Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1 Peramalan

2.1.1 Pengertian Peramalan

Perencanaan di masa depan tidak dapat dilakukan dengan berlandaskan pada ketidakpastian (*stochastic*). Sehingga dalam setiap manajemen ketidakpastian tersebut harus diperkecil atau dihilangkan sama sekali, untuk mengatasi hal tersebut maka metode peramalan merupakan salah satu keputusan dari setiap manajemen. Peramalan dapat memberikan gambaran tentang kebutuhan di masa yang akan datang, yang akan berdampak pada setiap perencanaan yang akan dilakukan sehingga mendekati keadaan sebenarnya.

Sebelum menjabarkan tentang metode peramalan ini, maka terlebih dahulu diuraikan tentang definisi dari metode peramalan.

> Metode peramalan merupakan kegiatan memperkirakan tingkat permintaan produk yang diharapkan dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang.

Dalam menggunakan peramalan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan manajemen, maka yang perlu diperhatikan :

1. Bahwa keberhasilan peramalan tidak selalu bermanfaat secara langsung bagi perusahaan dan pihak lainnya, tetapi akan sangat berdampak dimasa yang akan datang.
2. Ada dua peristiwa yang mendukung terhadap keputusan peramalan, yaitu peristiwa eksternal yang diluar kendali (yang berasal dari faktor lingkungan yang diantaranya ekonomi nasional, pemerintah, pelanggan serta pesaing) dan peristiwa internal yang dapat dikendalikan (seperti keputusan perusahaan tentang pemasaran ataupun manufaktur).

Keberhasilan perusahaan tergantung dalam dua hal tersebut, dan peramalan yang baik akan mempunyai peran langsung pada jenis peristiwa pertama (*eksternal*), sedangkan pengambilan keputusan berperan pada jenis peristiwa kedua (*internal*).

Suatu sistem peramalan harus mempunyai kaitan antara ramalan – ramalan yang dibuat pada bidang manajemen yang lain. Jika peramalan ingin berhasil, maka harus diperhatikan adanya saling ketergantungan yang tinggi diantara ramalan berbagi divisi atau departemen yang ada di perusahaan. Sebagai contoh kesalahan dalam proyeksi penjualan dapat menimbulkan reaksi berantai yang mempengaruhi ramalan anggaran, pengeluaran operasi, arus kas, tingkat persediaan, harga, dan lain-lain. Beberapa bagian dari perusahaan dimana peramalan memainkan peranan penting adalah

1. Penjadwalan Sumber Yang Tersedia.

   Penggunaan sumber daya yang efisien memerlukan penjadwalan produksi, transportasi, kas, personalia, dan lainnya. Input yang penting untuk penjadwalan adalah ramalan tingkat permintaan produk, bahan, tenaga kerja, finansial, atau jasa pelayanan.
2. Penyediaan Sumber Daya Tambahan.

   Waktu tenggang (*lead time*) untuk memperoleh bahan baku, menerima pekerja baru, atau membeli mesin dan peralatan berkisar antara beberapa hari sampai beberapa tahun. Peramalan diperlukan untuk memperkirakan kebutuhan dimasa yang akan datang.
3. Penentuan Sumber Daya Yang Diinginkan.

   Setiap perusahaan harus menentukan sumber daya yang ingin dimiliki dalam jangka panjang. Keputusan semacam itu tergantung pada kesempatan pasar, lingkungan, dan pengembangan *internal* dari sumber daya *financial,* manusia, produk, dan teknologi.

2.1.2. Kegunaan Peramalan.

Bila peramalan telah dibuat, suatu manfaat dan tujuan harus dapat diperoleh dan dipersiapkan sehingga dapat mempengaruhi sifat peramalan. Dalam hal ini terdapat tiga kegunaan dari peramalan :

1. Menentukan apa yang dibutuhkan untuk perluasan pabrik.
2. Menentukan perencanaan lanjutan bagi produk – produk yang ada untuk dikerjakan dengan fasilitas – fasilitas yang ada.

3. Menentukan penjadwalan jangka pendek produk – produk yang ada untuk dikerjakan berdasarkan peralatan yang ada.

Sifat peramalan dan metoda perbaikannya adalah ditentukan oleh manfaat yang diharapkan dari ramalan tersebut dan tingkat rincian dalam ramalan tersebut. Dalam ramalan dengan periode panjang, rinciannya akan berkurang sehingga ketelitian peramalan mungkin akan kecil, sedangkan volume ketelitian peramalan secara menyeluruh akan lebih baik.

Sifat produk dan pola permintaan mempengaruhi tipe peramalan yang akan dibuat dan periode waktu yang harus ditempuh atau dijangkau. Peramalan permintaan harus merupakan suatu tipe dan jangkauan waktu tertentu yang tetap mengikuti pola permintaan atau penjualan, sehingga akan diperoleh perencanaan yang mempunyai nilai lebih tinggi. Penggunaan perencanaan dan kegiatan pabrik adalah salah satu fungsi utama dalam peramalan permintaan.

2.1.3 Memilih Metode Peramalan

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret berkala (time series) yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji. Pola data tersebut dapat dibedakan menjadi empat jenis siklisd dan tren :

- Pola Horizontal, terjadi bilamana nilai data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan (deret seperti itu adalah “stationer” terhadap nilai rata-ratanya).
- Pola Musiman, terjadi bilaman suatu deret dipengaruhi oleh suatu faktor musiman (misalnya kuaral tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu).
- Pola Siklis, terjadi bilamana datanya dipenuhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan silklus bisnis.
- Pola Trend, terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data.

2.1.4 Tahapan Peramalan

Ramalan berdasarkan analisis data masa lalu memberikan kemungkinan metode yang diteliti, asalkan terdapat suatu hubungan timbal balik antara masa lalu dengan masa yang akan datang.

Adapun tahapan peramalan yaitu :

1. tentukan kegunaan dari peramalan
2. pilih item-item yang akan diramalkan
3. tentukan horizon waktu peramalan
4. pilih model-model peramalan
5. kumpulkan data yang dibutuhkan
6. tentukan model peramalan
7. lakukan peralaman

Langkah tersebut merupakan langkah-langkah dalam melakukan peramalan secara umum

2.1.5 Metode Peramalan Kuantitatif Yang Dipertimbangkan

Pada bagian ini akan disajikan masalah peramalan dan sapek-aspek yang terkait. Aspek-aspek terkait yang dimaksud adalah : dilakukan peramalan metoda peramalan yang digunakan, faktor pembanding dalam hal pengambilan keputusan, verifikasi peramalan, peramalan yang terpilih, dan akhirnya mengaplikasikan metoda peramalan yang terpilih.

Pada dasarnya peramalan ini bertujuan untuk memeperkecil ketidakpastian yang terdapat pada kecenderungan (trend) dan fluktuasi permintaan yang terjadi diluar pengendalian perusahan. Dalam prakteknya peramalan ini selalu dihadapkan dengan perhitungan yang memerlukan data masa lalu atau selalu tergantung pada data-data histories. Tapi kadang-kadang data yang damaksudkan tidak terdapat pada prusahaan yang bersangkutan, misalnya tidak tersedianya data-data : prmintaan masa lalu, mengenai kapasitas, persediaan, dan lain-lain. Oleh sebab itu diperlukan kemampuan dari para pimpinan puncak untuk dapat mengantisipasi keadaan seperti ini. Berdasarkan pada dua keadaan diatas, maka peramalan dibagi atas dua klasifikasi yaitu peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif.

Jenis-jenis peramalan berdasarkan horizon waktu

Peramalan adalah suatu teknik yang digunakan untuk memperkirakan kodisi suatu sistem dimasa datang, berdasarkan horizon waktunya, tipe peramalan dapat dibagi menjadi dua bagian , yaitu : peramalan jangka panjang dan peramalan jangka pendek.

- Peramalan Jangka Panjang

Adapun yang dimaksud peramalan jangka panjang adalah peraamalan dengan horizon dengan waktu lebih satu tahun, sedangkan yang dimaksud dengan peramalan jangka pendek adalah peramalan dengan horizon waktu sampai dengan satu tahun.

Peramalan jangka panjang digunakan untuk pengambilan keputusan mengenai perencanaan produk dan perencanaan pasar, pengeluaran perusahaan, order pembelian, perencanaan tenaga kerja, dan perencanaan kapasaitas, serta segala pengambilan keputusan yang berhubungan dengan kejadian satu atau beberapa tahun yang akan datang. Lebih tegasnya peramalan jangka panjang ini berorientasi pada pasar atau perencanaan.

Metoda-metoda yang digunakan pada peramalan jangka panjang :

- model Deret Waktu (Time Series)
  - metode Box Jenkins
  - Analisis Waktu Deret Multivariat
- Metode Regresi
  - Metode Regresi Sederhana
  - Metode Regresi Berganda
  - Peramalan Jangka Pendek

Sesuai dengan namanya, peramalan jangka pendek ini juga mempunyai horizon waktu yang pendek yaitu kurang dari satu tahun, serta jangka waktu untuk setiap faktor juga menggunakan horizon waktu yang pendek (kurang dari satu tahun).

Peramalan jangka pendek sangat diperlukan untuk membuat keputusan mengenai penjadwalan persedian, rencana produkjsi jangka pendek, analisa tenaga kerja, proyeksi cash flow, dan penganggaran jangka pendek. Penetapan jadwal induk

produksi untuk bulan yang akan datang atau periode kurang dari satu tahun sangat bergantung pada peramalan jangka pendek.

Metoda-metoda yang digunakan pada jangka pendek :

- ❖ Metoda Perataan (Average)
  - Rataan Nilai Tengah (Mean).
  - Rata-rata Bergerak Tunggal (Singel Moving Average).
  - Rata-rata Bergerak Ganda (Double Moving Average).
- ❖ Metoda Pemulusan (Smooting)
  - Pemulusan Eksponenesial Tunggal : Pendekatan Adaptif.
  - Pemulusan Eksponenesial Ganda : Metoda Linier Satu Parameter dari Brown.
  - Pemulusan Eksponenesial Ganda : Metoda Dua Parameter dari Holt.
  - Pemulusan Eksponenesial Tripel : Metode Kuadratik Satu Parameter dari Brown.
  - Pemulusan Eksponensial Tripel : Metoda Kecenderungan dan Musiman Tiga Parameter dari Winter.

Pada mulanya yang dilakukan oleh para pimpinan puncak perusahaan biasa masih digolongkan masih sederhana. Karena perkembangan ilmu pengetahuan teknologi yang mendukung dilakukannya peramalan, maka lama kelamaan proses peramalan permintaan semakin komplek dan semakin akurat dalam hal ketepatan perhitungan, walaupun kadang-kadang ditemukan hasil actual yang terjadi menyimpang cukup jauh dari hasi prediksi proses peramalan.

Berdasarkan perangkat yang mendukung, proses peramalan dapat digolongkan pada dua jenis peramalan, yaitu : proses peramalan pada secara komputerisasi dapat dihitung dengan non-komputerisasi. Pada proses peramalan secara komputerisasi dapat dihitung dengan menggunakan Software Quantitive Sistem (QS).

Ada banyak metoda peramalan yang bisa digunakan untuk memeprediksi keadaan dimasa yang akan datang, baik yang sifatnya kualitatif maupun kuntitatif. Dalam tugas akhir ini tidak semua metoda yang digunakan, tetapi hanya beberapa metoda saja yaitu beberapa peramalan yang sifatnya kuntitatif. Alasan penggunaan metoda

kuantitatif didasarkan pada tersedianya data histories yang diberiakan oleh perusahaan. Adapun metode peramalan yang dipertimbangkan adalah metoda-metoda sebagai berikut :

2.1.5.1 Metoda Perataan (Average)

Metoda perataan merupakan metode yang dapat digunakan pada pola horizontal. Dalam metoda ini diasumsikan bahwa komponen dalam deret waktu hanyalah konstan dan acak. Tidak terdapat pola musiman, trend atau komponen siklus pada data permintaan saat ini.

Rata-rata nilai tengah

Prosedur atau algaritma :

1. tetapkan suatu deret berkala (kelompok data) untuk dianalisis.
2. lakukan perataan (menghitung rata-rata) terhadao kelompok data tersebut.
3. hasil rata-rata dijadikan autput peramalan, yaitu sebagai data peramalan untuk suatu periode didepan T (horizontal waktu untuk kelompok insialisasi) jadi : nilai X ini akan berlaku sama bagi perode peramalan kedepan, dengan kata lain nilai-nilai peramalan dari periode 1 sampai dengan periode 12 (karena horizon waktu peramalan adalah 12 periode/bulan bernilai senilai X. untuk menghiung nilai et (eror pada saat t) dapat dilakukan dengancara menghitung selisih data histories (X_i) denga data hasil peramalan (F_i). Persamaan berikut akan mewakili perhitungn tersebut :

$$Et = X_t - F_t \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana : X_t = data histories masa lalu periode ke-t

F_t = data hasil peramalan period eke-t

Metoda ini cocok digunakan pada kondisi sebagai berikut ini :

- tidak menunjukan adanya trend (kecenderungan).
- Tidak menunjukan adanya pola permintaan musiman.

