksi. Karena tidak diketahui seberapa banyak persediaan yang diperlukan, tapi harus mampu memuaskan pelanggan (customer) atau permintaan produksi secara tepat waktu.
3. Pasokan yang tidak pasti: Persediaan akan melindungi perusahaan dari pemasok yang tidak pasti atau ketika barang yang diharapkan sangat susah untuk dipastikan datangnya.
4. Perlindungan Harga : Membeli sejumlah persediaan pada periode tertentu akan mampu menghindari inflasi harga
5. Potongan Harga untuk Jumlah Tertentu : Membeli dalam jumlah yang lebih besar sering mendapatkan potongan harga dibandingkan dengan jumlah yang kecil
6. Biaya pemesanan yang lebih rendah : Jika membeli dalam jumlah besar dengan frekuensi yang jarang, biaya pemesanan akan lebih kecil dibandingkan dengan membeli dalam jumlah sedikit tapi sering.

### 2.2.3 Alat Ukur Persediaan

Perusahaan perlu menggunakan ukuran-ukuran untuk melihat kinerja persediaan. Pada prinsipnya kinerja persediaan harus berorientasi pada efisiensi operasi di satu pihak dan pelayanan terhadap pelanggan (*service level*) di pihak lain. Kedua hal ini sering bertentangan. Kalau tidak dilakukan perubahan mendasar pada sistem, peningkatan *service level* biasanya berimplikasi pada peningkatan persediaan. Berdasarkan ukuran yang bisa digunakan untuk memonitor kinerja persediaan adalah (Pujawan, 2005):

1. Tingkat perputaran persediaan (*inventory turnover rate*) yaitu seberapa cepat produk atau barang mengalir relatif terhadap jumlah yang rata-rata tersimpan sebagai persediaan. Nilainya bisa diukur untuk tiap individu produk atau secara agregat mewakili suatu kelompok atau keseluruhan produk. Tingkat perputaran biasanya diukur dalam setahun. Kalau pengukuran dilakukan untuk kelompok atau keseluruhan produk, pembilang maupun penyebut biasanya diwujudkan dalam bentuk nilai uang. Misalnya sebuah perusahaan menjual 150 jenis produk. Nilai persediaan yang dimiliki rata-rata Rp. 3 milyar. Nilai penjualan dalam setahun untuk keseluruhan produk adalah 40 milyar dimana 25%-nya merupakan margin. Berarti nilai persediaan yang terjual dalam setahun adalah 30 milyar sehingga tingkat perputarannya adalah 10 kali dalam setahun. Semakin besar nilainya semakin bagus. Nilai normal untuk tiap industri tentu berbeda-beda.
2. *Inventory days of supply*. Didefinisikan sebagai rata-rata jumlah hari suatu perusahaan bisa beroperasi dengan jumlah persediaan yang dimiliki. Ukuran ini sebenarnya bisa dikatakan seirama dengan tingkat perputaran persediaan. Kalau *inventory days of supply* panjang maka tingkat perputarannya rendah. Misalnya untuk kasus diatas perusahaan beroperasi selama 300 hari dalam setahun. Berarti nilai persediaan yang terjual perhari adalah 30 Milyar per 300 hari = 0.1 milyar per hari. Dengan demikian maka nilai *inventory days of supply* dari kasus tersebut adalah 3

milyar perhari dibagi 0.1 milyar = 30 hari. Jadi rata-rata perusahaan memiliki persediaan untuk kebutuhan 30 hari kerja.

3. *Fill rate* adalah persentase jumlah item yang tersedia ketika diminta oleh pelanggan. Jadi *fill rate* 97% berarti ada kemungkinan 3% dari item yang diminta oleh pelanggan tidak tersedia. Akibatnya pelanggan harus menunggu beberapa lama atau pindah ketempat lain untuk mendapatkannya. *Fill rate* bisa diukur untuk tiap produk secara individual atau untuk keseluruhan produk secara agregat. Untuk menciptakan *supply chain* manajemen yang efektif, perusahaan mungkin harus membedakan target *fill rate* untuk tiap pelanggan dan tipe item. Perbedaan target *fill rate* ini biasanya mencerminkan nilai strategis dari tiap kelompok item atau kelompok pelanggan tersebut.

#### **2.2.4 Analisis ABC**

Analisis ABC membagi persediaan yang dimiliki kedalam tiga golongan berdasarkan volume nilai barang tahunan. Analisis ABC adalah sebuah aplikasi persediaan dari pareto. Prinsip pareto menyatakan bahwa terdapat sedikit hal yang penting dan banyak hal yang sepele. Tujuannya adalah membuat kebijakan persediaan yang memusatkan sumber daya pada komponen persediaan penting yang sedikit dan bukan pada yang banyak tetapi sepele. Tidaklah realistis untuk memonitor persediaan yang murah dengan intensitas yang sama sebagaimana dengan persediaan yang sangat mahal.

