Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. **Peramalan**

2.1.1. Pengertian Peramalan

Peramalan adalah suatu perkiraan tingkat permintaan yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang. Untuk membuat suatu peramalan banyak mempunyai arti, peramalan tersebut perlu di rencanakan dan di jadwalkan sehingga akan diperlukan suatu periode waktu paling sedikit dalam periode waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu kebijaksanaan dan menetapkan beberapa hal yang mempengaruhi kebijaksanaan dan menetapkan beberapa hal yang mempengaruhi kebijaksaan tersebut.

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.

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 berdampat 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, finansil, 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 teknologis.

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 metode 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. Prinsip-prinsip Peramalan

Plossi mengemukakan lima prinsip peramalan yang perlu dipertimbangkan:

1) Peramalan melibatkan kesalahan (*error*)

   Peramalan hanya mengurangi ketidakpastian tetapi tidak menghilangkannya, ini memungkinkan adanya kesalahan peramalan.

2) Peramalan sebaiknya menggunakan tolak ukur kesalahan peramalan

   Besar kesalahan dapat dinyatakan dalam satu unit atau persentase permintaan aktual akan jatuh dalam interval peramalan.

3) Peramalan *family* produk lebih akurat daripada peramalan produk individu. Jika satu *family* produk tertentu diramalkan sebagai satu kesatuan produk persentase kesalahan cenderung lebih kecil dari pada persentase kesalahan peramalan produk-produk individu penyusun *family*.

4) Peramalan jangka pendek cenderung lebih akurat daripada peramalan jangka panjang. Dalam waktu jangka pendek kondisi yang mempengaruhi permintaan cenderung tetap atau berubah lambat sehingga peramalan jangka pendek cenderung lebih akurat.
5) Jika dimungkinkan hitung permintaan daripada meramalkan permintaan

2.1.4. Teknik Peramalan

Teknik peramalan harus sederhana untuk menghindari salah interprestasi. Ada banyak kemungkinan antara peramalan yang satu dengan yang lain mengalami perbedaan. Hal ini disebabkan karena :

1. *Time Horizon* (rentang waktu),
2. Pola Data (konstan, *linier*, siklik dan lain-lain),
3. Faktor Penentu *Outcome*.

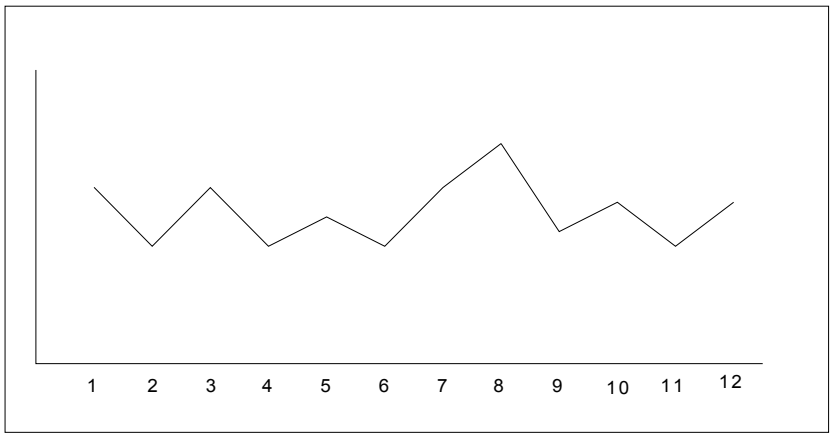
Hasil-hasil peramalan sangat diperlukan untuk menentukan keputusan yang akan diambil oleh organisasi antara lain :

1. Penjadwalan sumber-sumber tersedia, misalnya : peramalan tingkat permintaan produk, material, keuangan, buruh atau pelayanan adalah input untuk menjadwalkan produksi, transportasi, keuangan dan personil.
2. Kebutuhan sumber daya tambahan dimasa yang akan datang
3. Penentuan sumber daya yang diinginkan, peramalan faktor lingkungan masa datang.

Dalam peramalan terdapat beberapa jenis pola data diantaranya yaitu :

1. Pola Horizontal (H)

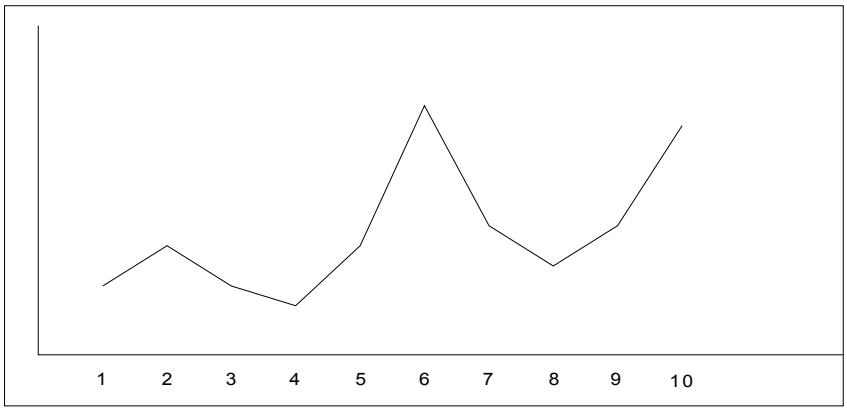
Pola ini terjadi bilamana nilai data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan. Deret seperti ini stasioner terhadap nilai rata-ratanya. Nilai data berfluktuasi disekitar nilai rata-rata yang konstan (Stasioner terhadap nilai rata-ratanya)



Gambar 2.1. Pola Data Horizontal

2. Pola Musiman (S)

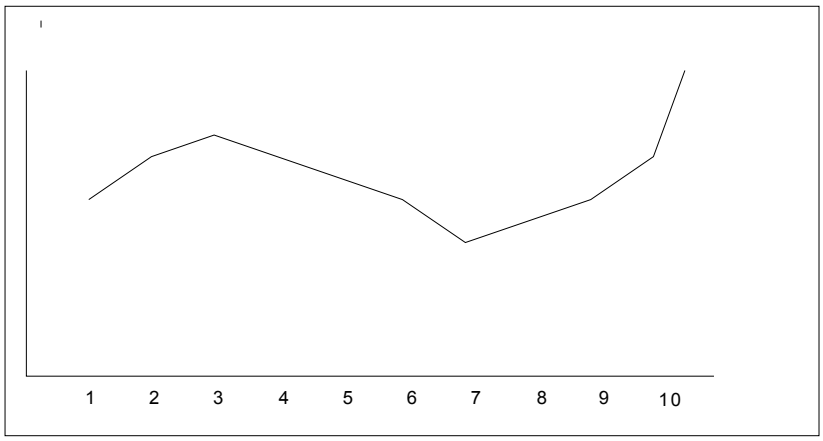
Pola ini terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman, misalnya : bulanan, kuartal tahun tertentu, dan harian pada minggu terentu atau waktu-waktu tertentu



Gambar 2.2. Pola Data Musiman

3. Pola Siklik (C)

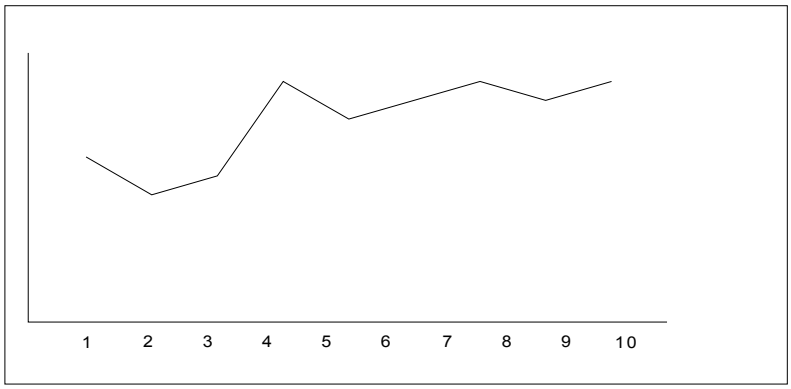
Pola ini terjadi bilamana datanya dipengruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang, seperti yang berhubungan siklus bisnis.