Konsekuensi yang timbul jika kita mengunakan metoda ini, tampaknya akan banyak data yang perlu disimpan untuk memenuhi prosedur peramalan, tetapi kenyataanya hanya dua item yang perlu disimpan dengan brgeraknya waktu. Untuk menjelaskan maksud ini perhatikan tabel 2.1

Tabel 2.1

Persamaan peramalan Metoda Rata-rata Nilai Tengah

Perioda	Yang disimpan dari perioda yang lalu	Input pada waktu ini	Output
T		$X1,\ldots\ldots X_T$	$F_{T+1} = \frac{\sum_{i=1}^{T} Xi}{T}$
T +1	T, F_{T+1}	X_{T+1}	$F_{T+2} = \frac{(T \times FT + 2 + XT + 1)}{(T + 2)}$
T +2	T +1, F_{T+2}	X_{T+2}	$F_{T+3} = \frac{(T + 1 \times FT + 2 + XT + 2)}{(T + 2)}$

Halangan utama dalam penggunaan metoda ini adalah tidak adanya deret berkala bisnis yang benar-benar didasarkan atas proses konstan. Jika proses yang mendasi deret-deret berkala bisnis mengalami peningkatan (Step Function), maka nilai tengah yang digunakan sebagai peramalan u8ntyuk perioda mendatang tidak dapat menangkap adanya perubahan yersebut. Dengan kata lain, step function tersebut adalah datanya mengalami perubahan mendadak pada suatu saat.

- Rataan bergerak Tunggal

Salah satu cara untuk mengubah pengaruh data masa lalu terhadap nilai tengah sebagai data masa lalu terhadap nilai tengah sebagai ramalan adalah dengan denagn menentukan sejak awal berapa jumlah nilai observassi masa lalu yang akan dimasukan untuk menghitung nilai tengah. Untuk menggambarkan prosedur ini digunakan istilah rata-rata bergerak (moving average) karena setiap muncul observasi baru, nilai rata-rata baru dapat dihitung dengan membuang observasi yang paling tua (paling lama) dan memesukan nilai observvasi terbaru. Rata-rata bergerak ini kemudian akan menjadi ramalan untuk perioda mendatang. Dapat

dilihat bahwa titik dalam dat setiap rata-ratanya tetap konstan dan observaasi yang dimasukan adalah yang paling akhir.

Diabandingkan dengan metoda rata-rata nilai tenagh (dari semua dat masa laul), rata-rata bergerak tunggal karakteristik sebagai berikut :

a. Hanya menyangkut T perioda terakhir dari data yang diketahui.
b. Jumlah titik data dalam setiap rata-rata tidak beruabah denagn berjalannya waktu.

Tetapi metoda ioni memepunyai kelemahan sebagai berikut :

1. metoda ini mempunyai penyimpanan yang lebih banyk karena semua T observasi terakhir harus disimpan, tidak hanya nilai tengahnya.

metoda ini tidak dapat menanggulangi dengan baik bila adanya trend (kecededndерunagan) atau pola permintaan musiman, walaupun metoda ini lebih baik dibandingkan rata-rata total (nilai tengah).

Prosedur atau algoritma :

1. tetapkan suatu deret bersekala (kelompok data) untuk dianalisis.
2. lakukan perataan (menmghitung rata-rata) terhadap kelompok data tersebut).
3. hasil rata-rata dijadikan output peramalan, yaitu sebagai data peramalan untuk satu perioda didepan T (horizon waktu untuk kelompokm inisialisasi).

Jadi :

Nilai X ini akan berlaku hanya bagi suatu perioda peramalan pertama saja, dengan kata lain nilai-nilai peramalan dari perioda satu sampai dengan perioda 12 selalu beruabah /bergerak. Untuk menghitung nilai et (eror pada saat t) dapat dilakukan dengan cara menghitung selisih data histories dengan data hasil peramalan. Persamaan berikut akan mewakili perhitungan tersebut :

$$E_t = X_t - F_t \text{ …….....(2.2)}$$

Dimana : X_t = data histories masa lalu peroda ke t

F_t = data hasil p[eramalan perioda t

2.1.5.2 Metode Pemulusan (Smooting) Eksponensial : Pemulusan Eksponenesial Tunggal

Pemulusan eksponensial tunggal dapat dikembangkan dari persamaan berikut :

Misalkan observasi yang lamaX_{t-N} tidak tersedia sehingga temaptnya harus digantikan dengan nilai suatu pendekatan (aproksimasi). salah satu pengganti nolai ramalan periode sebelumnya Ft dengan melakukan substitusi persamaan diatas menjadi sebagai berikut :

$$F_{t+1} = F_t + (X_t / N - X_t / N) \ldots\ldots\ldots\

Untuk menerapkan hal yang dimaksudkan tersebut (mengambil jalan tengah anatara dua orientasi yang berbeda), maka pada kesempatan ini beberapa uji statistic yang akan diterapkan pada metoda-metoda peramalan yang lulus dalam verifikasi peramalan. Pengujian pengujian yang dimaksudkan adalah sebagi berikut.

Uji-uji stasistik yang digunakan :

- Uji nilai tengah kesalahan (mean eror) ME.
- Uji nilai tengah kesalahan absolute (mean absolute eror) MAE.
- Uji jumlah kuadrat kesalahn (sum of squared eror) SSE.
- Uji nilai tengah kesalahan kuadrat (mean squared eror) MSE.
- Uji deviasi standar kesalahan (standard deviation of eror) SDE.

- Uji Nilai Tengah Kesalahan (Mean Eror) ME.

$$\text{ME} = \sum_{t=1}^{n} et / n \quad \ldots\ldots\ldots\

dengan mengkuadratkan msaing-masing kesalahan untuk masing-masing item dalam sebuah susunan data dan kemudian memeperoleh data-data atau nilai tengah jumlah kuadrat tersebut. Nilai tengah kesalahan kuadrat tersebut memeberikan bobot yang lebih besar terhadap kesalahan yang besar dari pada kesalahan kecil, sebab kesalahan kecil dikudratkan sebelum dijumlahkan.

2.1.6 Disagregasi.

Pada perencanaan produksi tidak dibahas produk yang diproduksi secara rinci melainkan dalam bentuk agregat, yaitu suatu satuan yang mempresentasikan kumpulan beberapa produk. Agar rencana tersebut dapat diimplementasikan, perlu dilakukan disagregasi dalam jumlah produksi masing – masing produk *item*. Hasil disagregasi ini menjadi jadwal induk produksi dan merupakan masukan untuk perencanaan kebutuhan material.

Terdapat beberapa metoda yang mencoba untuk memecahkan permasalahan disagregasi, baik yang bersifat analitis atau heuristis, antara lain,

1. pendekatan *Hax & Meal.*
2. Pendekatan *Britan & Hax*.
3. Rencana yang lebih tinggi menjadi pembatas atau kendala bagi rencana tingkat rendah.
4. Agregat taktis (*operasional*).
5. Cut and Fit

a. Metode *Britain & Hak*

Berikut ini akan dibahas suatu metoda dengan pendekatan *Britan & Hax*, metode ini terdiri dari dua algoritma yaitu,

1. Algoritma untuk memecahkan rencana agregasi dalam jumlah produk family.
2. Algoritma untuk memecahkan jumlah produk family dalam jumlah produk item.

Langkah pertama prosedur ini yaitu menentukan family mana yang akan diproduksi. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah produk tersedia dan jumlah permintaan setiap produk dalam family. Jika ekspektasi

jumlah produk pada akhir perioda lebih kecil dari persediaan cadangan (*safety stock*), maka seluruh produk family tersebut diproduksi.

Langkah – langkah dalam pengerjaan metoda *Britan & Hax* :

1. Pilih family yang akan diproduksi pada periode bersangkutan.
   - Suatu family akan diproduksi bila salah satu item dari suatu family tersebut memenuhi syarat berikut :

$$I_{ij.t-1} - D_{ij.t} \le S_{ij} \quad \text{.....(2.11)}$$

Dimana :

$I_{ij.t-1}$ = Tingkat persediaan pada akhir periode t – 1 dari item j
$D_{ij.t}$ family I
S_{ij} = Permintaan item j family I pada periode t.
= Cadangan pengaman item j dalam family i.

   - item yang berjumlah kurang dari safety stock harus segera dibuat supaya tidak terjadi kekurangan.
2. Tentukan jumlah yang akan diproduksi dari family yang terpilih dengan menggunakan model knapsack.

$$Min : Z = \sum_{\forall i \in z} \frac{h_i . x_i}{2} + \frac{S_i}{x_i} \sum_{j \in i} k_{ij} . D_{ij.t} \quad \text{.....(2.12)}$$

Subject to :

$$\sum_{i \in z} x_i = x^*$$

$$x_i \ge LB_i$$

$$x_i \le UB_i$$

Dimana :

h_i = Holding cost untuk item dalam family i
x_i
S_i = Jumlah unit I yang diproduksi.
= Ongkos set up untuk family i
k_{ij} = Faktor konversi untuk item j dlm family i

D_{ij} = Permintaan untuk item j pada family i.

x^* = Jumlah rencana produksi menurut perencanaan agregat.

LB_i = Batas Bawah untuk memproduksi family i

UB_i = Batas atas untuk memproduksi family i

z = Set dari family yang akan diproduksi.

Batas atas dan bawah bisa diabaikan bila tidak dikehendaki atau tidak sesuai dengan rencana produksi.

Bila dikehendaki ada batas, dan : $\sum_{\forall i \in z} LB_i \le x^* \le \sum_{\forall i \in z} UB_i$, maka dapat dilakukan algoritma disagregasi family dan algoritma disagregasi item.

- Algoritma Disagregasi Family

Langkah 1 :

Hitung untuk semua $i \in z$:

$$y\frac{\beta}{i} = \frac{\sqrt{S_i \sum_{\forall j \in z} \left(k_{ij}.D_{ij.t}\right)}}{\sum_{i \in z'} \sqrt{S_i \sum_{\forall j \in z} \left(k_{ij}.D_{ij.t}\right)}}.P^{\beta} \quad \text{.....(2.13)}$$

Langkah 2 :

Untuk setiap $i \in z'$:

Jika $LB_i \le y\frac{\beta}{i} \le UB_{i,}$ maka dibuat $y_i^* = y_i^{\beta}$ .....(2.14)

Untuk family lainnya, teruskan ke langkah 3.

Langkah 3 :

Bagi family lain dibagi ke dalan dua kelompok

$z\frac{\beta}{+} = \{\in z\beta : y\frac{\beta}{i} > UB_i\}$ set dari semua family dimana :

$$y\frac{\beta}{i} > UB_i \quad \text{.....}$$

(2.15)

$z\frac{\beta}{-} = \{\in z\beta : y\frac{\beta}{i} > LB_i\}$ set dari semua family dimana :

$$y\frac{\beta}{i} < LB_i \text{ ……}$$

(2.16)

Hitung :

$$\Delta^+ = \sum_{i \in z_+^{\beta}} \left(y_i^{\beta} - UB_i \right) \text{ ……...……..}$$

(2.17)

$$\Delta^- = \sum_{i \in z_-^{\beta}} \left(LB_i - y_i^{\beta} \right) \text{ ……(2.18)}$$

Langkah 4 :

Bila :

$$\Delta^+ \geq \Delta^-, buaty_i^* = UB_i untuksemua \in z_+^{\beta}$$

$$\Delta^+ \geq \Delta^-, buaty_i^* = LB_i untuksemua \in z_-^{\beta}$$

Buat : $\beta = \beta + 1$

Bila : $z^{\beta+1} = 0$, maka stop

Bila : $z^{\beta+1} \neq 0$, maka kembali ke langkah 1 (iterasi 2)

- Algoritma Disagregasi Item.