Untuk menentukan volume nilai barang tahunan dengan analisis ABC, permintaan tahunan dari setiap barang persediaan dihitung dan dikalikan dengan harga per unit. Barang kelas A adalah barang-barang dengan volume dolar tahunan tinggi. Walaupun barang seperti ini mungkin hanya mewakili sekitar 15% dari total persediaan barang, mereka mempresentasikan 70% hingga 80% dari total pemakaian dolar. Kelas B adalah untuk barang-barang persediaan yang memiliki volume dolar tahunan menengah. Barang ini mempresentasikan sekitar 30% barang persediaan dan 15% hingga 25% dari nilai total. Barang-barang yang memiliki volume dolar tahunan rendah adalah kelas C yang mungkin hanya mempresentasikan 5% dari volume dolar tahunan tetapi 55% dari total barang persediaan. Keuntungan dari pembagian barang persediaan kedalam tiga kelas ini memungkinkan diterapkannya kebijakan dan kontrol untuk setiap kelas. Kebijakan yang mungkin didasarkan pada analisis ABC meliputi hal berikut (Heizer dan Render, 2005) :

1. Pembelian sumber daya yang dibelanjakan pada pengembangan pemasok harus jauh lebih tinggi untuk barang A dibanding barang C.
2. Barang A, tidak seperti barang B dan C, perlu memiliki kontrol persediaan fisik yang lebih ketat, mungkin mereka dapat diletakkan pada tempat yang lebih aman dan mungkin akurasi catatan persediaan untuk barang A harus lebih sering diverifikasi.
3. Prediksi barang A perlu lebih dijamin keabsahannya dibanding dengan prediksi barang B dan C.



### 2.2.5 Metode Pengendalian Persediaan

Ada beberapa metode untuk mengendalikan persediaan, semuanya didesain untuk memastikan suatu sistem yang efisien untuk memutuskan *what, when and how much to order*. Pengendalian persediaan dapat menggunakan satu metode atau gabungan dua atau lebih metode jika memiliki berbagai macam metode (Heizer dan Render, 2005) :

1. *Minimum stock level*, menentukan suatu angka *minimum stock*, dan melakukan pemesanan kembali ketika persediaan telah menyentuh angka minimum tersebut. Angka minimum itu disebut juga *re-order level*.
2. *Stock review*, mempunyai jadwal teratur untuk memantau persediaan. Setiap saat *review* dilakukan pemesanan untuk mengisi kembali persediaan ke batas yang telah ditentukan.
3. *Just In Time (JIT)*, tujuan JIT untuk mengurangi biaya dengan memangkas persediaan ke arah minimum. Barang dikirimkan ketika telah mendekati saat pemakaiannya. Ada suatu resiko putusnya persediaan oleh karenanya diperlukan suatu kepastian akan kemampuan pemasok untuk melaksanakan kewajiban mengirimkan barang yang diminta.
4. *Re-order lead time*, menyediakan untuk tenggang waktu antara pemesanan dan penerimaan.
5. *Economic Order Quantity (EOQ)*, sebuah formula baku yang digunakan untuk menciptakan suatu keseimbangan antara menyimpan persediaan secara berlebihan dan terlalu sedikit.

6. *Batch control*, mengelola sejumlah produksi barang dan perlu memastikan komponen-komponen yang dibutuhkan untuk sejumlah produksi yang berikutnya dalam jumlah yang tepat.

### **2.3 Komposisi biaya persediaan**

Metode metode pengendalian persediaan selalu mengarah pada minimalisasi biaya sebagai suatu kriteria agar keuntungan yang diperoleh dapat maksimal.

Biaya yang umumnya termasuk dalam persediaan adalah sebagai berikut :

1. Biaya pembelian (Purchase cost)

Merupakan biaya untuk membeli atau memproduksi satuan barang persediaan. Biaya ini konstan tidak tergantung pada metode yang digunakan sehingga tidak dipertimbangkan dalam perhitungan biaya.

2. Biaya pemesanan atau persiapan (order atau set up cost)

Biaya yang timbul setiap kali pemesanan dilakukan untuk mengisi kembali persediaan barang yang ada. Saat pemesanan dilakukan, muncul biaya biaya yang berkaitan dengan itu seperti :

- a. Biaya manufaktur
- b. Biaya Persiapan proses produksi
- c. Biaya pemrosesan pesanan
- d. Biaya pengiriman pesanan
- e. Biaya pendistribusian
- f. Biaya penanganan pesanan

### 3. Biaya Penyimpanan (Holding Cost)

Merupakan biaya biaya yang diperlukan berkenaan dengan diadakannya persediaan seperti :

- a. Biaya pergudangan yang meliputi biaya sewa gudang, pemeliharaan dan penanganan barang dan biaya administrasi gudang.
- b. Bunga atas modal yang diinvestasikan dalam persediaan yang meliputi 80% dari total biaya penyimpanan.
- c. Biaya pelayanan persediaan (inventory service cost), seperti biaya pencegahan kerusakan bahan baku, pencurian, maupun penyusutan nilai barang.

### 4. Biaya kekurangan persediaan (stock out cost)

Biaya yang dikenakan jika tidak terdapat persediaan yang cukup untuk memenuhi permintaan berlebih yang datang pada waktu tertentu

- a. Biaya kehilangan penjualan, timbul apabila pelanggan dihadapkan pada situasi kekosongan barang lalu memutuskan untuk membatalkan pemesanan.
- b. Biaya pemesanan kembali, timbul apabila pelanggan bersedia menunggu pesannya terpenuhi, meskipun jadwal penjualan harus diundur

### 2.4. Lot Sizing (Ukuran Pesanan)

Merupakan proses untuk menentukan ukuran pesanan sehingga diperoleh nilai yang optimal. Ada beberapa metode yang dapat dipakai untuk

menentukan ukuran optimal. Berdasarkan proses pengambilan keputusan dapat dibagi menjadi dua:

a. Model ukuran pemesanan statis (Static Lot Sizing)