Gambar 2.3. Pola Data Siklus

4. Pola Trend (T)

Pola ini terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data.



Gambar 2.4. Pola Data Trend

Pada umumnya peramalan dapat dibagi kedalam beberapa segi tergantung dari beberapa kriteria berikut ini :

1. Ditinjau dari segi proyeksi (sifat penyusunannya), peramalan secara teknis di kualifikasikan dalam 2 cara yaitu :
   - ❖ Peramalan yang subyektif yaitu peramalan yang didasarkan pada intuisi dari orang yang menyusunnya. Dalam hal ini ketajaman pemikiran orang yang menyusun sangat menentukan baik tidaknya hasil ramalan.

- ❖ Peramalan yang obyektif yaitu peramalan yang didasarkan pada data masa lalu, dengan menggunakan teknik-teknik tertentu dalam menganalisanya.

2. Dilihat dari jangka (rentang) waktu peramalan yang disusun dapat dibedakan atas 3 macam, yaitu :
   - ❖ Peramalan jangka panjang.,
   - ❖ Yaitu peramalan yang dilakukan untuk meramalkan kebutuhan dalam jangka waktu yang lama, biasanya lebih dari satu setengah tahun sampai tiga semester. Hasil peramalan ini biasanya digunakan untuk bahan dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan perencanaan pasar, studi kelayakan, perencanaan kapasitas, dan lain-lain.
   - ❖ Peramalan jangak menengah,
   - ❖ Peramalan ini digunakan untuk meramalkan kondisi dalam jangka waktu 1 (satu) sampai dengan 5 (lima) tahun ke depan.
   - ❖ Peramalan jangka pendek,
   - ❖ Adalah peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil-hasil ramalan yang jangka waktunya kurang dari setahun atau tiga semester.

3. Dilihat dari sifat ramalan yang telah disusun, maka peramalan menurut Vincent Gaspersz (1998:86), dapat dibedakan menjadi :

a. Teknik Peramalan Secara *Kuantitatif*

Dalam teknik ini, pola historis data digunakan untuk mengekstrapolasi (meramalkan) masa dating. Terdapat dua teknik *kantitatif* yang utama, yaitu : analisis deret waktu (*time series analyisis)* dan model struktural (*structural model*) atau model kausal.

Metode kuantitatif dapat digunakan jika tersedia data masa lalu, dari data tersebut dicari pola hubungan yang ada. Metode ini cocok digunakan pada kondisi yang statis, jelas dan tidak memerlukan human mind. Dengan metode ini, ketelitian ramalan dapat diprediksi sejak awal sebagai bahan pengambilan keputusan . atas dasar tersebut metode kuantitatif lebih disukai.

b. Teknik Peramalan Secara Kualitatif

Teknik ini digunakan apabila data masa lalu tidak tersedia/jika tersedia pun jumlahnya tidak mencukupi. Teknik kualitatif mengkimbinasikan informasi dengan peramalan, penilaian dan intuisi untuk menghasilkan pola-pola dan hubungan yang mungkin dapat diterapkan untuk membuat prediksi-prediksi tentang masa yang akan datang. Teknik-teknik kualitatif didasasri atas dasar pendekatan akal sehat (*Common Sense*) dalam menyaring informasi kedalam bentuk yang bermanfaat.

Metode kualitatif disebut juga metode *technological forecasting*, karena sering digunakan untuk meramalkan lingkungan dan teknologi. Selain itu juga digunakan jika tersedia data masa lalu karena alasan seperti : tidak tercatat, yang diramalkan adalah hal yang baru, situasi telah berubah, situasi turbulaen dan memerlukan *humand mind* dan kesalahan peramalan tidak dapat di prediksi.

Beberapa metode yang tercakup dalam teknik-teknik kualitatif antara lain : *Visionary, Panel Consensus, brainstorming, anricipatory, role playing*, dan lain-lain.

Teknik kualitatif paling sesuai diterapkan dalam 2 kondisi berikut ini :

1. Tidak terdapat/kurangnya data kuantitatif yang berkualitas. Misalnya dalam peluang bagi produk/pasar yang baru.
2. Terdapat data kuantitatif cukup, namun terdapat faktor-faktor tertentu yang menyebabkan teknik kualitatif lebih sesuai diterapkan. Misalnya meskipun terdapat data yang cukup mengenai kondisi historis ekonomi di Indonesia, kondidi-kondisi non ekonomi (politik dan sebagainya) sangat mempengaruhi keadaan di masa depan.

Sedangkan keterbatasan-keterbatasannya antara lain :

- ❖ Bukti-bukti empiris menunjukkan bahwa hasil yang berbeda dapat timbul jika digunakan metode pengumpulan informasi yang berbeda.
- ❖ Terdapat kemungkinan timbulnya penilaian-penilaian yang *over convidence*.

- ❖ Adanya fenomena *groupthink* dimana pemikiran yang menyimpang dari konsesus kelompk akan ditekan. Efek dari *groupthink* ini adalah berkurangnya pendapat-pendapat kritis.

Dalam melakukan peramalan perlu diikuti prosedur yang benar untuk mendapatkan hasil yang baik diantaranya :

a. Definisikan prosedur peramalan
b. Buat plot data yang ada
c. Pilih setidaknya 2 metode yang memenuhi tujuan peramalan 1 dan sesuai dengan plot data 2
    1. Menghitung parameter fungsi peramalan
    2. Menghitung kesalahan yang terjadi
    3. Memilih metode peramalan yang terbaik
    4. Melakukan verifikasi peramalan

2.1.5. Tahapan Peramalan

Peramalan 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 peramalan

Langkah tersebut merupakan langkah-langkah dalam melakukan peramalan secara umum

2.1.6. **Metode Peramalan Kuantitatif Yang Dipertimbangkan**

Pada bagian ini akan disajikan masalah peramalan dan aspek-aspek yang terkait. Aspek-aspek terkait yang dimaksud adalah : dilakukan peramalan metode peramalan yang digunakan, faktor pembanding dalam hal pengambilan keputusan, verifikasi peramalan, peramalan yang terpilih, dan akhirnya mengaplikasikan metode 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-kdang data yang damaksudkan tidak terdapat pada perusahaan yang bersangkutan, misalnya tidak tersedianya data-data : permintaan 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.

Adapun yang dimaksud peramalan jangka panjang adalah peramalan 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 berorioentasi pada pasar atau perencanaan.

Metode-metode 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 awktu yang pendek (kurang dari satu tahun). Peramalan jangka pendek sangat diperlukan untuk membuat keputusan mengenai penjadwalan persedian, rencana produksi jangka pendek, analisis 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.