Langkah 1 :

Untuk setiap family I yang diproduksi, tentukan periode N, dimana :

$$y_i^1 < \sum_{\forall j \in i} k_{ij} \left[\sum_{n=1}^{N} D_{ij.n} - I_{ij.t-1} + SS_{ij} \right] \text{ ……}$$

…...…(2.19)

Langkah 2 :

Hitung error, dengan rumus :

$$E_i = \sum_{\forall j \in i} k_{ij} \left[\sum_{n=1}^{N} D_{ij.n} - I_{ij.t-1} + SS_{ij} \right] - y_i^* \text{ ……..……}$$

(2.20)

Langkah 3 :

Untuk semua item di dalam family I, hitung jumlah produksi dengan rumus :

$$y_i^* = \sum_{n=1}^{N} D_{ij,n} - I_{ij,t-1} + SS_{ij} \frac{E_i . D_{ijN}}{\sum_{\forall j \in i} k_{ij} D_{ijN}} \quad \text{.....(2.21)}$$

b. Pendekatan *Cut and Fit*

Dalam bukunya yang berjudul "*Production and Inventory Control*", Narasimhan menyatakan :

"*Generally, find try out various allocation of capacity for the product in a group until a satisfactory comination is determined, such in approach is called a cut and fit method".*

Proses disaagregasi dengan menggunakan pendektan metode *cut and fit* ini relative lebih seerhana dibandingkan dengan menggunakan metode lainnya. Rumus yang digunakan dalam disagregasi pendekatan *metode cut and fit* :

$$y = \frac{(\text{Demand Agregat} \times \% \text{ Item})}{\text{Faktor Konversi}} \quad \text{.....(2.22)}$$

Dimana :

y : hasil peramalan disagregasi item

% Item : prosentase kebutuhan masing-masing item

Demand Agregat :Agregat plan hasil pengolahan data rencana produksi agregat

2.2 Economic Order Quantity (EOQ)

EOQ merupakan salah satu model pendekatan metode manajemen persediaan dalam perusahaan yang digunakan untuk menentukan kuantitas pesanan persediaan yang meminimumkan biaya pemesanan dan biaya investasi pada persediaan.

2.2.1 EOQ Single Item

Ukuran pesanan yang memperkecil total biaya persediaan dikenal sebagai jumlah pesanan ekonomis (EOQ). Model persediaan tradisional ditunjukkan pada gambar 2.1, dimana Q adalah ukuran pemesanan. Jika penerimaan suatu pesanan, tingkat persediaan adalah Q unit. Unit diambil dari persediaan pada suatu tingkat

permintaan yang tetap, yang digambarkan dalam bentuk garis miring negatif. Ketika persediaan berada pada titik pemesanan ulang (B), suatu pemesanan baru ditempatkan untuk Q unit. Setelah beberapa periode, pesanan diterima dan ditempatkan ke dalam persediaan. Garis tegak menandai banyaknya penerimaan ke dalam inventori. Lot yang baru hanya akan diterima apabila tingkat persediaan mencapai nol, sehingga rata-rata inventori adalah
(Q+0)/2, atau Q/2. ……...….(2.23)

Jika tidak diperbolehkan adanya kekosongan persediaan, total biaya inventori per tahun secara grafis dapat digambarkan seperti pada gambar 2.1 dan dihitung dengan rumus berikut.

Total biaya tahunan = biaya pembelian + biaya pesanan + biaya simpan

$$TC = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} \quad \text{……(2.24)}$$

Dimana :

R = permintaan per tahun

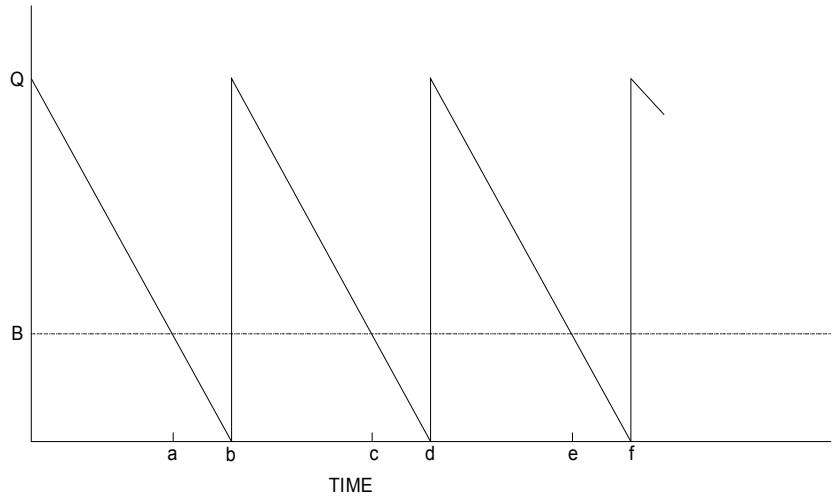
P = biaya pembelian

C = biaya pesan

H = PF = biaya simpan

Q = kuantitas pemesanan

F = biaya simpan tahunan



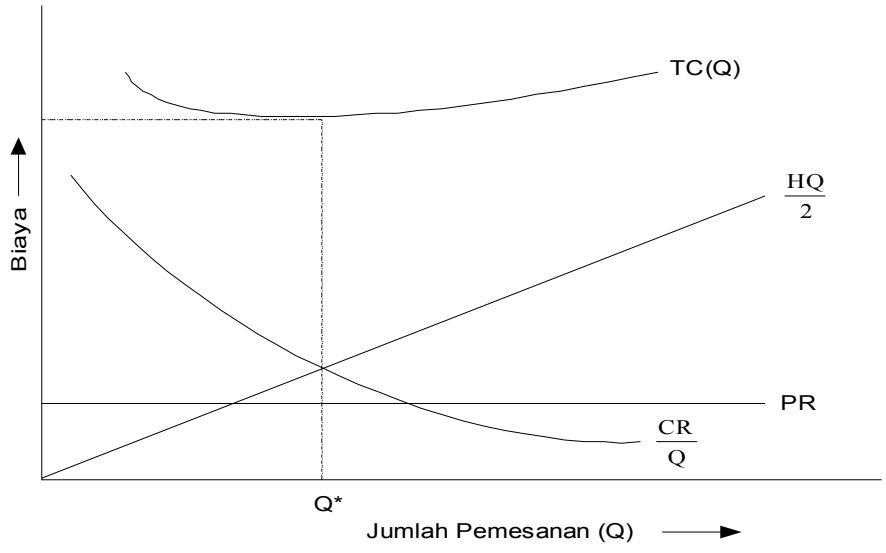
Gambar 2.1 Model Persediaan Tradisional

(Q = kuantitas pemesanan; Q/2 = rata-rata persediaan; B = pemesanan kembali; ac = ce = interval pesanan; ab = cd = ef = lead time)

Biaya pembelian tahunan adalah biaya pembelian per unit (P) dikali jumlah permintaan per tahun (R). Biaya pemesanan per tahun diperoleh dengan mengalikan biaya pemesanan (C) dengan banyaknya pesanan per tahun (R/Q). Biaya penyimpanan per tahun adalah biaya penyimpanan per unit per tahun (H) dikalikan denhgan rata-rata inventori (Q/2). Jumlahan dari ketiga biaya tersebut (pembelian, pemesanan, dan penyimpanan) adalah total biaya inventori per tahun untuk setiap item yang dibeli.

Untuk menentukan ukuran lot dengan biaya minimum (EOQ), langkah pertama adalah dengan menjadikan total biaya per tahun dengan mempertimbangkan ukuran lot (Q) sama dengan nol.

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{H}{2} - \frac{CR}{Q^2} = 0 \quad \text{.....(2.25)}$$



Gambar 2.2 Biaya Persediaan per tahun

Untuk memecahkan persamaan tersebut untuk Q, rumus EOQ didapatkan sebagai berikut:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{H}} = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} = \text{Jumlah Pemesanan Ekonomis} \quad \text{.....(2.26)}$$

EOQ mengakibatkan suatu item dengan biaya unit tinggi sering dipesan dalam jumlah kecil (penghematan investasi inventori yang kecil dibayarkan untuk pesanan yang berulang). Jika biaya pemesanan C adalah nol, pemesanan dilakukan ketika ada permintaan, hal ini menjadikan tidak adanya biaya penyimpanan. Jika biaya penyimpanan H adalah nol, pemesanan hanya dilakukan satu kali dan akan mencukupi permintaan untuk item untuk selamanya.

Sekali jumlah pemesanan ekonomis diketahui, banyaknya pemesanan yang dilakukan sepanjang tahun adalah m, dan waktu antara pemesanan adalah T, dapat ditentukan.

$$\text{Jumlah pemesanan per tahun} = m = \frac{R}{Q^*} = \sqrt{\frac{HR}{2C}} \quad \text{.....(2.27)}$$

$$\text{Interval Pemesanan} = T = \frac{1}{m} = \frac{Q^*}{R} = \sqrt{\frac{2C}{HR}} \quad \text{.....(2.28)}$$

Titik pemesanan ulang diperoleh dengan menentukan jumlhah permintaan yang akan terjadi sepanjang periode lead-time. Ketika posisi stock (persediaan + pemesanan - backorders) mencapai titik pemesanan ulang, maka dilakukan suatu pemesanan sebanyak Q* unit, jumlah pesanan ekonomis. Rumus untuk menentukan titik pemesanan ulang pada lead-time L dinyatakan bulan :

$$B = \frac{RL}{12} = \text{Pemesanan Kembali per unit} \quad \text{.....(2.29)}$$

Jika lead-time L dinyatakan minggu, titik pemesanan ulang dinyatakan dengan :

$$B = \frac{RL}{52} = \text{Pemesanan Kembali per unit} \quad \text{.....(2.30)}$$

Penambahan kembali pesanan tiba pada saat persediaan habis dan menjadikan tingkat persediaan sama dengan jumlah yang dipesan. Jika titik pemesanan ulang kurang dari ukuran lot (B<Q), maka tidak akan ada pemesanan; jika titik pemesanan ulang lebih besar dari ukuran lot (B>Q), selalu ada sedikitnya satu pemesanan.

Total biaya minimum per tahun diperoleh dengan mengganti Q dengan Q* pada perhitungan total biaya tahunan. Rumus sederhana untuk menghitung total biaya yang minimum per tahun adalah :

$$TC(Q^*) = PR + HQ^* \quad \text{.....(2.31)}$$

EOQ model tradisional didasarkan pada asumsi sebagai berikut

1. tingkat permintaan telah diketahui, tetap, dan terus-menerus.
2. lead-time tetap.
3. keseluruhan ukuran lot ditambahkan pada persediaan pada waktu yang sama
4. tidak diijinkan terjadinya kekosongan persediaan; karena permintaan dan lead-time telah diketahui sehingga kekosongan persediaan dapat dihindarkan
5. struktur biaya tetap; biaya pemesanan/setup adalah sama tanpa dipengaruhi ukuran lot, biaya penyimpanan merupakan fungsi linier didasarkan pada rata-rata persediaan, dan biaya pembelian per unit adalah tetap tidak ada potongan karena kuantitas.
6. ada ruang yang cukup, kapasitas, dan modal untuk memperoleh jumlah yang diinginkan.
7. item adalah produk tunggal; hal ini tidak saling berhubungan dengan item inventori lain (tidak ada pesanan yang berhubungan).

2.2.2 EOQ Sensitivitas

Analisis sensitivitas menentukan bagaimana model keluaran akan dipengaruhi oleh perubahan atau kesalahan dalam masukan data (parameter). Jika suatu masukan (*input*) dapat mengasumsikan suatu cakupan nilai yang luas tanpa berpengaruh besar pada keluaran (*output*), maka model ini adalah insensitive (tidak sensitif). Jika suatu perubahan kecil pada masukan bias berpengaruh besar pada keluaran, maka model ini adalah sensitif. Kepekaan (*sensitivitas)* suatu model akan mengetahui ketepatan parameter yang diperlukan untuk model tersebut. EOQ model berasumsi bahwa permintaan tahunan R, biaya simpan H, dan biaya pemesanan C adalah dapat ditentukan (diketahui) dan tanpa variasi. Kesalahan manajemen dalam menentukan paramaters ini akan menyebabkan variasi di dalam keluaran (EOQ dan total biaya variabel). Bagian ini akan meneliti dampak kesalahan penilaian.

Analisis kepekaan dapat bermanfaat beberapa hal, *pertama* semua parameter yang digunakan dalam keputusan inventori adalah diramalkan, maka perlu untuk mengetahui bagaimana kesalahan peramalan bisa mempengaruhi keputusan dan biaya-biaya akhir. Analisis sensitivitas dapat mengetahui apakah prosedur penilaian sekarang adalah cukup, atau diperlukan lagi prosedur lain dengan ketelitian lebih besar. *Kedua*, parameter masukan dapat berubah sewaktu-waktu, maka analisis kepekaan dapat membantu dalam memutuskan bagian mana saja dalam kebijakan inventori yang harus diubah untuk menggambarkan nilai-nilai masukan baru. *Ketiga*, kondisi-kondisi dapat mengetahui jumlah order/pesanan yang adalah di atas atau di bawah EOQ untuk memperhatikan faktor seperti pembatasan kapasitas, efisiensi transportasi, atau pembatasan pengepakan. Analisis sensitivitas dapat digunakan untuk menentukan efek biaya seperti dalam hal pengaturan/penyesuaian.