Merupakan model yang digunakan untuk permintaan yang tetap selama waktu yang direncanakan.

b. Model ukuran pemesanan dinamis (Dynamic Lot sizing)

#### 2.4.1. Static Lot Sizing

a. Fixed Order Quantity (FOQ)

Pendekatan menggunakan konsep jumlah pemesanan tetap

b. Economic Order Quantity (EoQ)

Menggunakan konsep minimasi ongkos simpan dan ongkos pesan dengan ukuran pesanan yang tetap

c. Economic Production Quantity (EPQ)

#### 2.4.2. Dynamic Lot Sizing

Berdasarkan cara penyelesaian masalah, Dynamic Lot Sizing dibagi menjadi 3 macam:

##### 2.4.2.1 Simple

Aturan keputusan kuantitas pemesanan yang tidak didasarkan langsung pada optimalisasi fungsi biaya.

- a. Fixed Periode Requirement (FPR) : Pendekatan menggunakan konsep ukuran Lot dengan periode tetap, dimana pesanan dilakukan berdasarkan periode waktu tertentu saja

- b. Period Order Quantity (POQ) : Pendekatan menggunakan konsep jumlah pemesanan ekonomis agar dapat dipakai pada periode bersifat permintaan diskrit, teknik ini dilandasi konsep EoQ
- c. Lot for Lot : Pendekatan menggunakan konsep atas pemesanan diskrit dengan pertimbangan minimasi ongkos simpan, jumlah yang dipesan sama dengan jumlah yang dibutuhkan.

#### 2.4.2.2. Heuristic

Bertujuan mencari solusi biaya rendah namun tidak harus optimal

- a. Least Unit Cost (LUC) : pendekatan menggunakan konsep pemesanan dengan ongkos unit terkecil, dimana jumlah pemesanan ataupun interval pemesanan dapat bervariasi.
- b. Part Period Balancing (PPB) : pendekatan menggunakan ukuran lot ditetapkan bila ongkos simpannya sama atau mendekati ongkos pesannya.
- c. Silver Meal (SM) : pendekatan yang menitik beratkan pada ukuran lot yang harus dapat meminimumkan ongkos total per periode.
- d. Least Total Cost (LTC) : Pendekatan yang menggunakan konsep ongkos total akan diminimumkan apabila untuk setiap lot dalam suatu rentang perencanaan hampir sama besarnya.

#### 2.4.2.3. Optimum Rules

Bertujuan mencapai solusi biaya rendah yang juga optimum. Termasuk di dalamnya adalah Metode Wagner Whitin (WW). WW merupakan pendekatan menggunakan ukuran lot dengan prosedur optimasi

program linier, bersifat matematis. Fokus utama dalam penyelesaian ini adalah melakukan minimalisasi penggabungan ongkos total dari set up cost dan holding cost dan berusaha agar totalnya mendekati nilai yang sama untuk kuantitas pemesanan yang dilakukan.

### 2.5. Metode Wagner Whitin

Metode WW ditemukan pada tahun 1958 oleh Wagner dan Whitin. Metode ini merupakan pengembangan dari Dynamic Programming yang ditemukan oleh Richard Bellman pada tahun 1957. Kelebihan dari metode WW antara lain memiliki solusi optimal yang terjamin untuk problem statis. WW dimulai dari model deterministik dengan jumlah permintaan diketahui per periodenya, biaya pemesanan yang fluktuatif dan stok barang dari satu periode ke periode berikutnya. Berikut ini adalah langkah langkah Wagner Whitin (WW) disertai dengan contoh penyelesaian dan perbandingan dengan metode metode lain (Lot for Lot dan FoQ)

$t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_t$	20	50	10	50	50	10	20	40	20	30
$c_t$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$A_t$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$h_t$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

$t$  : a period (day, week, month); we will consider  $t = 1, \dots, T$ , where  $T$  represents the *planning horizon*.

$D_t$  : demand in period  $t$  (in units)

$c_t$  : unit production cost (in dollars per unit), not counting setup or inventory costs in period  $t$

$A_t$  : fixed or setup cost (in dollars) to place an order in period  $t$

$h_t$  : holding cost (in dollars) to carry a unit of inventory from period  $t$  to period  $t + 1$

$Q_t$  : the *unknown* size of the order or lot size in period  $t$

Maka penyelesaiannya dapat dilihat pada tabel berikut :

#### Lot for Lot

$t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
$D_t$	20	50	10	50	50	10	20	40	20	30	300
$Q_t$	20	50	10	50	50	10	20	40	20	30	300
$I_t$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Setup cost	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1000
Holding cost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total cost	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	<b>1000</b>

#### Fixed Order Quantity (FOQ)

$t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
$D_t$	20	50	10	50	50	10	20	40	20	30	300
$Q_t$	100	0	0	100	0	0	100	0	0	0	300
$I_t$	80	30	20	70	20	10	90	50	30	0	0
Setup cost	100	0	0	100	0	0	100	0	0	0	300
Holding cost	80	30	20	70	20	10	90	50	30	0	400
Total cost	180	30	20	170	20	10	190	50	30	0	700

**Wagner Whitin (WW)**

- Step 1: Hanya memenuhi  $D_1$  (Dengan mengabaikan production cost, karena itu tetap).