Metode-metode yang digunakan pada jangka pendek :

- Metode Perataan *(Average)*
  1. Rataan Nilai Tengah *(Mean)*.
  2. Rata-rata Bergerak Tunggal *(Singel Moving Average)*.
  3. Rata-rata Bergerak Ganda *(Double Moving Average)*.
- Metode Pemulusan *(Smooting)*
  1. Pemulusan Eksponensial Tunggal : Pendekatan Adaptif.
  2. Pemulusan Eksponensial Ganda : Metode Linier Satu Parameter dari Brown.
  3. Pemulusan Eksponensial Ganda : Metode Dua Parameter dari *Holt.*
  4. Pemulusan Eksponensial Tripel : Metode Kuadratik Satu Parameter dari *Brown.*
  5. Pemulusan Eksponensial Tripel : Metode 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 aktual 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 metode peramalan yang bisa digunakan untuk memprediksi keadaan dimasa yang akan datang, baik yang sifatnya kualitatif maupun kuntitatif. Dalam tugas akhir ini tidak semua metode yang digunakan, tetapi hanya beberapa metode saja yaitu beberapa peramalan yang sifatnya kuntitatif. Alasan penggunaan metode kuantitatif didasarkan pada tersedianya data histories yang diberiakan oleh perusahaan. Adapun metode peramalan yang dipertimbangkan adalah metode-metode sebagai berikut :

2.1.6.1. Metode Perataan *(Average)*

Metode perataan merupakan metode yang dapat digunakan pada pola horizontal. Dalam metode 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 :

- tetapkan suatu deret berkala (kelompok data) untuk dianalisis.
- lakukan perataan (menghitung rata-rata) terhadap kelompok data tersebut.
- 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 :

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

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

F_t = data hasil peramalan period eke-t

Metode 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 metode ini, tampaknya akan banyak data yang perlu disimpan untuk memenuhi prosedur peramalan, tetapi kenyataanya hanya dua item yang perlu disimpan dengan bergeraknya waktu. Untuk menjelaskan maksud ini perhatikan tabel 2.1

Tabel 2.1. Persamaan peramalan metode rata-rata nilai tengah

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

Halangan utama dalam penggunaan metode ini adalah tidak adanya deret berkala bisnis yang benar-benar didasarkan atas proses konstan. Jika proses yang mendasari deret-deret berkala bisnis mengalami peningkatan *(Step Function),* maka nilai tengah yang digunakan sebagai peramalan untuk periode mendatang tidak dapat menangkap adanya perubahan tersebut. 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 dengan menentukan sejak awal berapa jumlah nilai observasi 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 observasi terbaru. Rata-rata bergerak ini kemudian akan menjadi ramalan untuk periode mendatang.

Dapat dilihat bahwa titik dalam data setiap rata-ratanya tetap konstan dan observasi yang dimasukan adalah yang paling akhir.

- Dibandingkan dengan metode rata-rata nilai tengah (dari semua data masa lalu), rata-rata bergerak tunggal karakteristik sebagai berikut :
- Hanya menyangkut T periode terakhir dari data yang diketahui.
- Jumlah titik data dalam setiap rata-rata tidak berubah dengan berjalannya waktu.

Tetapi metode ini mempunyai kelemahan sebagai berikut :

- metode ini mempunyai penyimpanan yang lebih banyak karena semua T observasi terakhir harus disimpan, tidak hanya nilai tengahnya.
- metode ini tidak dapat menanggulangi dengan baik bila adanya *trend* (kecederungan) atau pola permintaan musiman, walaupun metode ini lebih baik dibandingkan rata-rata total (nilai tengah).

Prosedur atau algoritma :

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

Jadi : Nilai X ini akan berlaku hanya bagi suatu periode peramalan pertama saja, dengan kata lain nilai-nilai peramalan dari periode satu sampai dengan periode 12

selalu berubah atau bergerak. Untuk perhitungan (X) selanjutnya dapat dilihat pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2.Persamaan peramalan metode bergerak rata-rata tunggal

Periode	Yang disimpan dari periode yang lalu	Input pada waktu ini	Output
T	$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + \ldots + }{T}$		$F_{T+1} = \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{T} X_i}{T}$ $F_{T+2} = \overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{T+1} X_i}{T}$
T+1	$\overline{X} = \frac{X_2 + \ldots\ldots + X_{T+1}}{T}$		$F_{T+3} = \overline{X} = \frac{\sum_{i=3}^{T+2} X_i}{T}$
T+2	$\overline{X} = \frac{X_3 + \ldots\ldots + X_T}{T}$		

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 :

$E_t = X_t - F_t$ .....(2.2)

Dimana : X_t = data histories masa lalu perode ke t

F_t = data hasil peramalan periode t

2.1.6.2. Metode Pemulusan (smoothing) Eksponenesial Tunggal

Pemulusan eksponensial tunggal dapat dikembangkan dari persamaan berikut :

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

$F_{t+1} = F_t + (X_t / N - X_t / N)$ .....(2.3)

$F_{t+1} = (1/n)\, X_t + (1-1/N)\, F_t$ .....(2.4)

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa ramalan tersebut didasarkan atas pembobotan observasi yang terakhir dengan suatu nilai bobot (1/N) dan pembobotan ramalan terakhir sebelumnya (Ft) dengan suatu bobot (1-1/N). karena N merupakan suatu bilangan positif, 1/N akan menjadi suatu konstanta antara nol

(jika N tidak hingga) dan 1 (jika N = 1). Dengan mengganti alpha maka persamaan tersebut dapat ditulis :

$$F_{t-1} = \alpha X_t + (1-\alpha) F_t \quad \text{.....(2.5)}$$

persamaan ini merupakan bentuk umum yang dugunakan dalam menghitung ramalan dengan pemulusan Eksponenesial. Metode ini dapat mengurangi masalah penyimpangan data, karena tidak lagi perlu menyimpan semua data histories atau sebagian dari padanya. Hanya observasi terakhir , ramalan terakhir, dan satu nilai alpha yang harus disimpan.

Bagi seorang profesional (telah berpengalaman dalam merencanakan suatu kegiatan produksi)., pertanyaan tersebut tidak menjadi petimbangan dalam pengambilan keputusan mengenai jumlah demand hasil peramalan yang akan dilakukan nantinya. Kerena betapapun canggih dan kompleknya vaiabel dipertimbangkan dalam hal meramalkan demand, tetapi hasil yang didapat tidak selalu tepat 100% atau bahkan 95%, yang lebih dipentingkan adalah bagaimana membuat suatu keputusan yang tepat pada saat yang tepat dengan pertimbangkan dan perhitungan-perhitungan yang matang serta ditambah dengan pengalaman kerja masa lalu yang menunjang pengambilan keputusan tersebut. Dalam kaitan masalah yang kita bahas kali ini, penulis mencoba mengambil jalan tengah untuk mempertimbangkan kedua orientasi yang terdapat pada bagian pengantar diatas (orientasi pembuat model peramalan dan orientasi pemakaian peramalan).Untuk menerapkan hal yang dimaksudkan tersebut (mengambil jalan tengah anatara dua orientasi yang berbeda), maka pada kesempatan ini beberapa uji statistik yang akan diterapkan pada metode-metode peramalan yang lulus dalam verifikasi peramalan. Pengujian pengujian yang dimaksudkan adalah sebagai 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.

$$ME = \sum_{t=1}^{n} et / n \quad \text{.....(2.6)}$$

Dengan et = Xt – Ft

n = jumlah pwerioda peramalan

- Uji Nilai Teangah Kesalahan Absolut (Mean Absolut Eror) MAE.

$$MAE = \sum_{t=1}^{n} |et| / n \quad \text{.....(2.7)}$$

- Uji Jumlah Kuadrat Kesalahan (Sum Of Squred Error) SSE.

$$SSE = \sum_{t=1}^{n} et^2 \quad \text{.....(2.8)}$$

Uji Nilai Tengah Kesalahan Kuadrat (mean Squared Error) MSE.

$$MSE = \sum_{t=1}^{n} et^2 / n \quad \text{.....(2.9)}$$

- Uji Standar Kesalahan (Standard Deviation Of Error) SDE.

