Bab 2
Study Literatur

2.1. Tujuan Persediaan

Umumnya persoalan yang dihadapi dalam pengendalian persediaan adalah menentukan besarnya persediaan optimal, dalam hal ini akan selalu timbul dua tujuan yang saling bertentangan yaitu meminimumkan ongkos dan memaksimumkan pelayanan terhadap konsumen. Jika jumlah persediaan sedikit, maka ongkos total persediaan yang timbul akan kecil, sedangkan resiko kekurangan persediaan akan menjadi besar. Demikian juga sebaliknya, jika jumlah persediaan besar, maka ongkos total persediaan yang timbul akan besar dan resiko kekurangan persediaan akan kecil.

Jadi tujuan pengendalian persediaan adalah untuk meminimumkan ongkos total persediaan yang terjadi akibat adanya ongkos untuk mempunyai persediaan, ongkos kerugian yang diderita, jika tidak memiliki persediaan dan ongkos pemesanan.

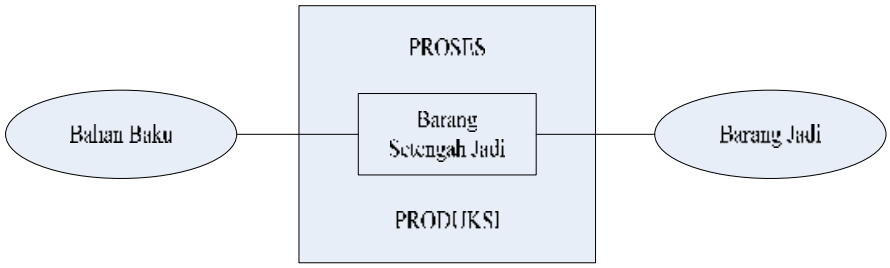
Ada 3 dasar tujuan persediaan yang dapat diuraikan adalah sebagai berikut:

1. Tujuan Keuangan *(Financial Objective)*
   Maksudnya adalah agar modal atau dana yang tertanam dalam persediaan selalu dalam batas-batas yang diizinkan.
2. Tujuan Perlindungan Hak Milik/Kekayaan *(Property Protection Objective)*
   a. Menghindari dan melindungi persediaan terhadap kerusakan, pemborosan dan pemakaian yang tidak perlu.
   b. Memberikan jaminan dalam batas tertentu bahwa modal yang tertanam dalam persediaan sesuai dalam pembukuan perusahaan.
3. Tujuan Praktis Dalam Operasi/Pelaksanaan *(Operating Objective)*
   a. Untuk memperoleh suatu hubungan yang seimbang antara produksi dan biaya penyimpanan di gudang serta pelayanan terhadap konsumen.

b. Untuk mencapai kerugian yang minimum akibat barang yang di simpan menjadi rusak atau harga yang menurun.

Dalam sistem manufaktur, persediaan terdiri dari 3 bentuk sebagai berikut:

1. Bahan baku, merupakan *input* awal dari proses *transformasi* menjadi produk jadi.
2. Barang setengah jadi, merupakan bentuk peralihan antara bahan baku dengan produk setengah jadi.
3. Barang jadi, merupakan hasil akhir proses *transformasi* yang siap dipasarkan kepada konsumen.



Gambar 2.1. Proses *Transformasi* Produksi

Persediaan diadakan apabila keuntungan yang diharapkan dari persediaan tersebut terjamin kelancarannya. Dengan demikian perlu diusahakan keuntungan yang diperoleh lebih besar dari biaya-biaya yang ditimbulkan. Pengertian persediaan dalam hal ini adalah sebagai suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam satu periode tertentu, atau persediaan barang-barang yang masih dalam pengerjaan/proses produksi, ataupun persediaan bahan baku yang menunggu penggunanya dalam suatu proses produksi.

Jadi persediaan merupakan sejumlah bahan-bahan, bagian-bagian yang disediakan dan bahan-bahan dalam proses yang terdapat dalam perusahaan untuk proses produksi, serta barang-barang jadi/produk yang disediaan untuk memenuhi permintaan dari konsumen atau langganan setiap waktu.