$$Z_1^* = A_1 = 100$$

$$j_1^* = 1$$

7. Step 2 : Dua pilihan,  $j_2^* = 1$  atau  $j_2^* = 2$ .

$$\begin{aligned} Z_2^* &= \min \begin{cases} A_1 + h_1 D_2, & \text{produce in 1} \\ Z_1^* + A_2, & \text{produce in 2} \end{cases} \\ &= \min \begin{cases} 100 + 1(50) = 150 \\ 100 + 100 = 200 \end{cases} \\ &= 150 \end{aligned}$$

$$j_2^* = 1$$

8. Step3: Tiga pilihan,  $j_3^* = 1, 2, 3$ .

$$\begin{aligned} Z_3^* &= \min \begin{cases} A_1 + h_1 D_2 + (h_1 + h_2) D_3, & \text{produce in 1} \\ Z_1^* + A_2 + h_2 D_3, & \text{produce in 2} \\ Z_2^* + A_3, & \text{produce in 3} \end{cases} \\ &= \min \begin{cases} 100 + 1(50) + (1 + 1)10 = 170 \\ 100 + 100 + (1)10 = 210 \\ 150 + 100 = 250 \end{cases} \\ &= 170 \end{aligned}$$

$$j_3^* = 1$$

9. Step 4: Empat pilihan,  $j_4^* = 1, 2, 3, 4$ .



$$Z_4^* = \min \begin{cases} A_1 + h_1 D_2 + (h_1 + h_2) D_3 + (h_1 + h_2 + h_3) D_4, & \text{produce in 1} \\ Z_1^* + A_2 + h_2 D_3 + (h_2 + h_3) D_4, & \text{produce in 2} \\ Z_2^* + A_3 + h_3 D_4, & \text{produce in 3} \\ Z_3^* + A_4, & \text{produce in 4} \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} 100 + 1(50) + (1+1)10 + (1+1+1)50 = 320 \\ 100 + 100 + (1)10 + (1+1)50 = 310 \\ 150 + 100 + (1)50 = 300 \\ 170 + 100 = 270 \end{cases}$$

$$= 270$$

$$j_4^* = 4$$

Jika  $j_t^* = t$ , maka periode terakhir dimana produksi terjadi di periode optimal  $t+1$ , kebijakan periodenya harus dalam bentuk  $\underline{t}, \underline{t+1}, \dots, \underline{t+1}$ .

Contoh:

- Kita produksi di periode 4 untuk periode 4 dari permasalahan 4 periode.
- Kita tidak akan pernah produksi di periode 3 untuk periode 5 dari permasalahan 5 periode.

10. Step 5: hanya ada dua pilihan,  $j_5^* = 4, 5$ .

$$Z_5^* = \min \begin{cases} Z_3^* + A_4 + h_4 D_5, & \text{produce in 4} \\ Z_4^* + A_5, & \text{produce in 5} \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} 170 + 100 + 1(50) = 320 \\ 270 + 100 = 370 \end{cases}$$

$$= 320$$

$$j_5^* = 4$$

- Step 6: Tiga pilihan,  $j_6^* = 4, 5, 6$ .

Dan seterusnya.

Last Period with Production				Planning Horizon ( $t$ )						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>170</b>	320						
2		200	210	310						
3			250	300						
4				<b>270</b>	<b>320</b>	<b>340</b>	<b>400</b>	560		
5					370	380	420	540		
6						420	440	520		
7							440	<b>480</b>	520	610
8								500	520	<b>580</b>
9									580	610
10										620
$Z_t$	100	150	170	270	320	340	400	480	520	580
$j_t$	1	1	1	4	4	4	4	7	7 or 8	8
	<b>Produksi di periode 1 untuk 1,2,3 (20+50+10=80 unit)</b>			<b>Produksi di periode 4 untuk 4,5,6,7 (50+50+10+20=130 unit)</b>				<b>Produksi di periode 8 untuk 8,9,10 (40+20+30=90 unit)</b>		

Produksi di periode 8 untuk 8, 9, 10 ( $40 + 20 + 30 = 90$  units)

Produksi di periode 4 untuk 4, 5, 6, 7 ( $50 + 50 + 10 + 20 = 130$  units)

Produksi di periode 1 untuk 1, 2, 3 ( $20 + 50 + 10 = 80$  units)

$t$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
$D_t$	20	50	10	50	50	10	20	40	20	30	300
$Q_t$	80	0	0	130	0	0	0	90	0	0	300
$I_t$	60	10	0	80	30	20	0	50	30	0	0
Setup cost	100	0	0	100	0	0	0	100	0	0	300
Holding cost	60	10	0	80	30	20	0	50	30	0	280
Total cost	160	10	0	180	30	20	0	150	30	0	580