Dalam suatu sistem ukuran order tetap/pesanan tetap, jumlah order/pesanan yang memperkecil total biaya variabel per tahun menentukan kebijakan inventori yang optimal. Hubungan matematis yang bersangkutan sebagai berikut

$$Q^* = \sqrt{2CR/H} \quad \text{……..……(2.32)}$$

TVC(Q) = biaya pesan + biaya simpan ……...……..(2.33)

$$= \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2}$$

$$TVC(Q^*) = \frac{CR}{Q^*} + \frac{HQ^*}{2} = HQ^* \quad \text{……...……(2.34)}$$

Dengan mengasumsikan terdapat kesalahan di dalam penilaian parameter R, C, dan H dengan faktor kesalahan yang masing-masing X_R, X_C, dan X_H. maka model menjadi:

$$Q = \sqrt{\frac{2CR}{H}\frac{X_C X_R}{X_H}} = Q^* \sqrt{\frac{X_C X_R}{X_H}} = \frac{Q^* \sqrt{X_C X_R X_H}}{X_H} \quad \text{…..……(2.35)}$$

$$\frac{Q - Q^*}{Q^*} = \sqrt{\frac{X_C X_R}{X_H}} - 1 = \text{jumlah kesalahan pemesanan} \quad \text{……(2.36)}$$

Dimana

Q = Kesalahan jumlah pemesanan

Q* = Jumlah pemesanan ekonomis

$$X_R = \frac{\text{Perkiraan permintaan}}{\text{Permintaan sesungguhnya}} = \text{Faktor kesalahan permintaan}$$

$$Xc = \frac{\text{perkiraan biaya pemesanan}}{\text{Biaya pemesanan sesungguhnya}} = \text{kesalahan biaya pemesanan}$$

$$X_H = \frac{\text{Perkiraan biaya simpan}}{\text{Biaya simpan}} = \text{kesalahan biaya simpan}$$

Untuk menentukan sensitivitas total biaya variabel per tahun pada kesalahan dalam parameter masukan, prosedur serupa untuk memasukkan faktor kesalahan ke dalam rumus biaya digunakan:

$$\text{TVC(Q)} = \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} \quad \text{.....(2.37)}$$

$$= \frac{CRX_C X_R X_H}{Q^* \sqrt{X_C X_R X_H}} + \frac{HX_H Q^* \sqrt{X_C} X_R X_H}{2X_H}$$

$$= \left(\frac{CR}{Q^*} + \frac{HQ^*}{2}\right)\sqrt{X_C X_R X_H}$$

$$= \text{TVC(Q*)}\sqrt{X_C X_R X_H}$$

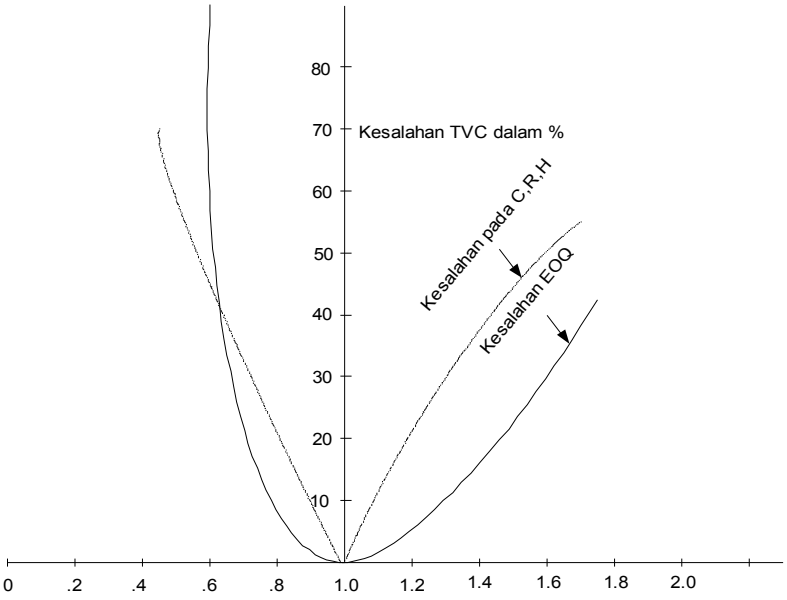
$$\frac{TVC(Q) - TVC(Q^*)}{TVC(Q^*)} = \frac{TVC(Q^*)\sqrt{X_C X_R X_H} - TVC(Q^*)}{TVC(Q^*)} \quad \text{.....(2.38)}$$

$$= \sqrt{X_C X_R X_H} - 1 = \text{kesalahan TVC}$$

Ketika semua faktor kesalahan sama dengan 1, kesalahan TVC (*Total Variabel Cost)* adalah nol. Hal ini jelas pada perumusan di atas bahwa untuk variasi parameter tunggal, pengaruh pada TVC(Q*) adalah sama tanpa tergantung pada parameter (C, R, atau H). Dengan variasi parameter tunggal, pengaruh kesalahan dalam perkiraan C, R, atau H pada sensitivitas TVC ditunjukkan table 3-1 dan gambar 3-4

Error Faktor[a] X_i	Error in TVC (Q*) (%)
0.1	- 68.4
0.2	- 55.3
0.3	- 45.2
0.4	- 36.8
0.5	- 29.3
0.6	- 22.5
0.7	- 16.3
0.8	- 10.6
0.9	- 5.1
1.0	0.0
1.2	+ 9.5
1.4	+ 18.3
1.6	+ 26.5
1.8	+ 34.2
2.0	+ 41.4
2.2	+ 48.3
2.4	+ 54.9
2.6	+ 61.2
.2.8	+ 67.3
3.0	+ 73.2
4.0	+ 100.0

Tabel 2.3 Effek kesalahan C, R, atau H terhadap TVC(Q*)



Gambar 2.3 EQQ Sensitivity

$$\text{Faktor kesalahan} = \frac{\text{nilai yang diperkirakan}}{\text{nilai nyata}} \quad \text{……..……..(2.39)}$$

$$\text{TVC}(Q^*) = \frac{\text{CR}}{Q^*} + \frac{\text{HQ}^*}{2} = \text{HQ}^* \quad \text{……..……...(2.40)}$$

$$\text{TVC}(Q) = \frac{\text{CR}}{Q^* X_Q} + \frac{\text{HQ}^* X_Q}{2} \quad \text{……...…….(2.41)}$$

Dimana

$$X_Q = \frac{\text{EOQ perkiraan}}{\text{EOQ kenyataan}} = \text{Faktor kesalahan EOQ} \quad \text{……(2.42)}$$

Kesalahan pecahan dalam total biaya variabel sebagai berikut:

$$\frac{TVC(Q) - TVC(Q^*)}{TVC(Q^*)} = \frac{\dfrac{CR}{Q^* X_Q} + \dfrac{HQ^* X_Q}{2} - HQ^*}{HQ^*} \quad \text{……..(2.43)}$$

$$= \frac{X_Q^2 - 2X_Q + 1}{2X_Q} = \frac{\left(X_Q - 1\right)^2}{2X_Q}$$

= Kesalahan TVC

Ketika faktor kesalahan EOQ sama dengan 1, kesalahan pecahan TVC adalah nol dan TVC(Q)= TVC(Q*).

Pengaruh kesalahan dalam EOQ pada sensitivitas TVC(Q*) ditunjukkan pada tabel 2.3 dan pada gambar 2.3. Kesalahan di dalam jumlah order/pesanan berkurang ketika diubah ke dalam dampak dari total biaya variabel. Kesalahan penentuan ukuran lot akan menjadikan sedikit peningkatan dalam total biaya variabel. Sebagai contoh, jika ukuran lot salah oleh dua faktor atau lebih sedikit ($0.5Q^* \leq Q \leq 2Q^*$), TVC tidak akan lebih tinggi dari 25% dari minimum. Ini nampaknya hanya hal kecil yang sangat penting sebagai dasar dalam operasional pengendalian persediaan.

Faktor kesalahan EOQ X_Q	Peningkatan TVC (Q*) (%)
0.1	405.0
0.2	160.0
0.3	81.7
0.4	45.0
0.5	25.0
0.6	13.4
0.7	6.4
0.8	2.5
0.9	.6
1.0	0.0
1.2	1.7
1.4	5.7
1.6	11.3
1.8	17.8
2.0	25.0
2.2	32.8
2.4	40.9
2.6	49.3
.2.8	57.9
3.0	66.7
4.0	112.5

Tabel 2.4 Kesalahan Q* pada TVC(Q*)

Seperti ditunjukkan pada gambar 2.3, biaya penalty untuk kesalahan dibawah perkiraan adalah lebih besar dari pada kesalahan dia atas perkiraan. Sebagai contoh, jika kesalahan EOQ pada tingkat 40% di sisi atas (X_Q = 1,40), mengakibatkan hanya peningkatan sebesar 5,7% pada kemungkinan total biaya variable teoritis. Sekali lagi, kesalahan pada sisi yang lebih rendah akan lebih mahal. Kesalahan EOQ sebesar 40% pada sisi bawah (XQ= 0.6) menghasilkan suatu peningkatan 13.4% di atas kemungkinan total biaya variable teoritis. Hal ini menunjukkan adanya kecenderungan umum untuk menaksir pada sisi yang tinggi untuk menghindari biaya penalty yang lebih besar untuk perkiraan yang lebih rendah.

EOQ sensitivitas menyediakan pengertian pada perilaku ekonomi inventori seperti pengukuran dengan tingkat pergantian. Rumusan EOQ menunjukkan bahwa inventori akan meningkat hanya dengan akar kuadrat permintaan. Oleh karena itu,

perputaran inventori dengan tarip tetap tidak dibenarkan seperti peningkatan penjualan.

Dasar model inventori kadang-kadang dipandang dengan kecurigaan karena asumsi yang bersifat membatasi. Jarang sekali ditemukan bahwa kedua permintaan dan biaya dapat diketahui secara pasti, dan dimana jumlah permintan benar-benar konstan.Untungnya, model dasar inventori tidak terlalu sensitif terhadap keslahan pengukuran parameter. Variasi yang luas pada tingkat permintaan parameter biaya parameter tidak mengakibatkan variasi yang luas dalam model keluaran.

Ketidakpekaan model dasar inventori pada kesalahan parameter merupakan suatu yang tidak menguntungkan. Dengan sedikit peningkatan total biaya dari kondisi-kondisi optimal, model dasar tidak memerlukan lagi revisi (perhitungan ulang). Banyak komponen dari parameter biaya sukar diukur, tetapi ketidakpekaan memberikan perkiraan jalan yang secara operasional bermanfaat. EOQ dapat diselesaikan tanpa suatu kerugian yang penting dalam ekonomi. Ukuran order/pesanan dapat ditingkatkan atau diturunkan mendekati ukuran kontainer atau kemasan yang; waktu interval antar order/pesanan dapat diperpanjang atau dipersingkat pada interval waktu berikutnya.

2.2.3 **EOQ Metode Backorder**

Backorder adalah bahwa pesanan akan dipenuhi lebih lambat dari waktu yang ditentukan. Pada kondisi backorder, suatu perusahaan tidak kehilangan penjualan ketika persediaan habis. Sebagai gantinya konsumen menunggu untuk mendapatkan permintaan mereka dipenuhi ketika perusahaan menerima pesanan berikutnya. Bagaimanapun pemesanan backorder mungkin lebih mahal dibandingkan dengan pemesanan rutin, oleh karena itu sering memerlukan penanganan khusus. Backorders mungkin memerlukan harga lebih mahal untuk suatu lead-time yang lebih pendek dari alternatif suatu sumber eksternal. Karena materi backorder membutuhkan biaya tambahan.

Jika tidak ada biaya-biaya yang berhubungan dengan incurring backorders, tidak ada inventori akan disimpan. Jika backorder adalah sangat mahal, maka tidak pernah akan terjadi. Biasanya, terdapat cakupan antara biaya-biaya backorder yang optimal untuk membuat beberapa backorders ke arah sirkulasi inventori. Ketika biaya backorder terbatas, suatu faktor ekonomi mungkin diperoleh dengan mengijinkan kekosongan persediaan. Dalam banyak hal, peningkatan biaya untuk mencukupi kekurangan adalah lebih besar dari pada biaya ganti-rugi pengurangan biaya penyimpanan.

Dalam penanganan backorder, diasumsikan bahwa semua kekurangan dicukupi dari pengiriman berikutnya. Gambar 2.3 menunjukan model persediaan backorder. suatu pemesanan untuk Q unit ditempatkan ketika stock dalam persediaan mencapai titik pemesanan ulang. Tingkat persediaan habis J unit, dan tingkat persediaan maksimum adalah Q - J unit. Biaya backorder per unit per tahun K, dan ini berbanding lurus dengan lamanya waktu penundaan.