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n} et^2}{(n-1)}} \quad \text{.....(2.10)}$$

Dari sekian banyaknya ukuran ketepatan peramalan, ukuran statistik nilai tengah kesalahan kuadrat (MSE) merupakan ukuran yang paling sering digunakan, nilai tengah kesalahan kuadrat ini merupakan suatu ukuran ketepatan poerhitungan dengan mengkuadratkan masing-masing kesalahan untuk masing-masing item dalam sebuah susunan data dan kemudian memperoleh 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.

2.1.7. 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 di implementasikan,

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 beberaoa metode yang mencoba untuk memecahkan permasalahan disagregasi, baik yang bersifat analisis atau heuristic, antara lain :

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

~ 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 communication is determined, such in approach is called a cut and fit method". Proses disaagregasi dengan menggunakan pendektan metode *cut and fit* ini relative lebih sederhana dibandingkan dengan menggunakan metode lainnya.

Rumus yang digunakan dalam disagregasi pendekatan *metode cut and fit :*

$$y = \frac{(Demand\ agregat\ x\%\ Item}{Faktor\ konversi} \quad \text{.....(2.11)}$$

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.

Jika tidak diperbolehkan adanya kekosongan persediaan, total biaya inventori per tahun secara grafis dapat digambarkan seperti pada gambar 2.2 dan dihitung dengan rumus berikut.

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

$$TC = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} \quad \text{.....(2.12)}$$

Dimana :

R = permintaan per tahun

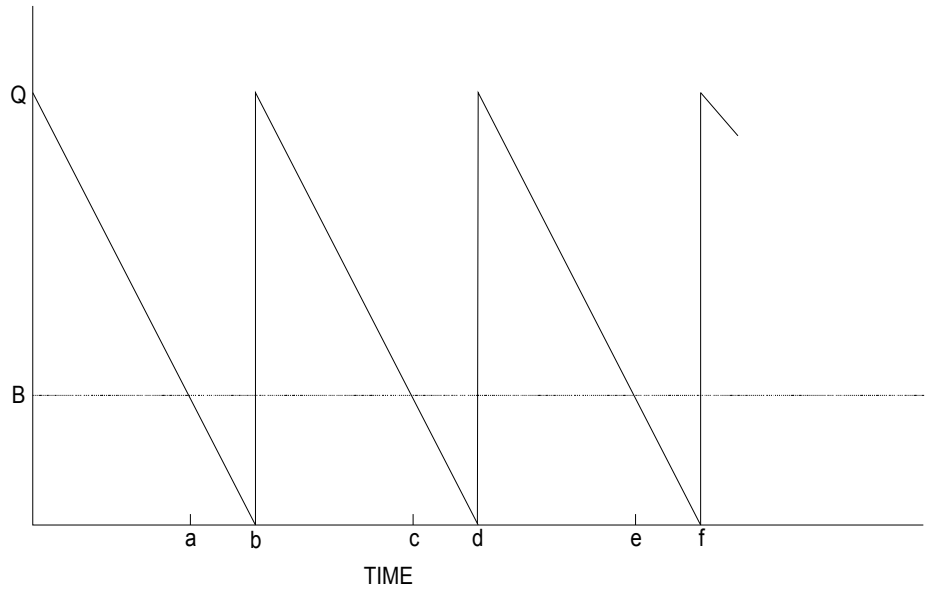
P = biaya pembelian

C = biaya pesan

H = PF = biaya simpan

Q = kuantitas pemesanan

F = biaya simpan tahunan



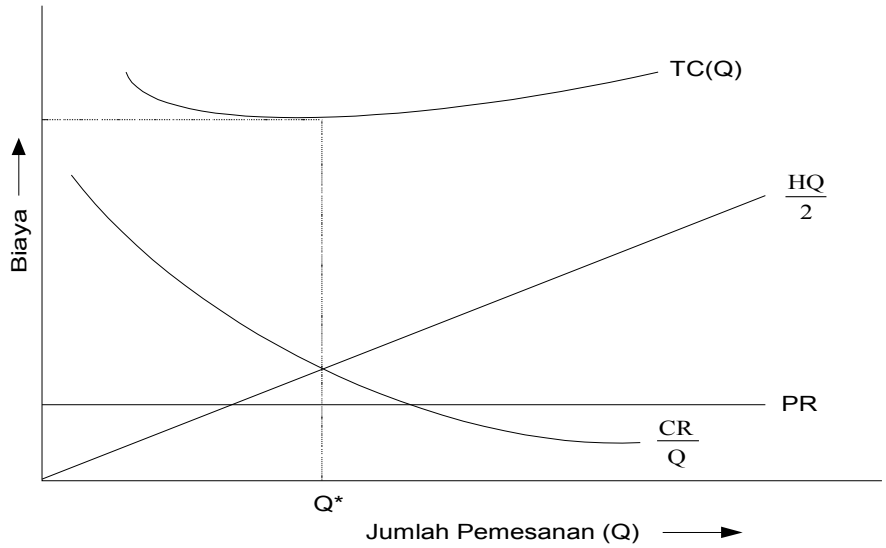
Gambar 2.5. Model Persediaan Tradisional

(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.

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = \frac{H}{2} - \frac{CR}{Q^2} = 0 \qquad \text{.....(2.13)}$$

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.



Gambar 2.6 Biaya Persediaan per Tahun

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

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{H}} = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} = \text{Jumlah Pemesanan Ekonomis} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.14)$$

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.

$$\text{Jumlah pemesanan per tahun} = m = \frac{R}{Q^*} = \sqrt{\frac{HR}{2C}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.15)$$

$$\text{Interval Pemesanan} = T = \frac{1}{m} = \frac{Q^*}{R} = \sqrt{\frac{2C}{HR}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.16)$$

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 \ldots\ldots\ldots\

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

$$Q^* = \sqrt{2CR/H} \quad \text{……..(2.20)}$$

TVC(Q) = biaya pesan + biaya simpan ……..(2.21)

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

$$TVC(Q^*) = \frac{CR}{Q^*} + \frac{HQ^*}{2} = HQ^* \quad \text{……..…….(2.22)}$$

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:

$$Q = \sqrt{\frac{2CR}{H}\frac{X_C X_R}{X_H}} = Q^* \sqrt{\frac{X_C X_R}{X_H}} = \frac{Q^* \sqrt{X_C X_R X_H}}{X_H} \quad \text{……..(2.23)}$$

$$\frac{Q - Q^*}{Q^*} = \sqrt{\frac{X_C X_R}{X_H}} - 1 = \text{jumlah kesalahan pemesanan} \quad \text{……(2.24)}$$

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:

$$TVC(Q) = \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} \quad \text{……..(2.25)}$$

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

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

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

$$\frac{TVC(Q) - TVC(Q^*)}{TVC(Q^*)} = \frac{TVC(Q^*)\sqrt{X_C X_R X_H} - TVC(Q^*)}{TVC(Q^*)} \quad \text{.....(2.26)}$$