## 2.6. Model *Economic Order Quantity* (EOQ)

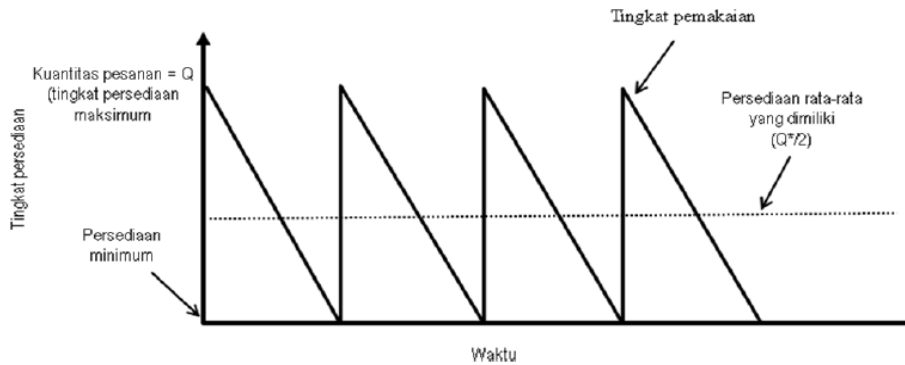
Salah satu keputusan yang harus diambil dalam manajemen persediaan adalah ukuran pesanan. Suatu item yang permintaannya atau kebutuhannya relatif stabil dalam jangka panjang, ukuran pesanan akan berimplikasi pada frekuensi pemesanan dan rata-rata persediaan yang akan disimpan oleh perusahaan. Semakin kecil ukuran pesanan berarti semakin cepat persediaan habis sehingga semakin sering pesanan yang harus dilakukan. Karena biasanya ada ongkos tetap setiap kali pemesanan suatu material atau produk maka ukuran pesanan yang terlalu kecil akan berimplikasi pada ongkos-ongkos tetap pesanan yang terlalu besar. Sebaliknya pesanan dilakukan dalam ukuran besar, perusahaan akan lebih jarang memesan, namun secara rata-rata harus menyimpan persediaan dalam jumlah yang lebih besar.

Salah satu model sederhana yang bisa digunakan untuk menentukan ukuran pesanan yang ekonomis adalah *model economic order quantity* (EOQ). Model ini mempertimbangkan dua ongkos persediaan di atas, yakni ongkos pesan dan ongkos simpan. Ongkos pesan yang dimaksud adalah ongkos-ongkos

tetap yang keluar setiap kali pemesanan dilakukan dan tidak tergantung pada ukuran atau volume pesanan. Sedangkan ongkos simpan adalah ongkos yang terjadi akibat perusahaan menyimpan barang tersebut selama suatu periode tertentu. Bagian terbesar ongkos simpan adalah biaya modal akibat tertahannya uang dalam bentuk barang yang besarnya sama dengan *rate of return* (ROR) dari perusahaan yang bersangkutan. Lebih sederhananya biaya modal ini sering disamakan bunga simpanan di bank (Pujawan, 2005). Teknik EOQ ini dapat digunakan didasarkan pada beberapa asumsi (Heizer dan Render, 2005) :

1. Permintaan diketahui tetap dan bebas.
2. *Lead time* yaitu waktu antara pemesanan dan penerimaan pesanan diketahui dan konstan.
3. Penerimaan persediaan bersifat seketika dan lengkap, dengan kata lain persediaan dari sebuah pesanan tiba dalam satu *batch* sekaligus.
4. Diskon (potongan harga) karena kuantitas tidak memungkinkan.
5. Biaya variabel yang ada hanyalah biaya pengaturan atau pemesanan dan biaya menahan atau menyimpan persediaan dari waktu ke waktu.
6. Kekosongan persediaan (kekurangan) dapat dihindari sepenuhnya jika pemesanan dilakukan pada waktu yang tepat.

Dengan asumsi ini grafik pemakaian persediaan dari waktu ke waktu memiliki bentuk seperti gigi gergaji seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penggunaan Persediaan dalam Waktu Tertentu  
 Sumber : Heizer dan Render, 2005

Salah satu keputusan yang harus diambil dalam manajemen persediaan adalah ukuran pesanan. Penentuan kapan suatu material dipesan, harus ditentukan pemesanan kembali (*re-order point*). *Re-order point* merupakan saat dimana pemesanan kembali harus dilakukan agar barang yang dipesan datang tepat pada saat dibutuhkan. Hal ini berarti perusahaan harus mengamati secara terus menerus tingkat persediaannya sampai *re-order point* tercapai dan tingkat kebutuhan selama *lead time*. Untuk rumusan dari *minimal stock* adalah sebagai berikut:

$$\text{Min. Stock} = S.S \dots\dots\dots(2.1)$$

$$S.S = Z \times Sdl \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Sdl = \sqrt{d^2 \times SI^2 + I \times Sd^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{ROP} = (d \times I) + S.S \dots\dots\dots(2.4)$$

SI dan Sd adalah *standar deviasi lead time* dan *standar deviasi permintaan per periode*. Dengan menggunakan rumus tersebut maka dapat dilihat empat kondisi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5 (Pujawan, 2005).

Variabel permintaan	Variabel	$S_{dl} = S_d \times \sqrt{I}$ Safety stock ditentukan oleh ketidakpastian permintaan	$S_{dl} = \sqrt{(d^2 \times SI^2 + I \times S_d^2)}$ Safety stock ditentukan oleh interaksi dua ketidakpastian
	konstant	$S_{dl} = 0$ Tidak diperlukan safety stock	$S_{dl} = d \times SI$ Safety stock ditentukan oleh ketidakpastian lead time
		konstant	Variabel

Gambar 5. Interaksi antara permintaan dan *lead time* pada penentuan *safety stock*.