Pada prinsipnya persediaan mempermudah atau memperlancar jalannya operasi perusahaan pabrik, yang harus dilakukan secara berturut-turut untuk memproduksi barang-barang, serta selanjutnya menyampaikan kepada para pelanggan atau konsumen. Persediaan memungkinkan produk-produk dihasilkan pada tempat yang jauh dari langganan atau sumber bahan mentah. Adapun alasan diperlukannya persediaan oleh suatu perusahaan adalah :

a. Dibutuhkannya waktu untuk menyelesaikan operasi produksi dan untuk memindahkan produk dari suatu tingkat proses ke tingkat proses lainnya yang disebut persediaan dalam proses.
b. Alasan organisasi, untuk memungkinkan suatu unit atau bagian membuat jadwal operasinya secara bebas, tidak tergantung dari yang lainnya.

Sedangkan persediaan yang diadakan mulai dari bentuk bahan mentah sampai barang jadi, antara lain berguna untuk dapat:

a. Menghilangkan resiko keterlambatan datangnya barang atau bahan-bahan yang dibutuhkan perusahaan.
b. Menghilangkan resiko dari materi yang dipesan berkualitas tidak baik sehingga harus dikembalikan.
c. Untuk mengantisipasi bahan-bahan yang dihasilkan secara musiman sehingga dapat digunakan bila bahan itu tidak ada di pasaran.
d. Mempertahankan stabilitas operasi perusahaan atau menjamin kelancaran produksi.
e. Mencapai penggunaan mesin yang optimal.
f. Memberikan pelayanan kepada langganan dengan sebaik-baiknya dimana kainginan langganan pada suatu waktu dapat dipenuhi dengan memberikan jaminan tetap tersedianya barang jadi tersebut.
g. Membuat pengadaan atau produksi tidak perlu sesuai dengan penggunaan atau penjualannya.

2.2. Tipe Persediaan

Persediaan terdiri dari: persediaan alat-alat *(supplies)*, persediaan bahan baku *(raw material)*, persediaan barang dalam proses *(in-process goods)* dan persediaan

barang jadi *(finished goods)*. Persediaan alat-alat adalah persediaan yang diperlukan dalam menjalankan fungsi organisasi dan tidak menjadi bagian produk akhir. Persediaan bahan baku adalah item yang dibeli dari *supplier* untuk digunakan sebagai *input* dalam proses produksi. Bahan baku ini akan ditransformasikan atau dikonversi menjadi barang akhir. Persediaan barang dalam proses adalah bagian dari produk akhir, tetapi masih dalam proses pengerjaan, karena masih menunggu item yang lain untuk diproses. Persediaan barang jadi adalah persediaan produk akhir yang siap untuk dijual, didistribusikan atau disimpan.

2.3. Fungsi-Fungsi Persediaan

Persediaan terjadi akibat tidak seimbangnya permintaaan dengan penyediaan bahan baku dan waktu yang digunakan untuk memproses bahan baku. Untuk menjaga keseimbangan permintaan dengan penyediaan bahan baku dan waktu proses diperlukan persediaan.

1. Fungsi *Decoupling*

   Adalah persediaan yang memungkinkan perusahaan dapat memenuhi permintaan langganan tanpa tergantung dari supplier. Persedaiaan bahan mentah diadakan agar perusahaan tidak akan sepenuhnya tergantung pada pengadaannya dalam hal kuantitas dan waktu pengiriman.persediaan barang dalam proses diadakan agar depertemen-departemen dan proses-proses individual perusahaan terjaga. Persediaan barang jadi diperlukan untuk memenuhi permintaan produk yang tidak pasti dari para langganan. Persediaan yang diadakan untuk meghadapi fluktuasi permintaan konsumen yang tidak dapat direncanakan atau diramalkan disebut *fluctuation stock*.

2. Fungsi *Economic Lot Sizing*

   Persediaan *lot size* ini perlu mempertimbangkan penghematan-penghematan atau potongan pembelian, biaya pengangkutan perunit menjadi lebih murah. Hal ini disebabkan karena perusahaan melakukan pembelian dalam kuantitas yang lebih besar, dibandingkan dengan

biaya-biaya yang timbul karena besarnya persediaan (biaya sewa gudang, investasi, resiko dan sebagainya).

3. Fungsi Antisipasi

   Apabila perusahaan menghadapi fluktuasi permintaan yang dapat diperkirakan dan diramalkan berdasarkan pengalaman atau data-data masa lalu, yaitu permintaan musiman. Dalam hal ini perusahaan dapat mengadakan persediaan musiman *(seasional inventories*).