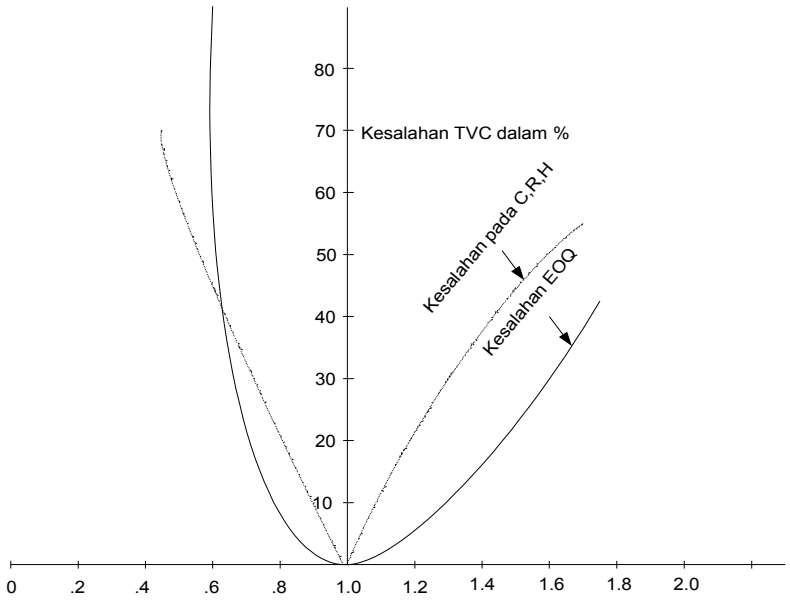
$$= \sqrt{X_C X_R X_H} - 1 = \text{kesalahan TVC}$$

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

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

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



Gambar 2.7. EQQ Sensitivity

$$\text{Faktor kesalahan} = \frac{\text{nilai yang diperkirakan}}{\text{nilai nyata}} \quad \text{.....(2.27)}$$

$$\text{TVC}(Q^*) = \frac{CR}{Q^*} + \frac{HQ^*}{2} = HQ^* \quad \text{.....(2.28)}$$

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

Dimana

$$X_Q = \frac{\text{EOQ perkiraan}}{\text{EOQ kenyataan}} = \text{Faktor kesalahan EOQ} \quad \text{.....(2.29)}$$

Kesalahan pecahan dalam total biaya variabel sebagai berikut:

$$\frac{TVC(Q) - TVC(Q^*)}{TVC(Q^*)} = \frac{\dfrac{CR}{Q^* X_Q} + \dfrac{HQ^* X_Q}{2} - HQ^*}{HQ^*} \quad \text{.....(2.30)}$$

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

= 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.

Tabel 2.4 Kesalahan Q* pada TVC(Q*)

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

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 ataupesanan 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. *Backorder* 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 backorder*, 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 *backorder* 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 inventori yang positif sepanjang waktunya periode t_1, dan rata-rata biaya penyimpanan selama t_1 adalah sebagai berikut :

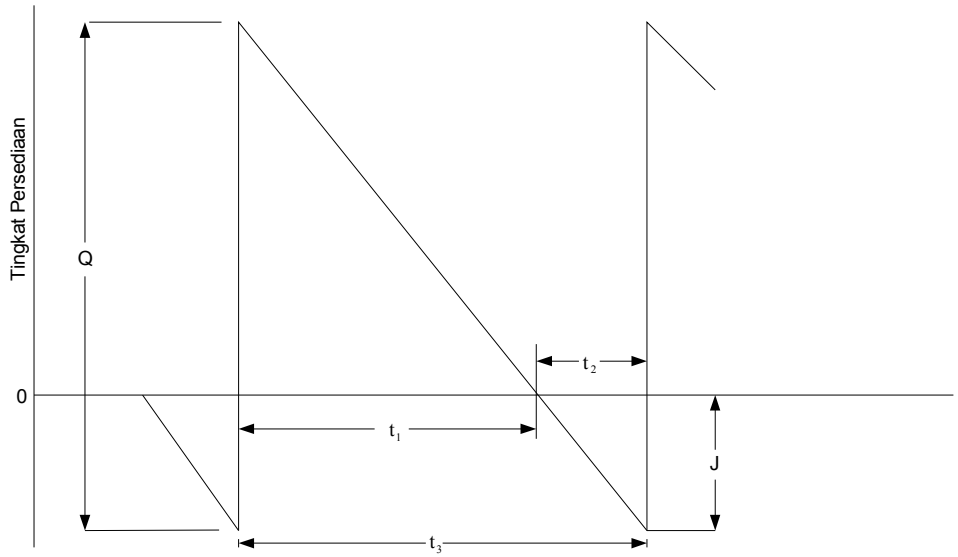
$$\frac{H(Q-J)t_1}{2} = \frac{H(Q-J)^2}{2R} \quad \text{.....(2.31)}$$

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

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

$$\frac{KJt_2}{2} = \frac{KJ^2}{2R} \quad \text{.....(2.32)}$$

Dimana $t_2 = J/R$



Gambar 2.8. Model Persediaan *Backorder*

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

$$PQ + C + \frac{H(Q-J)^2}{2R} + \frac{KJ^2}{2R} \quad \text{.....(2.33)}$$

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.

$$TC(Q,J) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{H(Q-J)^2}{2Q} + \frac{KJ^2}{2Q} \quad \text{.....(2.34)}$$

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 \ldots\ldots\ldots\

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

Titik pemesanan ulang = permintaan *lead-time – backorder*;

$$B = \frac{RL}{N} - J^* \quad \text{……..(2.38)}$$

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 *backorde*r, konsumen harus menunggu. Penundaan waktu yang terpanjang dalam tahun untuk suatu *backorder* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Waktu menunggu} = \frac{J^*}{R} \quad \text{……(2.39)}$$

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

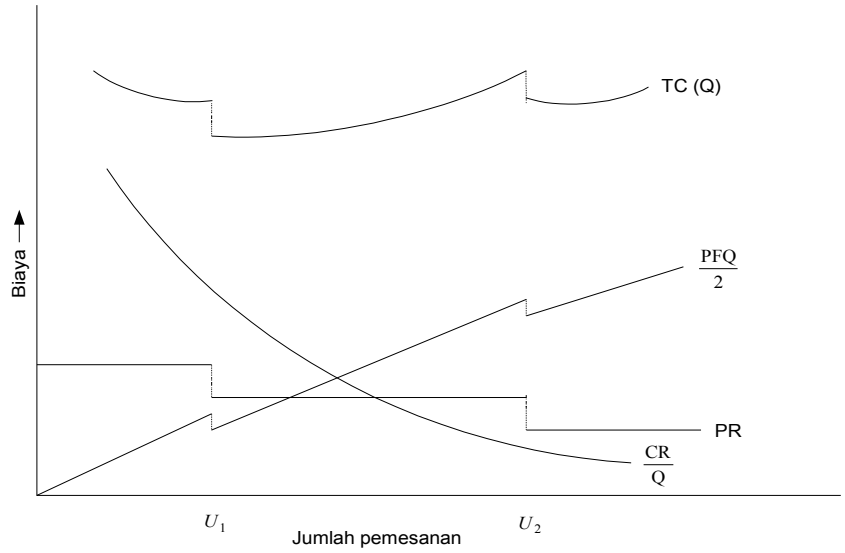
Ini merupakan suatu praktek umum bagi suplier menurunkan harga satuan dalam pemesanan dengan jumlah yang besar sebagai suatu perangsang bagi pembeli supaya membeli dalam ukuran lot lebih besar lagi. Keuntungan penjual dari penjualan dalam jumlah besar dengan mengurangi proses pemesanan per unit dan biaya setup dengan meningkatkan kapasitas 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*.