Sepanjang waktu periode t_3, dilakukan satu kali pemesanan, sehingga biaya pemesanan C. Kondisi inventory yang positif sepanjang waktunya periode t_1, dan rata-rata biaya penyimpanan selama t_1 adalah sebagai berikut :

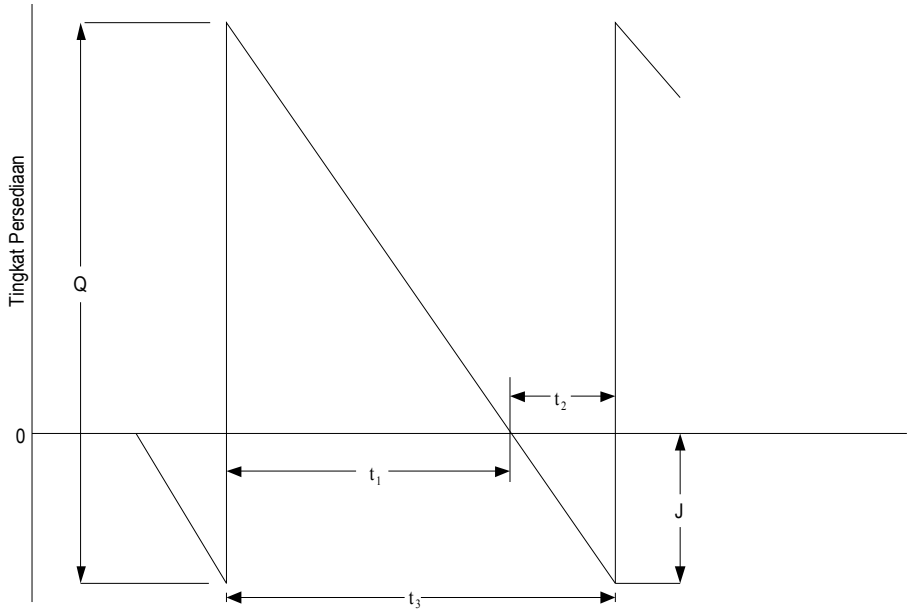
$$\frac{H(Q-J)t_1}{2} = \frac{H(Q-J)^2}{2R} \quad \text{.....(2.44)}$$

Dimana $t_1 = (Q - J)/R$

Periode waktu persediaan habis adalah t_2, dan rata-rata biaya backorder selama t_2 sebagai berikut :

$$\frac{KJt_2}{2} = \frac{KJ^2}{2R} \quad \text{.....(2.45)}$$

Dimana $t_2 = J/R$



Gambar 2.4 Model Persediaan Backorder

Oleh karena itu, total biaya untuk sekali periode t_3 adalah :

$$PQ + C + \frac{H(Q-J)^2}{2R} + \frac{KJ^2}{2R} \quad \text{.....(2.46)}$$

Ketika panjang periode pemesanan R/Q t_3 per tahun, total biaya tahunan diperoleh dengan perkalian R/Q pada persamaan diatas yang menyebabkan :

Total biaya tahunan = biaya persediaan + biaya pesan + biaya simpan + biaya backorder.

$$TC(Q,J) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{H(Q-J)^2}{2Q} + \frac{KJ^2}{2Q} \quad \text{.....(2.47)}$$

Dimana

R = kebutuhan tahunan

P = biaya pembelian

C = biaya pesan

Q = jumlah pemesanan optimum

H = biaya simpan

J = jumlah maksimum backorder

K = biaya backorder

Untuk memperoleh nilai-nilai optimal untuk Q dan J, menjadikan bagian dari total biaya tahunan dengan mengacu pada Q dan J disamakan dengan nol.

- Jumlah pemesanan optimum

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{H}}\sqrt{\frac{H+K}{K}} \quad \text{.....(2.48)}$$

- Maksimal jumlah Backorder

$$J^* = \frac{HQ^*}{H+K} \quad \text{.....(2.49)}$$

Pemasukan biaya backorder meningkatkan Jumlah pemesanan ekonomis, tetapi hal itu mengakibatkan rata-rata persediaan yang lebih kecil, sejak beberapa permintaan backorder. Ketika biaya backorder sangat besar dibandingkan dengan biaya penyimpanan (K>H), H/(H+K) mendekati nol, sehingga banyaknya backorder mendekati nol (secara kasar, tidak ada backorder adalah diperbolehkan). Ketika biaya backorder sangat kecil dibandingkan dengan biaya penyimpanan (K<H), H/(H+K) mendekati satu, sehingga banyaknya backorder mendekati jumlah pemesanan ekonomis (secara kasar semua permintaan adalah backorder).

Total biaya minimum per tahun diperoleh dengan mengganti Q dengan Q* pada perhitungan total biaya tahunan. Rumus total biaya minimum per tahun adalah:

$$\text{TC}(Q^*,J^*) = \text{PR} + \frac{HKQ^*}{H+K} = \text{PR} + \text{KJ}^* \quad \text{.....(2.50)}$$

Ketika backorder diijinkan, penghitungan titik pemesanan ulang dimodifikasi (dikurangi oleh ukuran backorder). Titik pemesanan ulang adalah lead-time dikurangi banyaknya unit backorder, atau

Titik pemesanan ulang = permintaan lead-time – backorder;

$$\text{B} = \frac{RL}{N} - J^* \quad \text{.....(2.51)}$$

Dimana : N = jumlah operasi per tahun

L = lead time

Mengamati titik pemesanan ulang bisa menjadi negatif jika lead-time permintaan lebih kecil dari ukuran backorder. Situasi ini akan mengakibatkan suatu pemesanan tidak akan dipenuhi sampai diperoleh jumlah backorders. Walaupun titik pemesanan ulang mungkin negatif atau positif dengan biaya backorder terbatas, titik pemesanan ulang akan selalu kurang dari lead-time permintaan.

Dengan kebijakan backorder, konsumen harus menunggu. Penundaan waktu yang terpanjang dalam tahun untuk suatu backorder dihitung sebagai berikut:

Waktu menunggu = $\frac{J^*}{R}$ ……..(2.52)

Jika penundaan waktu lebih panjang dibandingkan dengan waktu yang ditentukan, hal ini dapat kurangi dengan meningkatkan K sampai penundaan waktu terpanjang bisa diterima. Pada hakekatnya, K diperlakukan sebagai suatu variabel kebijakan manajemen dalam menentukan penundaan waktu maksimum backorder.

2.2.4 EOQ Quantity Discounts

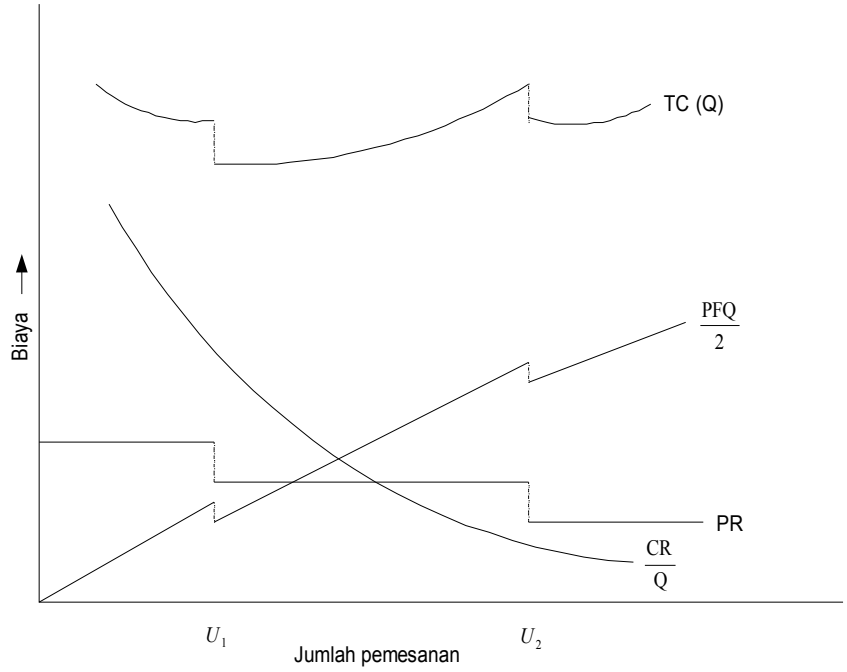
Ini merupakan suatu praktek umum bagi supliers menurunkan harga satuan dalam pemesanan dengan jumlah yang besar sebagai suatu perangsang bagi pembeli supaya membeli dalam ukuran lot lebih besar lagi. Keuntungan penjual dari penjualan dalam jumlah besar dengan mengurangi proses pemesanan per unit dan biaya setup dengan meningkatkan kapaitas penjualan. Keuntungan pembeli adalah dengan berkurangnya ongkos pemesanan dan harga per unit yang lebih rendah. Masalah yang dihadapi oleh pembeli adalah menentukan ukuran lot yang dapat memperkecil total biaya.

Terdapat dua jenis umum quantity discount, yaitu *all-unit discount dan incremental discount.* Pada a*ll-unit discount* pengadaan dengan jumlah yang lebih besar mengakibatkan suatu harga satuan lebih rendah. Pada *incremental discount*, bagaimanapun juga pnerapan harga per unit yang lebih rendah hanya bagi pengadaan unit dengan kuantitas yang lebih besar dari yang ditetapkan. Maka, *all-unit discount* mengakibatkan harga satuan yang sama dalam suatu lot, sedangkan *incremental discounts* dapat mengakibatkan berbagai tingkat harga satuan yang

berbeda. Jumlah pada setiap perubahan harga disebut dengan *prices-break quantities*.

2.2.5 EOQ All-Units Quantity Discounts

Rumusan dasar ukuran lot ekonomis mengasumsikan harga pembelian per unit adalah tetap. Pada *quantity discounts,* rumusan EOQ tradisional tidaklah cukup. Ketika potongan harga (diskon) ditawarkan, fungsi objektif adalah tetap untuk menemukan titik biaya minimum pada kurva total biaya. Bagaimanapun juga, kurva total biaya tidak berkesinambungan, sehingga gambaran pertama tidak menunjukkan titik biaya minimum seperti semula ketika tanpa menggunakan diskon. Quantity diskon menciptakan suatu discountinuitas (ketidaksinambungan) atau pemisahan dalam kurva total biaya. Gambar 2.5 meninjukkan situasi hipotetis dengan dua potongan harga (*price break*). Titik biaya yang minimum terjadi pada salah satu titik ketidaksinambungan (*discontinuitas*) atau ketika sama dengan nol seperti ditentukan oleh EOQ.



Gambar 2.5 Biaya Persediaan all-unit quantity discount

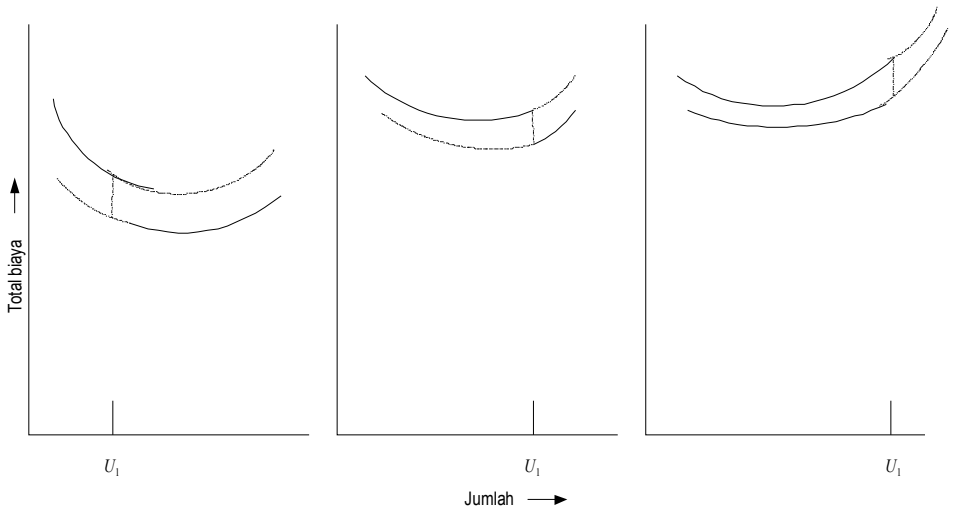
Dengan *all-unit quantity discount*, oleh supplier pembeli diberikan perencanaan harga yang tetap pada rentang jumlah j seperti harga perunit adalah sama untuk

setiap unit dalam satu order dan berkurang seiring deengan peningkatan ukuran order. Biaya pembelian per unit dapat digambarkan sebagai berikut:

$$P_i = \begin{cases} P_0 \text{ for } U_0 \le Q < U_1 \\ P_1 \text{ for } U_1 \le Q < U_2 \\ P_j \text{ for} U_j \le Q < U_{j+1} \end{cases} \quad \text{.....} \quad \text{....(2.53)}$$

Dimana $U_1 < U_2 < \text{.....} < Uj$ adalah urutan bilangan bulat jumlah di mana perubahan harga terjadi. U_0 adalah jumlah minimum yang dapat dibeli (biasanya satu), dan U_{j+1} adalah jumlah maksimum (biasanya tidak terbatas). P_i menandakan biaya pembelian per unit yang dapat digunakan untuk ukuran lot pada interval U_1 to U_{i+1} dengan P0> P1 >..... Pj

Gambar 2.6 menunjukkan tiga kemungkinan kondisi yang mungkin terjadi dengan satu kali perubahan harga. Hanya bagian kurva dengan garis padat pada kurva biaya total yang relevan; bagian kurva dengan garis putus-putus tidak dapat dicapai. Kurva dengan garis padat menunjukkan fungsi biaya yang dapat diterapkan pada rentang jumlah tersebut. Kurva dengan garis putus menggambarkan perpanjangan fungsi biaya ke daerah yang tidak bisa diterapkan. Permasalahannya adalah untuk menemukan titik biaya terrendah pada bagian kurva yang padat. Oleh karena ketidaksinambungan kurva, jumlah dengan biaya terrendah tidak selalu dapat ditemukan dengan menggunakan perbedaan.