Disamping itu, perusahaan juga sering menghadapi ketidakpastian jangka waktu pengiriman dan permintaan akan barang-barang selama periode tertentu. Dalam hal ini perusahaan memerlukan eksrta yang disebut persediaan pengamanan (*safety stock/inventories*).

Pengendalian persediaan adalah masalah umum dan penting bagi setiap perusahaan. Alasan utama mengapa persediaan harus dikendalikan adalah karena pada umumnya tidak mungkin dan tidak ekonomis mengendalikan barang *(supply)* pada saat permintaan *(demand)* terjadi, oleh karena itu terdapat empat faktor yang dijadikan sebagai fungsi diperlukannya persediaan adalah sebagai berikut:

1. Faktor Waktu

   Diperlukan sejumlah waktu untuk proses produksi dan distribusi sebelum barang sampai ke konsumen, sehingga dengan adanya persediaan maka, permintaan yang datang diharapkan dapat dipenuhi pada saat permintaan itu tiba.

2. Faktor Ketergantungan

   Persediaan menyebabkan operasi-operasi yang bergantung satu sama lain (seperti pengecer, distributor dan pabrik) menjadi operasi bergantungan dan lebih ekonomis.

3. Faktor Ketidaktentuan

   Kejadian-kejadian seperti kesalahan dalam mengestimasi *Demand*, kerusakan peralatan, cuaca buruk dapat menyebabkan tidak terpenuhinya rencana semula perusahaan. Persediaan dapat membantu perusahaan

mengantisipasi kejadian-kejadian tersebut sehingga rencana perusahaan dapat tetap terpenuhi.

4. Faktor Ekonomi

   Perusahaan dapat memberikan keuntungan kepada perusahaan dengan alternatif-alternatif pengurangan ongkos seperti membeli dalam jumlah banyak sehingga memperoleh potongan harga, perusahaan dapat menyelaraskan produksi dan tingkat tenaga kerja yang ada dalam menghadapi bisnis musiman.

Berdasarkan faktor-faktor diatas, macam persediaan dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Persediaan pengaman *(safety stock)*
2. Persediaan antisipasi *(anticipation stock)*
3. Persediaan dalam pengiriman *(transit stock)*

Persediaan pengaman atau sering disebut sebagai *buffer stock* adalah persediaan yang dilakukan untuk mengantisipasi unsur ketidakpastian permintaan dan penyediaan. Apabila persediaan pengaman tidak mampu mengantisipasi ketidakpastian tersebut, akan terjadi kekurangan persediaan *(stockout)*.

Persediaan antisipasi/berjaga-jaga atau sering disebut sebagai *stabilization stock* adalah persediaan yang dilakukan untuk menghadapi fluktuasi permintaan *(fluktuasi demand)* yang sudah dapat diperkirakan sebelumnya.

Persediaan dalam pengiriman atau sering disebut *work-in-process stock* adalah persediaan yang masih dalam pengiriman atau transit. Terdapat dua jenis persediaan dalam pengiriman, yaitu:

(a). *External transit stock* adalah persediaan yang masih berada dalam truck, kapal dan kereta api.

(b). *Internal transit stock* adalah persediaan yang masih menunggu untuk diproses atau menunggu sebelum dipindahkan.

2.4. Pengertian Persediaan

Untuk dapat lebih memahami mengenai pengertian persediaan, akan ditinjau dari beberapa definisi dari persediaan. Beberapa penulis buku tentang persediaan memberikan definisi yang berbeda-beda namun semua memiliki arti dan tujuan yang sama, antara lain adalah:

1. *"Inventory are in assets the firm and such appear on the balance sheet from a financial stand point inventory represent a capital investment and must, therefore, complete with other asset from for the firm's limited capital found's"*. (David D. Bred Worth and James E Bailey, 1982).
2. Persediaan dapat di definisikan sebagai bahan yang disimpan dalam gudang untuk kemudian digunakan atau dijual. Persediaan dapat berupa bahan baku untuk keperluan proses, barang-barang yang masih dalam proses dan barang jadi yang disimpan untuk penjualan. (John E Beigel, 1981).
3. *"……Inventory as material field in an idle or incomplete state a waiting future sale or use. (in the most general, sense, inventory is any idle resource)"*. (Richard J Tersine, 1994).
4. *"Inventory as the raw material, semi finished part and assemblies, and finished goods that are in the production system at any point in time. Inventory serve as buffer between stages of the production system and between the production system and its customers"*.