Sumber : Pujawan, 2005

Keterangan:

- I : Rata-rata periode *lead time*
- d : Rata-rata permintaan per periode
- SI : *Standard deviation lead time*
- Sd : *Standard deviation* permintaan per periode
- Sdl : *Standard deviation* permintaan dan *lead time*
- S.S : *Safety stock*
- ROP : *Re-order point*

Setelah Re-Order Point diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menentukan berapa jumlah yang harus dipesan.

$$Q = EOQ = \sqrt{\frac{2AB}{UI}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

EOQ = *Economic Order Quantity*

A = Jumlah pemakaian dalam setahun (Pcs)

B = Biaya pemesanan

U = Harga barang atau material

I = Biaya penyimpanan

Perhitungan biaya pemesanan per pesanan dihitung berdasarkan total biaya operasi logistik per tahun dibagi jumlah pesanan per tahun. Total biaya logistik per tahun terdiri dari (Heizer dan Render, 2005) :

1. Gaji karyawan logistik
2. Biaya pengadaan (*Engineering, drawing, alat tulis kantor, dll*)
3. Biaya jasa (faksimil, telpon, pemakaian komputer, jasa pos, dll)

Jumlah pesanan per tahun merupakan keseluruhan jumlah order (surat pesanan) yang dapat dihasilkan atau diterbitkan dalam satu tahun.

Rata-rata *ordering cost per order* = *Inventory carrying cost / Jumlah pesanan per tahun*

*Inventory carrying cost* merupakan keseluruhan biaya yang timbul karena adanya aktifitas pengelolaan persediaan. *Inventory carrying cost* meliputi:

- |  |                     |
|--|---------------------|
| 1. Biaya modal atau investasi persediaan         | 12 - 20 %           |
| 2. Biaya asuransi                                | 2 - 4 %             |
| 3. Biaya penyimpanan                             | 1 - 3 %             |
| 4. Resiko <i>obsolete</i> atau <i>dead stock</i> | 4 - 10 %            |
| 5. Pajak bumi dan bangunan                       | 1 - 3 % + 20 - 40 % |

Menghitung maksimum persediaan adalah sebagai berikut :

$$\text{Max. Stock} = \text{EOQ} + \text{Min. Stock} \dots \dots \dots (2.6)$$

### 2.6.1 Order Formula

Formula ini digunakan untuk material yang jumlah pemakaiannya relatif konstan atau stabil dari satu period eke periode berikutnya. Formula yang digunakan sebagai berikut

$$Q = C (P + T + R) - (S+O).....$$

(2.7) Dimana :

Q = Quality order

C = Permintaan / pemakaian rata –rata dalam 12 bulan terakhir

P = Periodik review

T = Rata –rata Lead time

R = Safety stock.

S = Stock on hand.

O = On order

### 2.6.2 Tingkat Persediaan Rata – rata

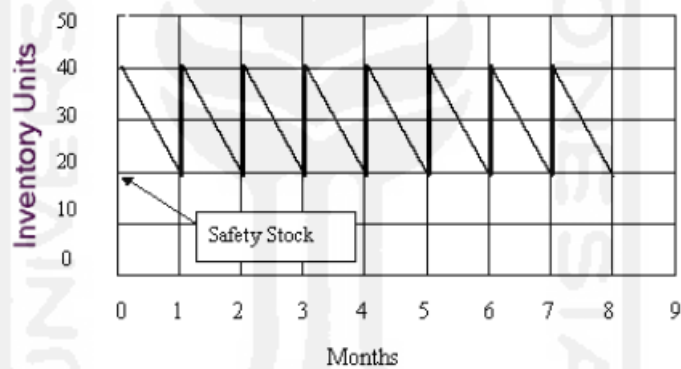
Menurut (*Charles Atkinson, 2005*), cara menentukan tingkat persediaan yang ideal adalah dengan menentukan EOQ (Economic Order Quantity). Ini adalah jumlah yang harus dipesan saat melakukan pembelian. Selanjutnya dengan menentukan Safety Stock (SS).Jumlah ini adalah jumlah yang harus tetap ada saat EOQ datang.Sehingga penjumlahan EOQ + SS adalah jumlah minimum yang harus dimiliki setiap saat. Karena pesanan tidak selamanya datang sesuai dengan



yang direncanakan, maka jumlah maksimum stock yang harus ada adalah penjumlahan minimum stock seperti yang disebutkan di atas ditambah dengan SS, sehingga  $EOQ + SS + SS$ . Dengan demikian Rata – rata persediaan optimal

$$\text{Optimal Average Inventory} = (EOQ + SS + SS)/2$$

Hal yang sama, menurut (Bodenstab, 2010) dalam tulisannya “Optimum Inventory Levels”, tingkat persediaan optimal ditentukan dengan mengplot grafik gigi gergaji yang dihasilkan dari simulasi proses pemesanan kembali (Re Order).



**Gambar : 6.** Grafik gigi gergaji untuk safety stock dan re-order point

Sumber : Bodenstab, CJ, tersedia di <http://www.nbds.com/pages/chpapr22.htm>

Bodenstab menyebut optimum inventory sebagai *Theoretical Optimum Inventory* (TOI). TOI didefinisikan sebagai safety stock ditambah dengan setengah tinggi dari grafik gigi gergaji.