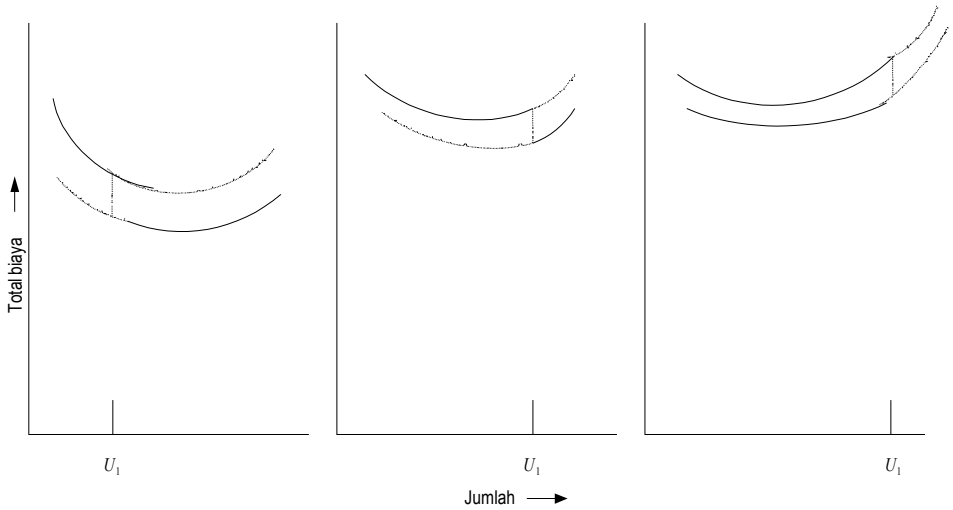


Gambar 2.9. Biaya Persediaan all-unit quantity discount

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 \ldots\ldots\ldots\

kurva yang padat. Oleh karena ketidaksinambungan kurva, jumlah dengan biaya terrendah tidak selalu dapat ditemukan dengan menggunakan perbedaan.



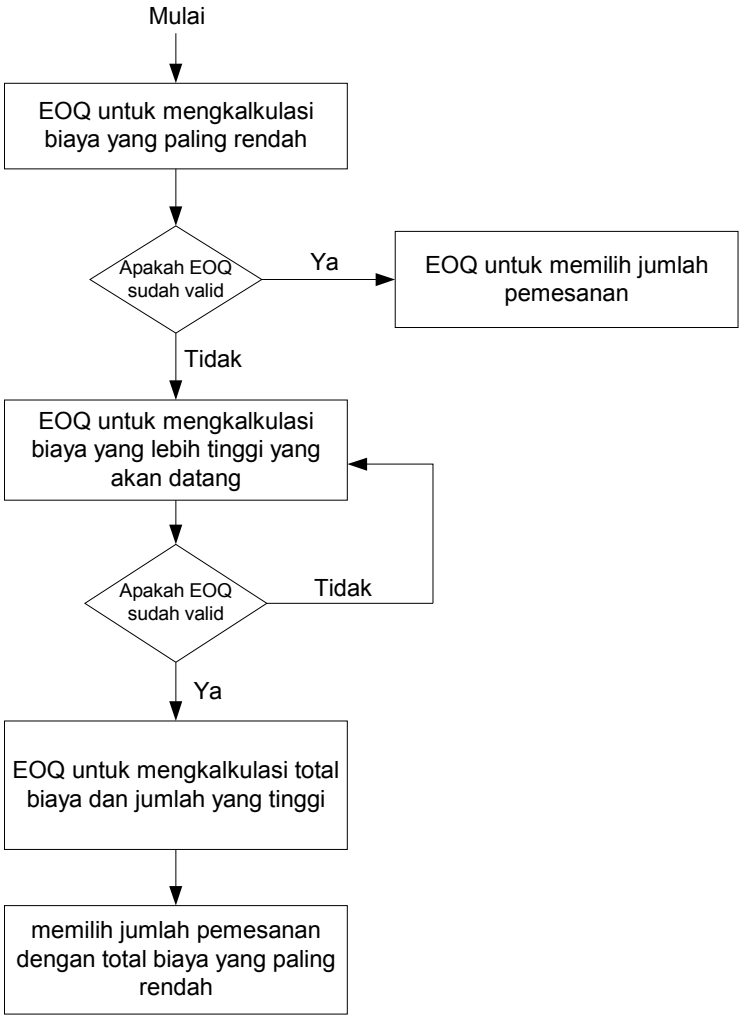
Gambar 2.10. All-quantity discount

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 2.11. 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

$$P_i = \begin{cases} \text{PO} & \text{for each U0 to U1 1} \\ \text{P1} & \text{for each of the next U1 to U2 1} \\ . & \\ \text{Pj} & \text{for each of the next Uj to Uj+1} \end{cases} \quad \text{.....(2.41)}$$

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:

$$M_i = D_i + P_i Q \quad \text{.....(2.42)}$$

Dimana :

$$D_i = \sum_{e=1}^{i} (U_e - 1)(P_{e-1} - P_e) \quad \text{.....(2.43)}$$

karena semua unit tidak dibeli dengan harga pembelian yang sama, D_i adalah tambahan biaya pembelian untuk tiap unit Q unit pada Pi. Biaya pembelian tambahan ini besarnya tetap untuk pembelian dengan ukuran lot Q dalam interval $U_i - U_{i+1}$. Oleh karena itu, D_i adalah tambahan biaya pemesanan, karena terjadi pada setiap order/pemesanan. Biaya pembelian per unit adalah:

$$\frac{M_i}{Q} = \frac{D_i}{Q} + P_i \quad \text{.....(2.44)}$$

Maka, total biaya per tahun untuk ukuran lot Q unit adalah:

TC(Q) = biaya pembelian + biaya pesan + biaya simpan

$$= \left[P_i + \frac{D_i}{Q}\right]R + \frac{CR}{Q} + \frac{FQ}{2}\left[P_i + \frac{D_i}{Q}\right] \quad \text{.....(2.45)}$$

$$= P_i R + \frac{(C + D_i)R}{Q} + \frac{P_i f Q}{2} + \frac{F D_i}{2}$$

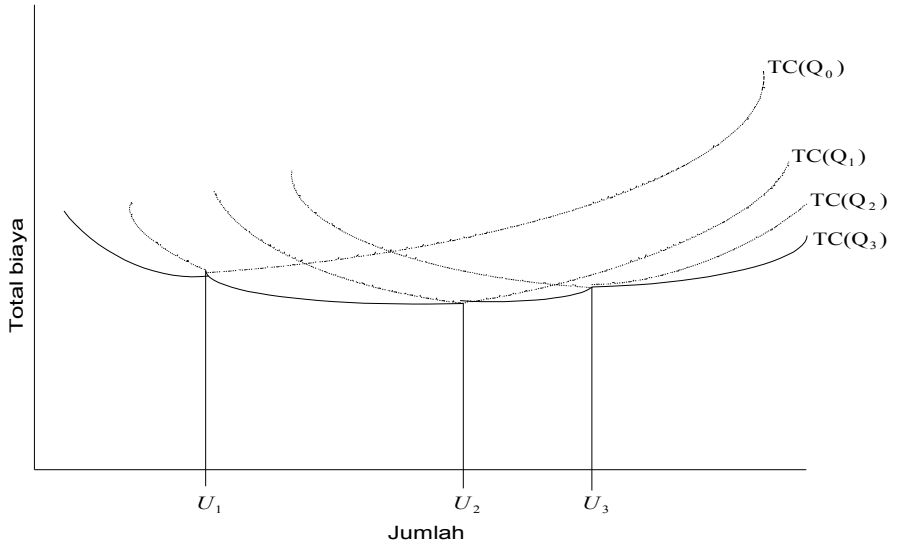
Karena kurva total biaya untuk pembelian setiap unit berbentuk cembung, ukuran lot dengan biaya minimum ditentukan dengan terlebih dulu mengatur perkiraan pertama dari total biaya tahunan dengan mempertimbangkan bahwa ukuran lot sama dengan nol.