2.5. Biaya-Biaya Dalam Sistem Persediaan

Secara umum dapat dikatakan bahwa sistem persediaan adalah semua pengeluaran dan kerugian yang timbul akibat adanya persediaan. Biaya sistem persediaan terdiri dari :

1. Biaya Pembelian *(Purchasing Cost=c)*

   Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli barang dari pihak luar atau biaya per-unit apabila diproduksi. Besarnya biaya pembelian ini tergantung pada jumlah barang yang dibeli dengan harga satuan barang. Biaya pembelian menjadi faktor penting ketika harga barang yang dibeli tergantung pada ukuran pembelian. Dalam kebanyakan teori persediaan,

komponen biaya pembelian tidak dimasukan kedalam total biaya sistem persediaan karena diasumsikan bahwa harga barang per-unit tidak dipengaruhi oleh jumlah barang yang dibeli.

2. Biaya Pengadaan *(Procurement Cost)*

Biaya pengadaaan dibedakan atas 2 jenis sesuai asal-usul barang, yaitu :

a. Biaya Pemesanan *(Ordering Cost = k)*

Biaya pemesanan adalah semua pengeluaran yang timbul untuk mendatangkan barang dari luar. Biaya ini meliputi biaya untuk menentukan pemasok *(supplier)*, pengetikan pesanan, pengiriman pesanan, biaya pengankutan, biaya penerimaan dan seterusnya. Biaya ini diasumsikan konstan untuk setiap kali pesan.

b. Biaya Pembuatan *(Setup Cost = k)*

Biaya pembuatan adalah semua pengeluaran yang timbul dalam mempersiapkan produksi suatu barang. Biaya ini timbul didalam pabrik yang meliputi biaya menyusun peralatan produksi, menyetel mesin, mempersiapkan gambar kerja dan seterusnya.

3. Biaya Penyimpanan *(Holding Cost/Carrying Cost = h)*

Adalah semua pengeluaran yang timbul akibat penyimpanan barang.

Biaya ini meliputi :

a. Biaya Memiliki Persediaan (Biaya Modal)

Penumpukan barang digudang berarti penumpukan modal, dimana modal perusahaan mempunyai ongkos *(expense)* yang dapat diukur dengan suku bunga bank. Oleh karena itu, biaya yang ditimbulkan karena memiliki persediaan harus diperhitungkan dalam biaya sistem persediaan. Biaya memiliki persediaan diukur sebagai persentase nilai persediaan untuk periode waktu tertentu.

b. Biaya Gudang

Barang yang disimpan memerlukan tempat penyimpanan sehingga timbul biaya gudang. Bila gudang dan peralatannya disewa maka biaya gudangnya merupakan biaya sewa sedangkan bila perusahaan

mempunyai gudang sendiri maka biaya gudang merupakan biaya depresiasi.

c. Biaya Kerusakan dan Penyusutan

Barang yang disimpan dapat mengalami kerusakan dan penyusutan karena beratnya berkurang ataupun jumlahnya berkurang karena hilang. Biaya kerusakan dan penyusutan biasanya diukur dari pengalaman sesuai dengan persentasenya.

d. Biaya Kadaluarsa *(Absolence)*

Barang yang disimpan dapat mengalami penurunan nilai karena perubahan teknologi dan modal seperti barang-barang elektronik. Biaya ini biasanya diukur dengan besarnya penurunan nilai jual dari barang tersebut.

e. Biaya Asuransi

Barang yang disimpan diasuransikan untuk menjaga dari hal-hal yang tidak diinginkan seperti kebakaran. Biaya asuransi tergantung jenis barang yang diasuransikan dan perjanjian dengan perusahaan asuransi.

f. Biaya Administrasi dan Pemindahan

Biaya ini dikeluarkan untuk mengadministrasi persediaan barang yang ada, baik pada saat pemesanan, penerimaan barang maupun penyimpanannya dan biaya untuk memindahkan barang dari, ke dan di dalam tempat penyimpanan, termasuk upah buruh dan biaya peralatan *handling*.

4. Biaya Kekurangan Persediaan *(shortage Cost = p)*

Bila perusahaan kehabisan barang pada saat ada permintaan, maka akan terjadi keadaan kekurangan persediaan. Kekurangan dari liuar terjadi apabila pesanan konsumen tidak dapat dipenuhi, sedangkan kekurangan dari dalam terjadi apabila departemen tidak dapat memenuhi kebutuhan depertemen yang lain.