### 2.6.3 Konsep Pengendalian Persediaan di Manufaktur

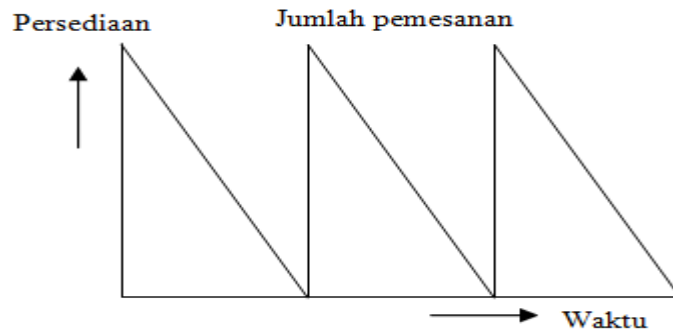
Menurut (Rangkuti, 2007) dalam menghitung jumlah pembelian yang optimal terdapat beberapa kondisi sebagai berikut:

1. EOQ model dengan adanya kebutuhan tetap
2. EOQ model dengan adanya stock out
3. EOQ model dengan adanya kapasitas lebih
4. EOQ model dengan masa tenggang
5. EOQ model dengan adanya kebutuhan tidak tetap
6. EOQ model dengan adanya potongan harga
7. EOQ model dengan asumsi aliran produk berkelanjutan

#### **2.6.4. EOQ Model Pengawasan Persediaan dengan adanya kebutuhan tetap**

Pengawasan persediaan merupakan salah satu fungsi manajemen yang dapat dipecahkan dengan metode kuantitatif. Konsep ini dapat diterapkan baik untuk industri skala kecil maupun industri skala besar. Dengan menganalisa secara kuantitatif proses pengambilan keputusan dapat dipilih secara tepat, sekalipun di dalam perusahaan yang dikelola dengan baik (Rangkuti, 2007).

Model ini hanya dapat diterapkan apabila kebutuhan permintaan di masa yang akan datang memiliki jumlah yang konstan dan relative memiliki fluktuasi perubahan yang kecil. Apabila jumlah permintaan telah diketahui, kita dapat mengasumsikan bahwa jumlah permintaan dan masa tenggang (LT) merupakan bilangan konstan dan diketahui.



Gambar 7. Diagram permintaan dan masa tenggang (LT) diketahui

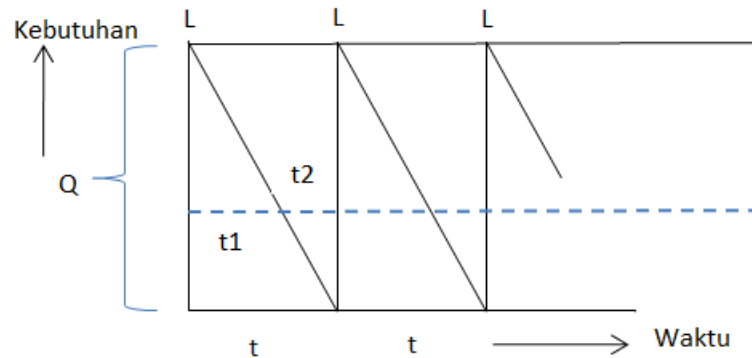
*Sumber : Rangkuti, 2007*

#### 2.6.5. EOQ Model dengan adanya Stock Out

Apabila jumlah permintaan atau kebutuhan lebih besar dari pada tingkat persediaan yang ada, maka akan terjadi kekurangan persediaan atau biasa disebut dengan “stock out”. Pada situasi seperti ini, maka akan ada dua kemungkinan

- a. permintaan akan dibatalkan sama sekali
- b. barang yang kurang akan dipenuhi kemudian

Kemungkinan pertama jelas tidak mungkin dipenuhi, karena akan mempengaruhi citra perusahaan. Satu-satunya jalan adalah dengan menunda sebagian kuantiti di pengiriman selanjutnya. Dengan demikian barang yang masih kurang akan dipenuhi pada putaran produksi berikutnya. Tetapi perusahaan akan menderita kehilangan biaya (Stockout Cost =  $C_p$ ).



Gambar 8. Grafik kondisi Kehilangan biaya (Stockout Cost)

*Sumber : Rangkuti, 2007*

Dengan persediaan awal “L” dan jumlah permintaan “ Q”, maka jumlah kekurangan persediaan sebesar  $Q - L$  pada setiap interval waktu “t”. Kekurangan ini akan dipenuhi pada putaran produksi berikutnya setelah masa tenggang  $t_2$ . Dengan demikian analisis biayanya adalah sebagai berikut:

1. Biaya penyimpanan (holding cost/carrying cost)

Karena tingkat persediaan pada awal pemesanan sebesar L dan habis setelah  $t_1$ , maka rata-rata persediaan selama  $t_1$  adalah  $\frac{1}{2} (L)$ , sehingga

$$\text{Biaya penyimpanan rata-rata} = \frac{1}{2} (L) (t_1) (C_c) \dots\dots\dots(2.8)$$

- L = tingkat persediaan pada awal pemesanan/putaran produksi
- $C_c$  = biaya penyimpanan
- $t_1$  = waktu persediaan awal habis
- $t_2$  = masa tenggang dengan pada saat persediaan awal habis dengan adanya pengiriman persediaan baru
- $Q-L$  = jumlah kekurangan persediaan

2. Biaya pemesanan (ordering cost/set up cost)

Biaya ini timbul akibat adanya pemesanan baru atau dilambangkan dengan  $C_s$ .

3. Biaya kehilangan persediaan (stock out/shortage cost)

Telah disebutkan di atas bahwa jumlah kekurangan persediaan adalah  $Q - L$ .