$$\frac{dTC(Q)}{dQ} = -\frac{(C + D_1)R}{Q^2} + \frac{P_i F}{2} = 0 \quad \text{.....(2.46)}$$

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2R(C+D_i)}{P_iF}} = \sqrt{\frac{2R\left[C+\sum_{e=1}^{i}(U_{e-1}-P_e)\right]}{P_iF}} \quad \text{.....(2.47)}$$

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 2.12. 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:

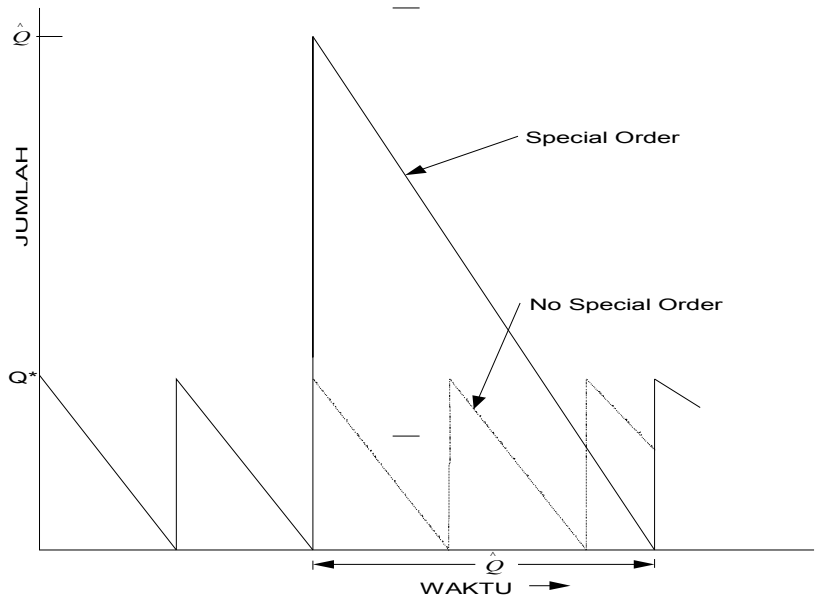
$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} \quad \text{.....(2.48)}$$

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

$$TC_S = (P-d)\hat{Q} + \frac{\hat{Q}}{2}(P-d)\frac{F\hat{Q}}{R} + C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.49)$$

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



Gambar 2.13. Special Sale Price

Apabila dalam periode $\hat{\mathrm{Q}}/\mathrm{R}$ 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:

$$\mathrm{TC_n} = (\mathrm{P}-\mathrm{d})\mathrm{Q}^* + \mathrm{P}(\hat{\mathrm{Q}} - \mathrm{Q}^*) + \frac{\mathrm{Q}^*}{2} + (\mathrm{P}-\mathrm{d})\frac{\mathrm{FQ}^*}{2\mathrm{R}}$$

$$+ \frac{Q^*}{2}PF\frac{(Q-\hat{Q}^*)}{R} + \frac{C\hat{Q}}{Q^*} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.50)$$

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

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:

$$g = TC_n - TC_S = \text{biaya pemesanan khusus} \quad \text{.....(2.51)}$$

$$= \left(d + \frac{2C}{Q^*}\right)\hat{Q} - \frac{(P-d)F\hat{Q}^2}{2R} dQ^* - \frac{dF(Q^*)^2}{2R} - C \quad \text{.....(2.52)}$$

$$\frac{dg}{dQ} = d + \frac{2C}{Q^*} - \frac{(P-d)F\hat{Q}}{R} = 0 \quad \text{.....(2.53)}$$

$$\hat{Q}^* = \frac{dR}{(P-d)F} + \frac{PQ^*}{P-d} = \text{jumlah kuantitas pesanan optimum} \quad \text{.....(2.54)}$$

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:

$$g^* = \frac{C(P-d)}{P}\left(\frac{Q\hat{}^*}{Q^*} - 1\right)^2 \quad \text{.....(2.55)}$$

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:

$$\hat{Q}^* = \frac{dR}{(P-d)F} + \frac{PQ^*}{P-d} - q \quad \text{.....(2.56)}$$

$$g^* = C\left[\left(\frac{\hat{Q}}{\sqrt{\frac{P}{P-d}Q^*}}\right)^2 - 1\right] \quad \text{.....(2.57)}$$

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:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} = \text{EOQ sebelum harga naik} \quad \text{.....(2.58)}$$

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

$$Q_a^* = \sqrt{\frac{2CR}{(P+k)F}} = Q^* \sqrt{\frac{P}{P+k}} \text{ EOQ sesudah harga naik} \quad \text{.....(2.59)}$$

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.

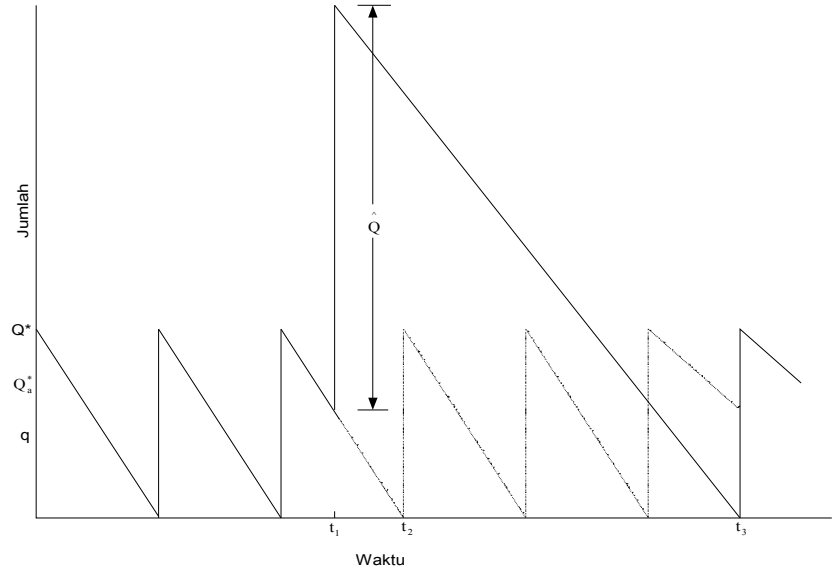
Ketika dilakukan order/pesanan khusus, total biaya sepanjang periode ($\hat{Q}$ + q)/R, adalah sebagai berikut:

Total biaya = biaya pembelian + biaya simpan + biaya pesan

$$TC_S = P\hat{Q} + \hat{Q}PF\frac{q}{R} + \frac{\hat{Q}}{2}PF\frac{\hat{Q}}{R} + \frac{q}{2}PF\frac{q}{R} + C \quad \text{.....(2.60)}$$