Biaya kekurangan dari luar dapat berupa biaya *backorder*, biaya kehilangan kesempatan penjualan dan biaya kehilangan kesempatan keuntungan.

Keadaan ini akan menimbulkan kerugian karena proses produksi akan terganggu dan kehilangan kesempatan mendapat keuntungan atau kehilangan konsumen pelanggan karena kecewa, sehingga beralih ke tempat lain. Jika terjadi kekurangan atas permintaan suatu item, perusahaan harus melakukan *backorder* atau mengganti dengan item lain atau membatalkan pengiriman. Dalam situasi seperti ini bukan kerugian penjualan yang terjadi, tetapi penundaan dalam pengiriman.

Untuk mengatasi masalah ini secara khusus perusahaan melakukan pembelian darurat atas item tersebut dan perusahaan akan menanggung biaya tambahan *(extra cost)* untuk pesanan khusus yang dapat berupa biaya pengiriman secara cepat dan tambahan biaya pengepakan. Biaya kekurangan persediaan dapat diukur dari:

- Kuantitas Yang Tidak Dapat Dipenuhi

  Biasanya diukur dari keuntungan yang hilang karena tidak dapat memenuhi permintaan atau dari kerugian akibat terhentinya proses produksi. Kondisi ini diistilahkan sebagai biaya penalti (p) atau hukuman kerugian bagi perusahaan, dengan satuan misalnya Rp/unit.
- Waktu Pemenuhan

  Lamanya gudang kosong berarti lamanya proses produksi terhenti atau lamanya perusahaan tidak mendapat keuntungan, sehingga waktu menganggur tersebut dapat diartikan uang yang hilang. Biaya waktu pemenuhan diukur berdasarkan waktuyang diperlukan untuk memenuhi gudang, dengan satuan misalnya Rp/satuan waktu.
- Biaya Pengadaan Darurat

  Supaya konsumen tidak kecewa, maka dapat dilakukan pengadaan darurat yang biasanya menimbulkan biaya yang lebih besar dari pengadaan normal. Kelebihan biaya dibandingkan pengadaan normal ini dapat dijadikan ukuran untuk menentukan biaya kekurangan persediaan, dengan satuan misalnya Rp/setiap kali kekurangan.

Kadang-kadang biaya ini disebut juga biaya kesempatan *(opportunity cost).* Ada perbedaan pengertian antara biaya persediaan aktual yang dihitung secara

akuntansi dengan biaya persdiaan yang digunakan dalam menentukan kebijaksanaan persediaan. Biaya persediaan yang diperhitungkan dalam penentuan kebijaksanaan persediaan hanyalah biaya-biaya yang bersifat variabel *(incremental cost)*, sedangkan biaya yang bersifat *fixed* seperti biaya pembelian tidak akan mempengaruhi hasil optimal yang diperoleh sehingga tidak perlu diperhitungkan.

Tujuan dari manajemen persediaan adalah meminimumkan biaya, oleh karena itu perusahaan perlu mengadakan analisis untuk menentukan tingkat persediaan yang dapat meminimumkan biaya atau paling ekonomis.

2.6. *Reorder Point* (ROP)

ROP atau biasa disebut dengan batas/titik pemesanan kembali termasuk permintaan yang diinginkan atau dibutuhkan selama masa tenggang. ROP model terjadi apabila jumlah persediaan yang terdapat didalam stock berkurang terus menerus sehingga kita harus menentukan berapa banyak batas minimal tingkat persediaan yang harus dipertimbangkan agar tidak terjadi kekurangan persediaan.

2.6.1. Model Model *Reorder Point* (ROP)

Adapun model-model *reorder poin* adalah sebagai berikut:

1. Jumlah permintaan maupun masa tenggang adalah konstan.

   Dalam model ini baik besarnya permintaan maupun masa tenggang konstan, sehingga tidak ada penambahan persediaan.
2. Jumlah permintaan adalah variabel sedangkan masa tenggang adalah konstan.