Maka jumlah kekurangan rata-rata selama waktu  $t_2$  adalah :

$$t_2 = \frac{1}{2} (Q - L), \text{ dan}$$

Jumlah rata-rata biaya kehilangan persediaan adalah

$$\frac{1}{2} (Q - L)(t_2)(C_p)$$

Apabila terjadi peningkatan perputaran produksi atau peningkatan jumlah pemesanan sebesar  $t$ , maka perhitungannya menjadi :

$$Q = D \times t$$

$$\text{Jumlah rata-rata biaya pemesanan adalah} = \frac{1}{2} (L_2)(C_c)/Q \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Jumlah rata-rata biaya kehilangan biaya adalah} : (Q-L)^2 / 2Q \times C_p \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Jumlah rata-rata biaya} : (L_o) = Q(C_p) / C_c + C_p \dots\dots\dots(2.11)$$

Jumlah pemesanan Optimal ( $Q_o$ ) adalah

$$\sqrt{\frac{2(D)(C_s)}{T(C_c)}} \times \sqrt{\frac{C_c + C_p}{C_p}} \dots\dots\dots(2.12)$$

### 2.6.6. EOQ Model dengan adanya kapasitas lebih

Kapasitas lebih dalam persediaan merupakan stok atau persediaan yang disimpan akibat tidak seluruhnya dapat terserap oleh pasar. Jika kecepatan produksi  $P$  satuan setiap hari, jumlah permintaan sebesar  $D$  satuan setiap hari dan waktu antara dua putaran produksi adalah  $t$ . Karena  $Q$  adalah jumlah barang yang diproduksi dalam satu putaran produksi, maka

$$t = \frac{Q}{D} \text{ hari}$$

Lamanya setiap putaran produksi adalah :

$$t^P = \frac{Q}{P} \text{ hari}$$

Karena persediaan bertambah dengan laju  $(P - D)$  setiap hari, maka tingkat persediaan maksimum adalah :

$$Lo = \frac{Q}{P} (P - D) \text{ satuan}$$

.....(2.13)

$$\text{Persediaan rata-rata} = \frac{1}{2} \left[ \frac{Q (P - D)}{P} \right]$$

$$\text{Biaya penyimpanan rata-rata} = \frac{Q (P - D)}{2P} \cdot C_c \text{ .....(2.14)}$$

Karena jumlah putaran produksi =  $(D / Q)$ , maka

$$\text{Biaya set-up rata-rata} = (D/Q) \cdot C_s \dots\dots\dots(2.15)$$

Sehingga jumlah seluruh biaya rata-rata adalah dengan menjumlahkan persamaan (2.14) dan (2.15). Dari kedua persamaan ini diperoleh :

$$Q^2 = \frac{2 D P C_s}{(P-D) C_c}$$

Sehingga produksi optimal dalam satu putaran produksi adalah :

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 D P}{(P-D)} \times \frac{C_s}{C_c}} \dots\dots\dots(2.16)$$

#### 2.6.7. EOQ Model dengan adanya masa tenggang

Masa tenggang diartikan sebagai waktu penundaan antara saat pemesanan dan saat penerimaan. Dengan demikian ada dua kemungkinan masa tenggang, yaitu masa tenggang ( $T_t$ ) < masa putaran produksi atau waktu pesan ( $t$ ) atau  $T_t > t$ . Perlu diingat bahwa jumlah pesanan optimal ( $Q_o$ ) tidak terpengaruh dengan masa tenggang.

- a.  $T_t < t$

Kebutuhan selama masa tenggang =  $D \times T_t$

Jumlah pesanan optimal ( $Q_o$ ) =  $D \times t$

Karena  $T_t > t$ , maka  $D \times T_t < D \times t$ , ini berarti harus dilakukan pemesanan kembali setelah kondisi stock mencapai  $R_o = D \times T_t$

b.  $Tt > t$

Kebutuhan selama masa tenggang =  $D \times Tt$

Jumlah pesanan optimal ( $Q_0$ ) =  $D \times t$

Karena  $Tt > t$ , maka  $D \times Tt > D \times t$ , dan  $R_0 = D \times Tt - (Tt/t) Q_0$

#### 2.6.8. EOQ Model dengan kebutuhan tidak tetap

Model dengan kebutuhan tidak tetap dapat dikelompokkan menjadi single atau multiple model. Asumsi yang dipakai dalam model ini adalah:

- a. Masa tenggang antara waktu pemesanan adalah bersifat stochastic
- b. Permintaan yang tidak dapat dipenuhi selama masa tenggang akan dilakukan pengiriman kemudian (backlog)
- c. Pola distribusi permintaan selama masa tenggang adalah independent waktunya
- d. Pada saat bersamaan tidak ada pemesanan lagi.

Total biaya tahunan untuk model ini adalah rata-rata biaya set up, biaya penyimpanan, dan biaya kehilangan penjualan/persediaan.

### 2.7 Hubungan Persediaan dengan *cash flow* Perusahaan

Sebagaimana diketahui bahwa salah satu fungsi persediaan adalah untuk mengantisipasi permintaan pelanggan yang tiba-tiba naik secara drastis. Sehingga tidak jarang ditemui pada beberapa perusahaan, mereka menumpuk persediaan dalam jumlah yang sangat banyak dan disimpan di beberapa tempat atau gudang. Secara kasat mata, mereka aman dari hal – hal yang disebutkan di atas. Tetapi jika dianalisa secara lebih mendalam, mereka mengalami kerugian dalam hal aliran keuangan (*cash flow*) perusahaan. Biaya yang timbul dari akibat



menumpuk persediaan seperti sewa gudang, kesempatan menggunakan uang untuk keperluan lainnya serta biaya penanganan persediaan tidak dapat berkembang bahkan mengalami resiko hilang karena barang kadaluarsa atau mengalami penyusutan dari sisi kualitas dan kuantitas.