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

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 2.14. Known Price Increases

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

$$= (P+k)\hat{Q} + \frac{(P+k)FQ_a^*\hat{Q}}{2R} + \frac{PFq^2}{2R} + \frac{C\hat{Q}}{Q_a^*} \quad \text{.....(2.61)}$$

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

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:

$g = TC_n - TC_s$ = biaya pemesanan khusus

$$= \left(k + \frac{(P+k)FQ_a^*}{R} - \frac{PFq}{R} \right)\hat{Q} - \frac{PF\hat{Q}^2}{2R} - C \quad \text{.....(2.62)}$$

$$\frac{dg}{d\hat{Q}} = k + \frac{(P+k)FQ_a^*}{R} - \frac{PFq}{R} - \frac{PF\hat{Q}}{R} = 0 \quad \text{.....(2.63)}$$

$$\hat{Q}^* = \frac{kR}{PF} + \frac{(P+k)Q_a^*}{P} - q \quad \text{.....(2.64)}$$

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

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

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:

$$\hat{Q}^* = \frac{kR}{PF} + \frac{(P+k)Q_a^*}{P} \quad \text{.....(2.66)}$$

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

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 sebagai 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

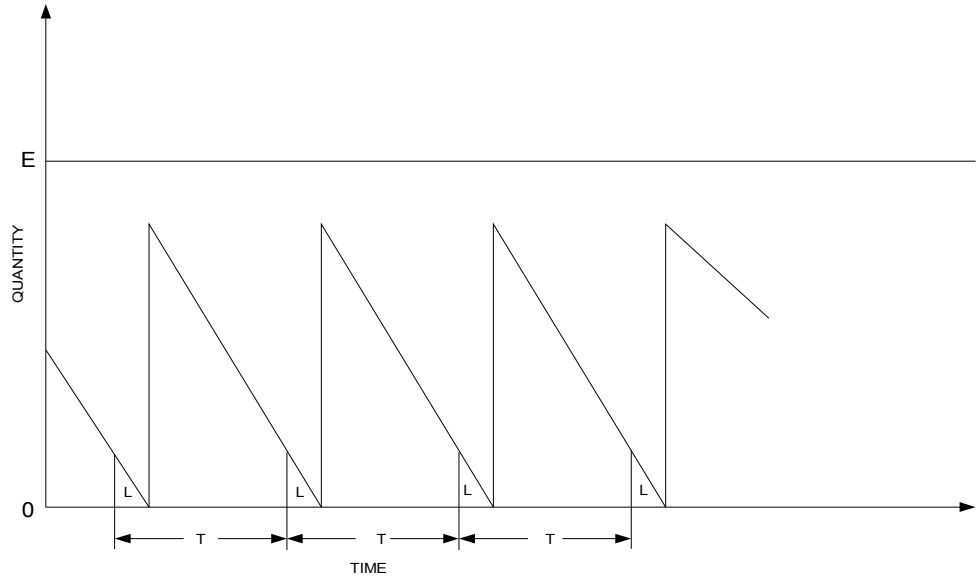
melakukan order). Kuantitas order (berapa banyak yang harus dipesan) adalah berdasarkan penggunaan (kebutuhan) antara periode tinjauan order.

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.

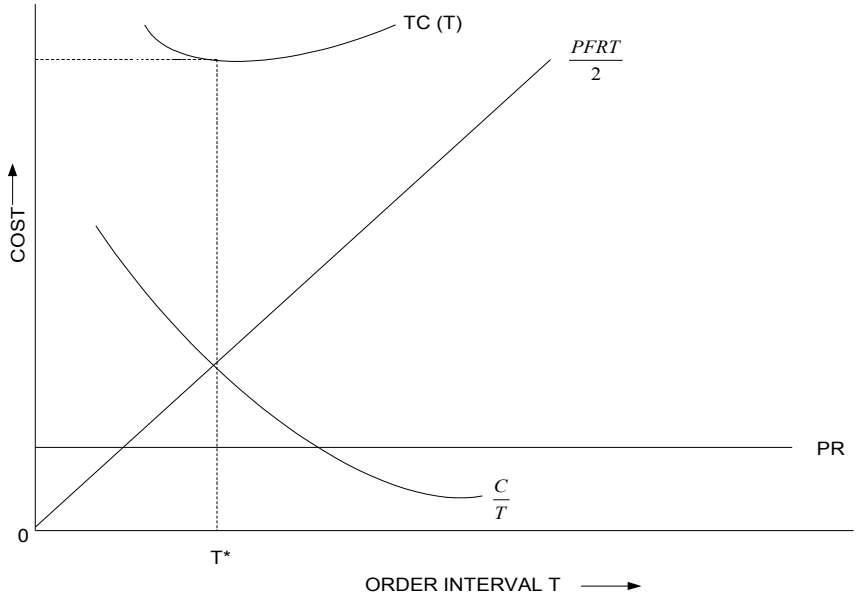
Bagaimanapun juga sistem memuat hanya dua parameter pilihan. Tinjauan periode tetap (T) dan tingkat inventori mksimum E. dari itu, semua pemenuhan order dapat ditentukan. Sistem interval order tetap disebut sistem T, sejak interval order (kapan melakukan order) konstan. Terkadang, interval order dibulatkan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



Gambar 2.15. sistem pemesanan tetap



Gambar 2.16. Biaya persediaan tahunan

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

$$\frac{dTC(T)}{dT} = -\frac{C}{T^2} + \frac{PFR}{2} = 0 \quad \text{.....(2.68)}$$

hasil dari perhitungan T adalah:

$$T^* = \sqrt{\frac{2C}{PFR}} = \text{interval pemesanan ekonomis} \quad \text{.....(2.69)}$$

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

$$m^* = \frac{1}{T^*} = \sqrt{\frac{PFR}{2C}} \quad \text{.....(2.70)}$$

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

$$Q^* = RT^* = R\sqrt{\frac{2C}{PFR}} = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} = \sqrt{\frac{2CR}{H}} \quad \text{.....(2.71)}$$

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:

$$E = RT + RL = R(T+L) = Q + B = \text{maksimal tingkat persediaan} \quad \text{.....(2.72)}$$

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:

$$TC(T^*) = PR + HRT^* \quad \text{.....(2.73)}$$

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 …

$$TC(T) = \sum_{i=1}^{n} P_i R_i + \frac{C + nc}{T} + \frac{TF}{2} \sum_{i=1}^{n} P_i R_i \quad \text{……..(2.74)}$$

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 item

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.

$$\frac{dTC(T)}{dT} = -\frac{C + nc}{T^2} + \frac{F}{2} \sum_{i=1}^{n} P_i R_i = 0 \quad \text{……...(2.75)}$$

hasil dari perhitungan T didapatkan rumus untu *EOI* :

$$T^* = \sqrt{\frac{2(C+nc)}{F\sum_{i=1}^{n} P_i R_i}} = \text{interval pemesanan ekonoimis} \quad \text{.....(2.76)}$$

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 :

$$E_i = \frac{R_i T}{N} + \frac{R_i L}{N} = \frac{R_i (T+L)}{N} = \text{persediaan maksimum untuk item i} \quad \text{...(2.77)}$$

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

$$TC(T^*) = (1 + FT^*)\sum_{i=1}^{n} P_i R_i \quad \text{.....(2.78)}$$