   Model ini memiliki asumsi bahwa selama periode masa tenggang tidak tergantung pada permintaan harian yang digambarkan malalui distribusi normal.

$$ROP = \overline{d} + LT + Z\sqrt{LT}(\sigma d)$$

Dimana : $\overline{d}$ = Rata-rata tingkat kebutuhan

LT = Masa tenggang

σd = Standar deviasi dari tingkat kebutuhan

3. Jumlah permintaan adalah konstan, sedangkan masa tenggang adalah variabel.

   Lead time pada kondisi distribusi normal, diharapkan permintaan selama masa *lead time* pada kondisi distribusi normal, tetapi variannya tidak mencakup perhitungan atau penjualan varian-varian sebelumnya.

$$ROP = \overline{dLT} + z\, d\, \sigma LT$$

   Dimana: $\overline{d}$ = Rata-rata tingkat kebutuhan

   LT = Masa tenggang

   σd = Standar deviasi dari tingkat kebutuhan

4. Jumlah permintaan maupun masa tenggang adalah variabel.

   Dalam model ini, besarnya permintaan dan masa tenggang merupakan variabel (dapat berubah-ubah) sesuai dengan perubahan masa tenggang.

$$ROP = \overline{d}(\overline{LT}) + z\sqrt{\overline{LT}\sigma d^{2} + \overline{d}^{2}\sigma \overline{LT}^{2}}$$

   Dimana: $\overline{d}$ = Rata-rata tingkat kebutuhan

   LT = Masa tenggang

   σd = Standar deviasi dari tingkat kebutuhan

2.7. Metode pengendalian persediaan

Secara kronologis metode pengendalian persediaan yang ada dapat diidentifikasikan sebagai berikut:

1. Metode Pengendalian Tradisional
2. Metode Perencanaan Kebutuhan Material (MRP)
3. Metode Kanban
4. Metode *Just In Time*

Metode pengendalian tradisional menggunakan matematika dan statistik sebagai alat bantu utama dalam memecahkan masalah kuantitatif dalam sistem persediaan. Pada dasarnya, metode ini berusaha mencari jawaban optimal dalam menentukan :

1. Jumlah ukuran pemesanan ekonomis (EOQ).
2. Titik pemesanan kembali *(reorder point).*
3. Jumlah cadangan pengaman *(safety stock)* yang diperlukan.

Metode ini sering juga disebut metode pengendalian tradisional karena memberi dasar lahirnya metode baru yang lebih modern seperti MRP di Amerika dan Kanban di Jepang, metode pengendalian secara statistik ini biasanya digunakan untuk mengendalikan barang yang permintaannya bersifat bebas *(dependent)* dan saling tidak bergantung, yang dimaksud permintaan bebas adalah permintaan yang hanya dipengaruhi mekanisme pasar sehingga bebas dari fungsi operasi produksi. Sebagai contoh permintaan untuk barang jadi dan suku cadang pengganti *(spare part)*.

2.7.1. Model Statis *Economic Order Quantity* (EOQ)

Jumlah pesanan yang dapat meminimumkan total biaya persediaan disebut *Economic Order Quantity* (EOQ). Secara klasik model persediaan yang dianggap ideal.

Model persediaan yang paling sederhana ini memakai asumsi-asumsi sebagai berikut :

- Hanya satu item barang (poduk) yang diperhitungkan.
- Kebutuhan (permintaan) setiap periode diketahui (tertentu).
- Barang yang dipesan diasumsikan dapat segera tersedia *(instaneously)* atau tingkat produksi *(production rate)* barang yang dipesan berlimpah (tak terhingga).
- Waktu ancang-ancang *(lead time)* bersifat konstan.
- Setiap kali pesanan diterima dalam sekali pengiriman dan langsung dapat digunakan.
- Tidak ada pemesanan ulang *(back order)* karena kehabisan persediaan *(shortage)*.
- Tidak ada diskon untuk jumlah pembelian yang banyak *(quantity discount)*.

Dari asumsi-asumsi diatas, model ini mungkin diaplikasikan baik pada sistem manufaktur seperti penentuan persediaan bahan baku dan pada sistem non manufaktur seperti pada penentuan jumlah bola lampu pada suatu bangunan;

penggunaan perlengkapan habis pakai *(office supplies)* seperti kertas, buku nota dan pensil; konsumsi bahan-bahan makanan seperti beras, jagung dan lain-lain.