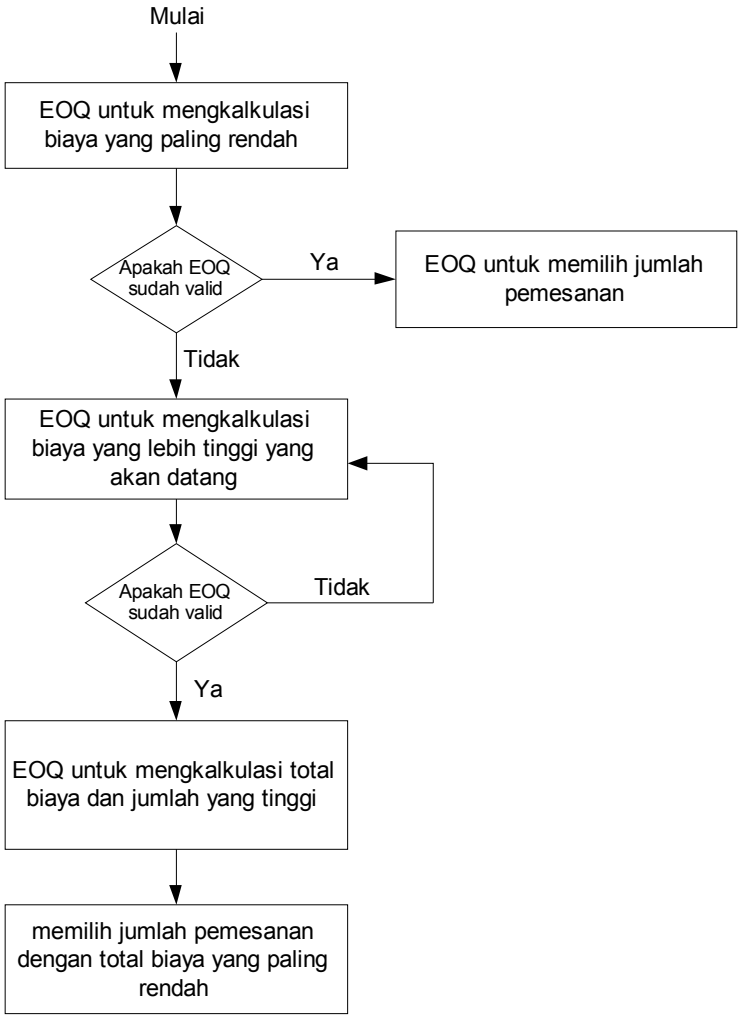


Gambar 2.6 All-quantity discount

Dengan *all-unit quantity discount*, kurva total biaya dipisahkan untuk setiap harga per unit. Setiap kurva hanya menggambarkan satu bagian rentang kuantitas dimana setiap harga berlaku. Hasilnya adalah kurva total biaya dengan langkah-langkah (ketidaksinambungan/*discontinuity*) pada kuantitas perubahan harga (*price break)*. Walaupun kurva untuk masing-masing harga per unit mempunyai suatu titik minimum (EOQ), namun itu tidaklah perlu. Ketika biaya-biaya penyimpanan ditetapkan sebagai pecahan biaya pembelian per unit, masing-masing kurva akan mempunyai EOQ berbeda. Biaya pembelian per unit terrendah mengakibatkan penurunan biaya penyimpanan per unit dan memperbesar EOQ. Dengan meminimalkan setiap bagian pada salah satu kurva total biaya pada jumlah pesanan ekonomis (EOQ) atau kuantitas perubahan harga (*price-break quantity*), maka keseluruhan ukuran lot optimum dapat diperkecil ke arah jumlah order ekonomis dan kuantitas perubahan harga yang dimungkinkan.

Berikut adalah prosedur, seperti digambarkan pada gambar 2.7, untuk menentukan jumlah order dengan biaya minimum dengan tersedianya satu atau lebih *all-unit quantity discount.*

1. Mulai dengan biaya unit yang paling rendah, hitung EOQ pada setiap unit biaya sampai diperoleh EOQ.
2. Hitung total biaya tahunan EOQ dan semua kuantitas potongan harga (*price-break*) dimana jumlah kuatitas potongan harga (*price-break*) lebih besar dari EOQ (kuantitas *price-break* merupakan yang paling rendah ketika ada potongan harga).
3. Pilih kuantitas dengan total biaya yang paling rendah pada langkah 2 di atas.



Gambar 2.7 Logika All-quantity discount

Dikarenakan jumlah kuntitas diskon tidak merubah permintaan atau lead time, maka tidak akan berpengaruh pada titik pemesanan kambali (*reorder point)*.

2.2.6 EOQ Incremental Quantity Discounts

Pada situasi ini, pembeli diberi daftar harga dengan rentang kuantitas yang tetap seperti biaya pembelian unit terkecil hanya bisa berlaku pada rentang kuantitas diskon tertentu. Daftar harga adalah sebagai berikut

$$P_i = \begin{cases} \text{PO} & \text{for each U0 to U1 1} \\ \text{P1} & \text{for each of the next U1 to U2 1} \\ . & \\ \text{Pj} & \text{for each of the next Uj to Uj+1} \end{cases} \quad \text{.....}$$

…(2.54)

dimana U1< U2<...< Uj adalah urutan jumlah kuantitas dimana perubahan harga terjadi, dan P0 > P1>...Pj. Dengan potongan harga di atas, biaya pembelian per unit untuk ukuran lot Q tidak tetap dimana $U_i \leq Q < U_{i+1}$. Biaya pembelian untuk lot berukuran Q adalah sebagai berikut:

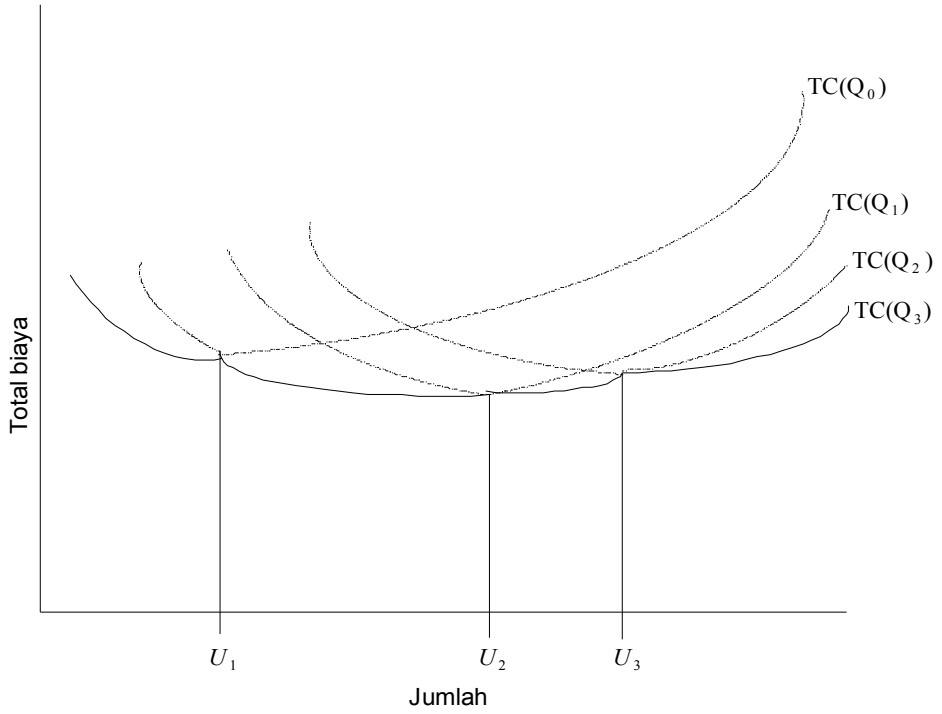
$$M_i = D_i + P_i Q \quad \ldots\ldots\ldots\

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2R(C+D_i)}{P_iF}} = \sqrt{\frac{2R\left[C+\sum_{e=1}^{i}(U_{e-1}-P_e)\right]}{P_iF}} \quad \text{.....(2.59)}$$

dengan i = 1,2,...,j. Lalu, rumusan di atas tak lain hanya rumus EOQ yang dimodifikasi dengan penambahan biaya material kedalam biaya pemesanan.

Karena kurva total biaya pada incremental discount berkesinambunga, maka total biaya minimum akan selalu terjadi pada EOQ. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.8, beberapa EOQ yang sah mungkin merupakan jumlah lot optimum, dan setiap EOQ sah harus diperiksa ulang. Ukuran jumlah maksimum ditentukan dengan menghitung biaya total biaya per tahun untuk setiap EOQ sah. EOQ sah jika $U_i < Q_i^* < U_{i+1}$ (EOQ harus berada pada rentang kuantitas yang diperlukan untuk perubahan harga). Prosedur berikut akan menentukan ukuran lot optimum dengan incremental quantity discount.

1. Hitung EOQ untuk setiap unit biaya pembelian
2. Tentukan EOQ yang sah
3. Hitung total biaya untuk setiap EOQ yang sah
4. Pilih EOQ yang sah dengan total biaya yang paling rendah.



Gambar 2.8 Incremental Quantity Discount

Keuntungan pembelian dengan quantity discount adalah biaya per unit lebih rendah, biaya pemesanan/order per tahun lebih rendah, kehabisan persediaan lebih sedikit, biaya pengiriman lebih rendah, dan menghindari terjadinya kenaikan harga. Kerugian-kerugian dari pembelian quantity discount adalah tingkat persediaan lebih besar, resiko keusangan meningkat, perputaran inventori lebih lambat, dan stock lebih lama.

2.2.7 EOQ Special Sale Prices

Sewaktu-waktu Penyalur bisa memberikan potongan harga satuan dari suatu item selama periode pengisian reguler. Alasan terjadinya pemotongan harga adalah untuk mencoba mengurangi tingkat persediaan. Reaksi logis adalah menemukan suatu item yang dijual selama periode pengisian reguler dengan memesan unit tambahan untuk mengambil keuntungan dari pengurangan harga yang berumur pendek. Jika suatu order/pesanan khusus dikeluarkan, maka manajemen harus menentukan ukuran jumlah optimum order/ pesanan.

Dengan mengasumsikan bahwa ketika suatu order dikeluarkan, sedang terjadi pemotongan harga item. Harga noral item adalah P, tetapi harga pembelian bisa menjadi *P-d*, dimana *d* adalah pengurangan harga satuan. Pada penjualan selanjutnya, harga item akan kembali ke *P*. Jumlah kuantitas pesanan sebelum dan setelah penurunan harga adalah:

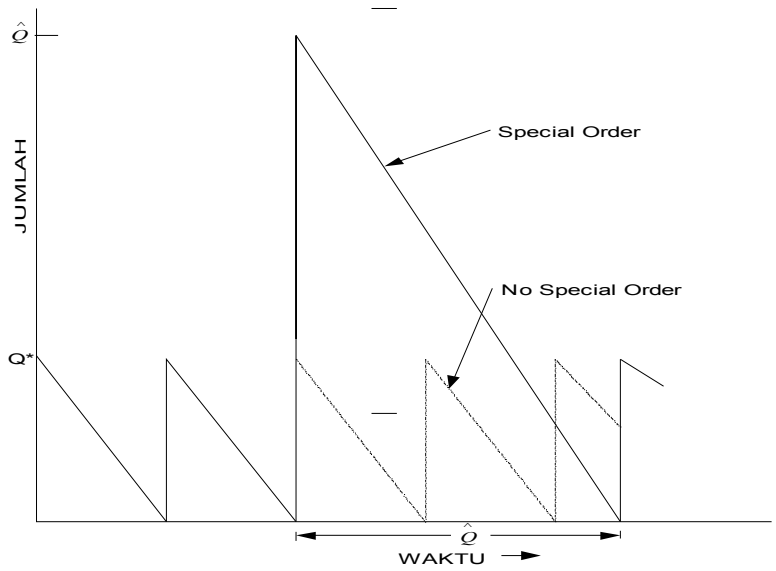
$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} \quad \text{.....} \quad (2.60)$$

Untuk menentukan ukuran order/pesanan khusus optimal, perlu memaksimalkan perbedaan biaya sepanjang periode waktu $\hat{Q}/R$ dengan atau tanpa pesana khusus. Kondisi inventori secara grafis dapat dilukiskan seperti pada gambar 2.9. Total biaya sepanjang periode $\hat{Q}/R$, dengan order/pesanan khusus pada harga satuan *P-d* adalah sebagai berikut:

Total biaya = biaya pembelian + biaya simpan + biaya pesan

$$TC_S = (P-d)\hat{Q} + \frac{\hat{Q}}{2}(P-d)\frac{F\hat{Q}}{R} + C \quad \text{.....} \quad (2.61)$$

$$= (\text{P- d})\hat{\text{Q}} + \frac{(\text{P} - \text{d})\text{F}\hat{\text{Q}}}{2\text{R}} + \text{C}$$



Gambar 2.9 Special Sale Price

Apabila dalam periode $\hat{\text{Q}}$/R tidak terjadi pemesanan khusus, total biaya order/pesanan pertama dengan harga unit *P-d* dan seluruh order/ pesanan berikutnya dengan harga *P* adalah sebagai berikut:

$$\text{TC}_\text{n} = (\text{P} - \text{d})\text{Q}^* + \text{P}(\hat{\text{Q}} - \text{Q}^*) + \frac{\text{Q}^*}{2} + (\text{P} - \text{d})\frac{\text{FQ}^*}{2\text{R}} \quad \text{.....} \quad (2.62)$$

$$+ \frac{Q^*}{2}PF\frac{(Q - \hat{Q}^*)}{R} + \frac{C\hat{Q}}{Q^*}$$

$$= \text{P}\hat{\text{Q}} - \text{dQ}^* - \frac{\text{dF}(\text{Q}^*)^2}{2\text{R}} + \frac{\text{PFQ}^*\hat{\text{Q}}}{\text{Q}^*}$$

Dimana

D = pengurangan harga satuan

P = biaya pembelian satuan sebelum potongan

C = biaya pemesanan per pesanan

F = pecahan biaya penyimpanan per tahun

R = permintaan per tahun dalam unit

Q* = kuantitas order/ pesanan ekonomis dalam unit

$\hat{Q}$ = ukuran order/pesanan khusus dalam unit

Untuk menemukan ukuran order/pesanan khusus yang optimal ($\hat{Q}^*$), perbedaan total biaya harus maksimal, sehingga langkah awal dibuat sama dengan nol:

$$g = TC_n - TC_S = \text{biaya pemesanan khusus} \quad \text{.....(2.63)}$$

$$= \left(d + \frac{2C}{Q^*}\right)\hat{Q} - \frac{(P-d)F\hat{Q}^2}{2R} dQ^* - \frac{dF(Q^*)^2}{2R} - C$$

$$\frac{dg}{dQ} = d + \frac{2C}{Q^*} - \frac{(P-d)F\hat{Q}}{R} = 0$$

$$\hat{Q}^* = \frac{dR}{(P-d)F} + \frac{PQ^*}{P-d} = \text{jumlah kuantitas pesanan optimum} \quad \text{.....(2.64)}$$

Sebagai catatan bahwa ketika potongan harga satuan adalah nol (d=0), rumus untuk mendapatkan jumlah kuantitas order/pesanan optimum kembali pada rumus EOQ semula dan penghematan biaya sama dengan 0 (g = 0). Dengan menggantikan $\hat{Q}$ dengan $\hat{Q}^*$ pada rumus penghematan biaya g, maksimum jumlah biaya yang dihemat adalah:

$$g^* = \frac{C(P-d)}{P}\left(\frac{Q\hat{}^*}{Q^*} - 1\right)^2 \quad \text{.....(2.65)}$$

Karena g selalu positif, maka perlu dilakukan pemesanan khusus ketika terjadi potongan harga pada rentang waktu pengisian ulang normal.

Rumusan optimasi yang sebelumnya untuk pemesanan khusus mengasumsikan bahwa pemotongan harga item sementara terjadi pada waktu normal untuk pengisian kembali (pada waktu stok mencapai titik pemesanan kembali). Dalam beberapa hal, potongan harga sementara berakhir sebelum waktu pengisian normal, dan manajemen harus memutuskan jika order/pesanan khusus harus

dilakukan setelah mencapai waktu pemesanan ulang (*reorder point*). Jika order khusus harus dilakukan sebelum waktu pengisian/pemesanan kembali dan posisi stok *q* unit pada pada saat waktu pemesanan ulang, rumus optimasinya adalah:

$$\hat{Q}^* = \frac{dR}{(P-d)F} + \frac{PQ^*}{P-d} - q \quad \text{.....(2.66)}$$

$$g^* = C\left[\left(\frac{\hat{Q}}{\sqrt{\frac{P}{P-d}}Q^*}\right)^2 - 1\right] \quad \text{.....(2.67)}$$

Dalam hal ini, melakukan pemesanan khusus tidak selalu menguntungkan. Penghematan biaya hanya terjadi jika ukuran pesanan khusus melebihi $\sqrt{P/(P-d)}$ kali jumlah kuantitas order/pesanan ekonomis (EOQ). Peraturan pengambilan keputusan untuk menempatkan order/ pesanan khusus untuk $\hat{Q}^*$ hanya ketika $\hat{Q}^*$ $> \sqrt{P/(P-d)}Q^*$, jika $\hat{Q}^* \leq \sqrt{P/(P-d)}Q^*$ dan mengabaikan penjualan khusus dan menempatkan order/pesanan untuk Q* pada waktu titik pemesanan ulang. Tambahan untuk rumusan di atas untuk $\hat{Q}^*$ dengan menggambarkan lead time untuk pengsisian kembali sama dengan nol, Jika lead time tidak sama dengan nol, posisi stock *q* pada waktu terjadi order/pesanan khusus harus dikurangi dengan lead-time permintan (titik pemesanan ulang)

2.2.8 EOQ Known Price Increases

Penyalur bisa memberitahukan bahwa harga suatu item akan naik pada beberapa waktu yang akan datang. Seperti harga penjualan khusus, tanggapan logis adalah memesan beberapa unit tambahan untuk mengambil keuntungan dari harga yang lebih rendah. Jika suatu order/pesanan khusus dilakukan sebelum terjadi kenaikan harga, maka tanggung jawab manajemen adalah menentukan ukuran order/ pesanan tersebut.

Dengan mengasumsikan bahwa harga suatu item akan meningkat menjadi k pada beberapa hari t_1. Biaya pembelian unit sebelum t_1 masih berharga P, tetapi setelah t_1 akan berharga P+K, maka jumlah kuantitas pembelian sebelum kenaikan harga terjadi adalah:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} = \text{EOQ sebelum harga naik} \quad \text{.....(2.68)}$$

Karena harga pembelian selanjutnya akan menjadi harga baru (P+k), ukuran lot optimum akan menjadi:

$$Q_a^* = \sqrt{\frac{2CR}{(P+k)F}} = Q^* \sqrt{\frac{P}{P+k}} \quad \text{EOQ sesudah harga naik}$$

Dengan mengasumsikan bahwa waktu pengisisan kembali sama dengan nol, dapat diketahui kondisi harga item dapat dilukiskan seperti pada gambar 2.10. Peningkatan harga terjadi sebelum stok habis, dan ini sangat tidak menguntungkan untuk pengisian ulang normal. Seperti ditunjukkan oleh garis padat, order/ pesanan khusus $\hat{Q}$ dilakukan pada t_1, ketika posisi stock *q* unit. Pembelian berikutnya terjadi pada waktu t_3 setelah selang beberapa waktu ($\hat{Q}$ + q)/R (setelah order/pesanan khusus dilakukan). Jika tidak dilakukan order/pesanan khusus maka pembelian berikutnya akan terjadi waktu t_2, beberapa waktu setelah *q/R* (setelah stock habis). Untuk ukuran order/pesanan khususyang optimal, perlu memaksimalkan perbedaan biaya dari t_1 ke t_3 atau selama ($\hat{Q}$ + q)/R dengan atau tanpa order/pesanan khusus.

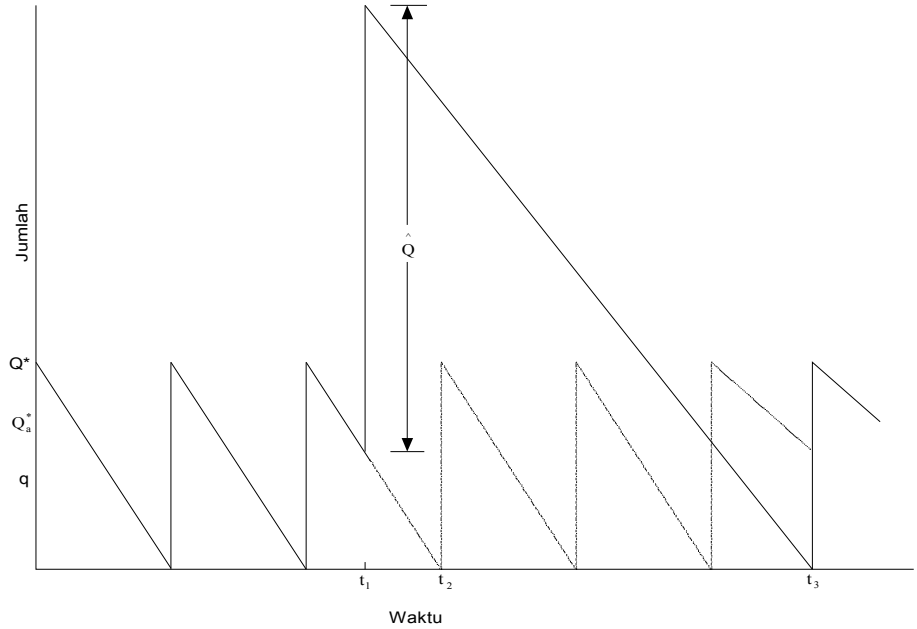
Ketika dilakukan order/pesanan khusus, total biaya sepanjang periode ($\hat{Q}$ + q)/R, adalah sebagai berikut:

Total biaya = biaya pembelian + biaya simpan + biaya pesan

$$TC_S = P\hat{Q} + \hat{Q}PF\frac{q}{R} + \frac{\hat{Q}}{2}PF\frac{\hat{Q}}{R} + \frac{q}{2}PF\frac{q}{R} + C \quad \text{.....(2.69)}$$

$$= P\hat{Q} + \frac{PFq\hat{Q}}{2} + \frac{PF\hat{Q}^2}{2R} + \frac{PFq^2}{2R} + C$$

Jika pada periode ($\hat{Q}$ + q)/R tidak dilakukan order/pesanan khusus, maka total biaya ketika semua order/pesanan dibeli dedngan harga satuan P + k sebagai berikut:



Gambar 2.10 Known Price Increases

$$TC_n = (P+k)\hat{Q} + \frac{Q_a^*}{2}(P+k)F\frac{\hat{Q}}{R} + \frac{q}{2}PF\frac{q}{R} + \frac{C\hat{Q}}{Q_a^*} \quad \text{.....(2.70)}$$

$$= (P+k)\hat{Q} + \frac{(P+k)FQ_a^*\hat{Q}}{2R} + \frac{PFq^2}{2R} + \frac{C\hat{Q}}{Q_a^*}$$

$$= (P+k)\hat{Q} + \frac{(P+k)FQ_a^*\hat{Q}}{R} + \frac{PFq^2}{2R}$$

Dimana:

k = peningkatan harga

P = biaya pembelian per unit sebelum kenaikan harga

C = biaya pemesanan per sekali pesan

F = biaya penyimpanan pertahun satuan

R = permintaan per tahun dalam unit

Q = posisi stok dalam unit ketika dilakukan order/pesanan khusus

Q* = kuantitas order/pesanan ekonomis sebelum kenaikan harga

Q_a^* = kuantitas order/pesanan ekonomis setelah kenaikan harga

$\hat{Q}$ = ukuran order/pesanan khusus dalam unit

$\hat{Q}/Q_a^*$ = jumlah order/pesanan dengan ukuran Q_a^* ke t_2 ke t_3

Untuk menentukan ukuran order khusus yang optimal ($\hat{Q}^*$), keseluruhan perbedaan biaya harus maksimal, sehingga perhitungan awal sama dengan nol:

$$g = TC_n - TC_S = \text{biaya pemesanan khusus} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.71)$$

$$= \left(k + \frac{(P+k)FQ_a^*}{R} - \frac{PFq}{R} \right)\hat{Q} - \frac{PF\hat{Q}^2}{2R} - C$$

$$\frac{dg}{d\hat{Q}} = k + \frac{(P+k)FQ_a^*}{R} - \frac{PFq}{R} - \frac{PF\hat{Q}}{R} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.72)$$

$$\hat{Q}^* = \frac{kR}{PF} + \frac{(P+k)Q_a^*}{P} - q \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.73)$$

dengan menggantikan Q* dengan $\hat{Q}^*$ dalam rumus penghematan biaya g, penghematan maksimum adalah:

$$g^* = C\left[\frac{P}{P+k}\left(\frac{\hat{Q}^*}{Q_a^*} \right) - 1 \right] = C\left[\left(\frac{\hat{Q}^*}{Q^*} \right)^2 - 1 \right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.74)$$

Order khusus $\hat{Q}^*$ akan mengakibatkan penghematan biaya hanya jika g* > 0, dan ini hanya terjadi jika $\hat{Q}^*$/Q* lebih besar dari 1. Maka, order/pesanan khusus harus dilakukan hanya jika ukuran order khusus tersebut lebih besar dari Q* (EOQ pada harga satuan P).