Tujuan model ini adalah untuk menentukan jumlah ekonomis setiap kali pesan (EOQ) sehingga meminimasi biaya total persediaan dimana :

Biaya Total Persediaan = *Ordering Cost* + *Holding Cost* + *Purchasing Cost*

Parameter-parameter yang dipakai dalam metode ini adalah :

D = Jumlah kebutuhan barang selama 1 periode (misalnya 1 tahun)

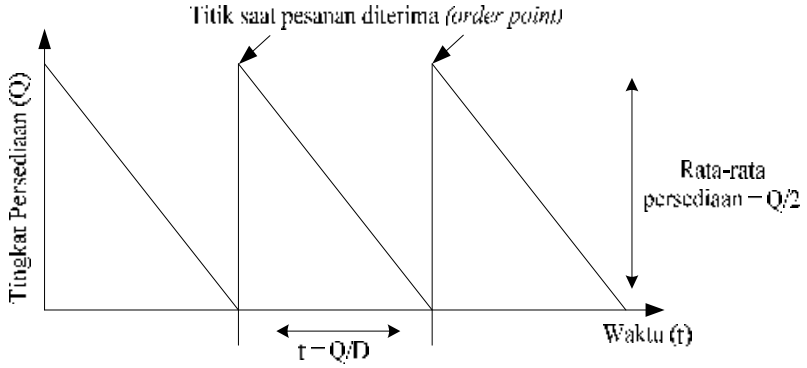
k = *Ordering Cost* setiap kali pesan.

h = *Holding Cost* per-satuan nilai persediaan per-satuan waktu.

c = *Purchasing Cost* per-satuan nilai persediaan.

t = Waktu antara satu pemesanan ke pemesanan berikutnya.

Secara grafis model dasar persediaan ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Model Persediaan EOQ Sederhana

Gambar diatas dapat membantu kita memahami pembentukan model matematisnya. Sejumlah Q unit barang dipesan secara periodik. *Order point* merupakan saat siklus persediaan *(inventory cycle)* yang baru dimulai dan yang lama berakhir karena pesanan diterima. Setiap siklus persediaan berlangsung selama siklus waktu t, artinya setiap t hari (atau mingguan, bulanan dan sebagainya) dilakukan pesanan kembali. Lamanya t sama dengan proporsi kebutuhan satu periode (D) yang dapat dipenuhi oleh Q, sehingga dapat ditulis $t = \frac{Q}{D}$. Gradien negatif Dt (-Dt) dapat dipakai untuk menunjukan jumlah persediaan dari waktu ke waktu. Karena barang yang dipesan diasumsikan dapat

segera tersedia, maka setiap siklus persediaan dapat dilukiskan dalam bentuk segitiga dengan alas t dan tinggi Q.

Tujuan secara matematis model ini di mulai dengan komponen biaya *ordering cost* yang tergantung pada jumlah (frekuensi) pemesanan dalam 1 periode, dimana frekuensi pemesanan tergantung pada :

- Jumlah kebutuhan barang selama 1 periode (D).
- Jumlah setiap kali pemesanan (Q).

Sehingga dapat dilukiskan bahwa frekuensi pemesanan $= \frac{Q}{D}$

Ordering cost setiap periode diperoleh dengan mengalikan $\frac{Q}{D}$ dengan biaya setiap kali pesan (k), sehingga : *Ordering Cost* per-periode $= \left(\frac{Q}{D}\right)k$.

Komponen biaya kedua yaitu, *holding cost* dipengaruhi oleh jumlah barang yang disimpan dan lamanya barang disimpan. Setiap hari jumlah barang yang disimpan akan berkurang karena dipakai/terjual, sehingga lama penyimpanan antara satu unit barang yang lain juga berbeda. Oleh karena itu, yang perlu diperhatikan adalah tingkat persediaan rata-rata, karena persediaan bergerak dari Q unit ke nol unit dengan tingkat pengurangan konstan (gradien-D) selama waktu-t, maka persediaa rata-rata untuk setiap siklus adalah $\frac{Q+0}{2} = \frac{Q}{2}$, sehingga : *Holding Cost* per-periode $= h\left(\frac{Q}{2}\right)$.