Pada rumusan untuk ukuran order/pesanan khusus diperoleh untuk suatu lead-time pengisian ulang sama dengan nol. jika lead-time tidak sama dengan nol, posisi stock q ketika dilakukan order/pesanan khusus harus dikurangi oleh lead-time permintaan (titik pemesanan ulang).

Rumusan optimasi sebelumnya untuk ukuran order/pesanan khusus mengasumsikan bahwa peningkatan harga terjadi ketika posisi stock positif dan tidak ada keuntungan dengan pengisian ulang normal. Jika order/pesanan khusus dilakukan dalam rentang waktu pengisian ulang (ketika posisi stock mencapai titik pemesanan ulang), rumus optimasinya adalah:

$$\hat{Q}^* = \frac{kR}{PF} + \frac{(P+k)Q_a^*}{P} \quad \text{.....(2.75)}$$

$$g^* = C\left[\frac{\hat{Q}^*}{Q^*} - 1\right]^2 \quad \text{.....(2.76)}$$

Karena g* selalu positif, selalu diinginkan melakukan order/pesanan khusus ketika ditemui adanya indikasi kenaikan harga pada rentang waktu pengisian ulang reguler.

Harga penjualan khusus dan peningkatan harga yang diketahui bisa menandai adanya keinginan untuk meningkatkan ukuran order/pesanan. Dalam menentukan peningkatan ukuran order/pesanan perlu mempertimbangkan batasan penyimpanan, batasan modal, daya tahan rak, kemungkinan perubahan rancang bangun, dan potensi perubahan permintaan. Beberapa organisasi mempunyai kebijakan tidak pernah melebihi jumlah pengiriman untuk tiap item seperti yang telah ditetapkan (seperti tidak pernah melakukan pembelian lebih dari kebutuhan untuk satu tahun), untuk membatasi biaya penyimpanan dan persediaan diluar kendali.

2.3 SISTEM INTERVAL ORDER TETAP

Sistem interval order tetap, atau disebut juga sebgai sistem inventori periodik adalah berdasarkan periode dari pada tinjauan terus menerus terhadap posisi stok persediaan. Ini merupakan sistem inventori berdasarkan waktu yang mana order

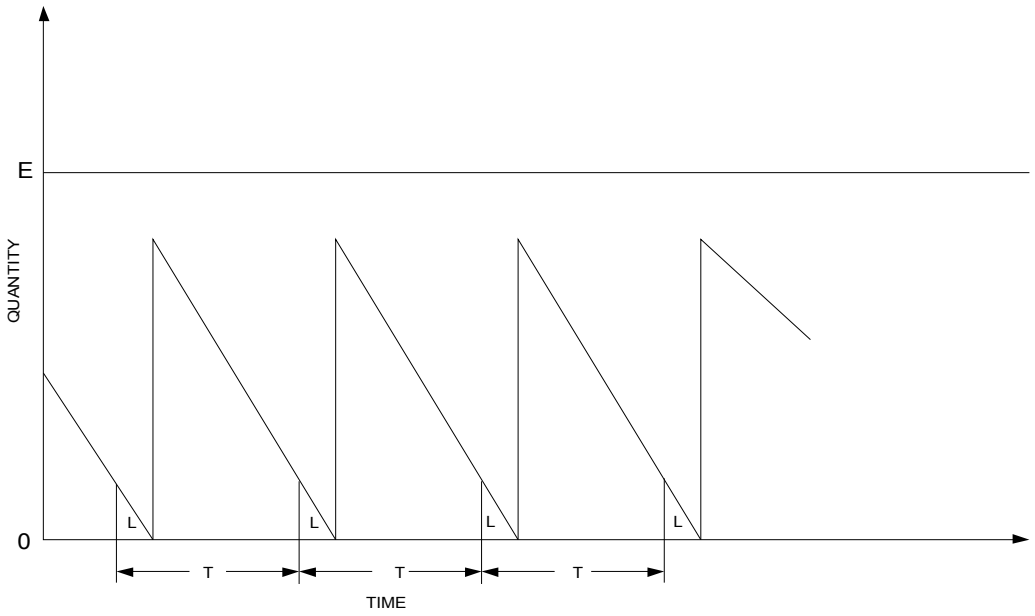
ditempatkan pada rentang yang sama, penentuan titik waktu (kapan harus melakukan order). Kuantitas order (berapa banyak yang harus dipesan) adalah berdasarkan penggunaan (kebutuhan) antara periode tinjauan order.

Level inventori maksimum untuk setiap item dikembangkan berdasarkan penggunaan lead time dan interval order. Setelah periode waktu tetap (T) telah dilampaui posisi stok dari tiap item ditetapkan. Suatu order ditempatkan untuk mengisi kembali posisi stok dan ukuran order cukup untuk memenuhi stok persediaan pada level maksimum. Maka, ukuran order merupakan perbedaan antara tingkat inventori maksimum dengan posisi inventori pada saat ditinjau. Pada sistem penentuan interval order tetap ukuran order tidak diharapkan bervariasi, karena penggunaan (kebutuhan) diasumsikan diketajui dengan tentu dan berkesinambungan.

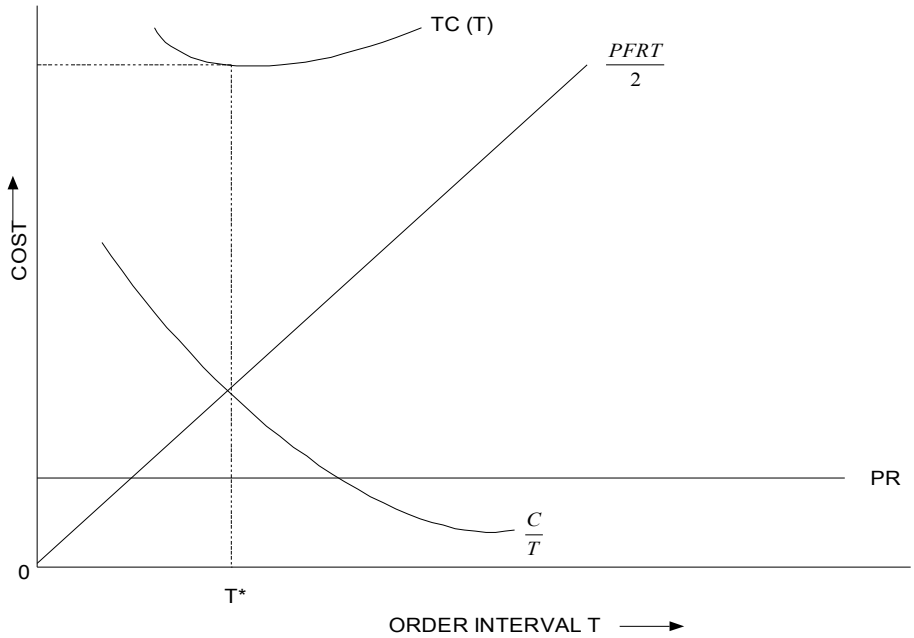
Bagaimanapun juga sistem memuat hanya dua parameter pilihan. Tinjauan periode tetap (T) dan tingkat inventori mksimum E. dari itu, semua pemenuhan order dapat ditentukan. Sistem interval order tetap disebut sistem T, sejak interval order (kapan melakukan order) konstan. Terkadang, interval order dibulatkan menjadi mingguan, bulanan, atau berdasarkan waktu yang tepat.

2.3.1 Interval Order Ekonomis – Single Item

Dasar masalah pada sistem ini adalam menentukan interval order T dan level inventori maksimum yang dibutuhkan E. interval order ekonomis dapat diperoleh deengan meminimalkan total biaya tahunan. Jika tidak diperbolehkan adanya kekosongan inventori, total biaya inventori tahunan ditunjukkan pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Sistem pemesanan tetap



Gambar 2.12 Biaya persediaan tahunan

Untuk menentukan interval order dengan biaya minimum, langkah pertama adalah menjadikan total biaya tahunan dengan mengacu pada interval ordeer T menjadi nol,

$$\frac{dTC(T)}{dT} = -\frac{C}{T^2} + \frac{PFR}{2} = 0 \quad \text{.....(2.77)}$$

hasil dari perhitungan T adalah:

$$T^* = \sqrt{\frac{2C}{PFR}} = \text{interval pemesanan ekonomis (EOI)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.78)$$

jumlah biaya minimum dari pertimbangan per tahun adalah tibal balik dari T*, atau

$$m^* = \frac{1}{T^*} = \sqrt{\frac{PFR}{2C}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.79)$$

pada situsi determinan, tidak terdapat perbedaan antara sistem ukuran order tetap dengan sistem interval order tetap. Ukuran order untuk interval ordeer tetap adalah Q= RT, atau

$$Q^* = RT^* = R\sqrt{\frac{2C}{PFR}} = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} = \sqrt{\frac{2CR}{H}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.80)$$

Tingkat inventori maksimum E harus cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan selama interval order T berikutnya dan juga selama leadtime L. rumusan berikut memberikan level inventori maksimum ketika interval order and lead time digambarkan dalam tahun:

$$E = RT + RL = R(T+L) = Q + B = \text{maksimal tingkat persediaan} \ldots\ldots (2.81)$$

Total biaya minimum per tahun dihasilkan dengan mengganti T dengan T* pada perhitungan total biaya per tahun. Rumusan berikut adalah hasil untuk total biaya minimum per tahun:

$$TC(T^*) = PR + HRT^* \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.82)$$

2.3.2 Interval order ekonomis – Multiple Item

Pada penjualan eceran dan borongan, pemisahan order jarang dilakukan untuk tiap item. Biasanya, suplier menyediakan banyak item, dan ini lebih ekonomis untuk order gabungan. Ketika semua item dari sumber yang sama dipesan bersamaan, tinjauan level stok untuk item tersebut dapat dikoordinasikan dan perawatan inventori dapat ditekan menjadi minimum. Lebih dari itu, pengawasan terhadap level stok sering kurang dan dapat dijadwal ulang disesuaikan dengan kegiatan

organisasi lain. Penghematan biaya logistik dan transportasi sangat dimungkinkan, karena biaya pemindahan material yang lebih kecil dan pemotongan pada struktur tingkat transportasi.

Pada persiapan order gabungan, kuantitas tiap item yang dipesan berdasarkan interval waktu antara order pada group tersebut. Permasalahn mendasar pada situasi ini adalah penentuan interval waktu T yang mana akan meminimalkan biaya inventori pada biaya grup keseluruhan. Sekali waktu optimum diketahui, level inventori maksimum yang dibutuhkan Ei untuk tiap item dapat diatur pada hubungan tersebut. Dari sana, kuantitas order tiap item dapat dihitung sebagai perbedaan antara level inventori maksimum setiap item dan posisi stok pada waktu tersebut.

Interval order ekonomis dapat dapat ditentukan dengan meminimalkan biaya tahunan. Pengabaian biaya kehabisan stok dirumuskan …

$$TC(T) = \sum_{i=1}^{n} P_i R_i + \frac{C + nc}{T} + \frac{TF}{2} \sum_{i=1}^{n} P_i R_i \quad \text{……..……..(2.83)}$$

Ri = kebutuhan tahunan untuk item I,
Pi = biaya pengadaan untuk item i
n = total jumlah item yang digabung,
C = biaya order untuk order gabungan,
c = biaya order yang disatukan dengan setiap individu ite,
T = interval order dalam tahun,
F = biaya simpan tahunan sebagai bagian dari biaya pengadaan.
Interval order deengan biaya minimum dihasilkan dengan manjadikan total biaya tahunan dengan mengacu pada interval order T menjadi nol.

$$\frac{dTC(T)}{dT} = -\frac{C + nc}{T^2} + \frac{F}{2} \sum_{i=1}^{n} P_i R_i = 0 \quad \text{……...……(2.84)}$$

hasil dari perhitungan T didapatkan rumus untu EOI :

$$T^* = \sqrt{\frac{2(C+nc)}{F\sum_{i=1}^{n} P_i R_i}} = \text{interval pemesanan ekonoimis} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.85)$$

inventori maksimum untuk tiap item harus cukup banya untuk memenuhi kebutuhan selama interval order berikutnya dan lead time L. jumlah order untuk tiap item adalah level makximum inventori (Ei) dikurangi posisi inventori. Inventori maksimum ditentukan ketika interval ordeer dan lead time digambarkan dalam hari dan N hari operasi dalam setahun :

$$E_i = \frac{R_i T}{N} + \frac{R_i L}{N} = \frac{R_i (T+L)}{N} = \text{persediaan maksimum untuk item i} \quad .(2.86)$$

total biaya pertahun dihasilkan dengan mengganti T dengan T* dalam perhitungan total biaya tahunan.

$$TC(T^*) = (1 + FT^*)\sum_{i=1}^{n} P_i R_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.87)$$