Komponen biaya ketiga, yaitu *purchasing cost* merupakan antara kebutuhan barang selama periode (D) dengan harga per-unit (C) sehingga :

Purchasing cost per-periode = D_C

Dengan menggabungkan ketiga komponen biaya persediaan diatas, maka :

Biaya Total Persediaan $= \left(\frac{Q}{D}\right)k + h\left(\frac{Q}{2}\right) + D_C$

Tujuan model EOQ ini adalah menentukan nilai Q sehingga meminimumkan biaya total persediaan. Tetapi yang perlu diperhitungkan dalam penentuan nilai Q adalah biaya-biaya relevan saja *(incremental cost).* Komponen biaya ketiga dapat diabaikan karena biaya tersebut akan timbul tanpa tergantung pada frekuensi pemesanan, sehingga tujuan model EOQ ini adalah meminimasi biaya total persediaan dengan komponen biaya *ordering cost* dan *holding cost* saja, atau:

Biaya persediaan : *Incremental Cost* (TIC) $= \left(\frac{Q}{D}\right)k + h\left(\frac{Q}{2}\right)$

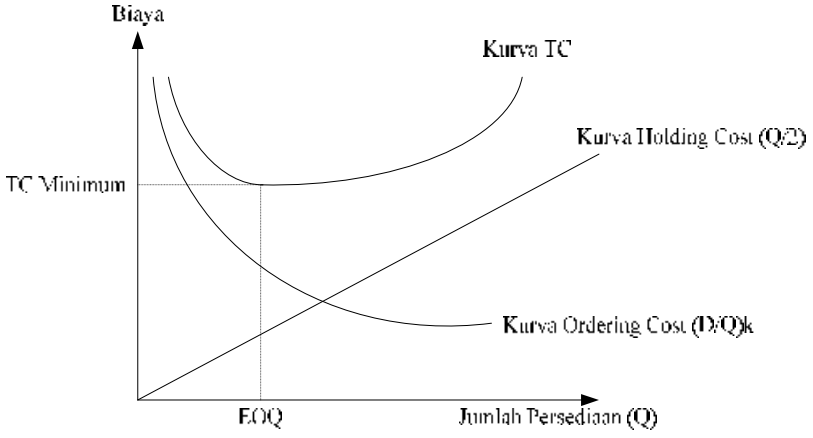
Jumlah pesanan yang optimal (EOQ) secara matematis dihitung dengan mendeferensialkan persamaan diatas terhadap Q dan diberi harga nol (0), sehingga diperoleh:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2Dk}{h}}. \qquad (2.6.1\text{-}1)$$

Bila (Q optimal = EOQ) telah diperoleh, maka t optimal diperoleh sebagai berikut: $t_0 = \frac{Q_0}{D}$.

Besarnya TC dapat diperoleh dengan memasukan harga Q_0, sehingga diperoleh: $TIC = \sqrt{2Dkh}$.

Gambar dibawah ini menunjukan posisi titik EOQ yang membentuk kurva TC minimum.



Gambar 2.3. Kurva TC Minimum

Biaya total relevan (TC) merupakan penjumlahan 2 komponen biaya *ordering cost*, sehingga tinggi (jarak) kurva TC pada setiap titik Q merupakan hasil penjumlahan tinggi (jarak) kedua kurva komponen biaya tersebut secara tegak lurus.

Ordering cost mempunyai bentuk geometris hiperbola dimana makin kecil Q, berarti semakin sering pemesanan dilakukan dan semakin besar biaya pemesanan yang dikeluarkan. Sebaliknya jika Q semakin besar, berarti semakin jarang pemesanan dilakukan dan semakin kecil biaya pemesanan yang dikeluarkan. Bila digambarkan secara grafis, maka semakin besar Q, semakin menurun kurva *ordering cost*.

Holding cost mempunyai bentuk garis lurus, karena komponen biaya ini tergantung pada tingkat persediaan rata-rata. Garis ini dimulai dari titik Q=0, dimana tingkat persediaan rata-rata semakin membesar secara proporsional dengan gradien yang sama.

Pada kondisi nyata dilapangan, asumsi barang bersifat *instaneous* sulit diterapkan karena diperlukan suatu tenggang waktu untuk mengirimkan barang yang dipesan karena mungkin produsen barang yang dipesan tidak mempunyai cukup persediaan pada saat pesanan datang. Tenggang waktu antara dilakukan pemesanan dengan saat barang datang disebut *lead time*. Saat dimana pemesanan kembali harus dilakukan agar barang yang dipesan datang tepat pada saat dibutuhkan disebut titik pemesanan kembali *(reorder point=R)*.

Hal ini berarti perusahaan harus mengamati secara terus menerus tingkat persediaannya sampai *reorder point* tercapai. Mungkin ini sebabnya mengapa model EOQ kadang-kadang diklasifikasikan sebagai ”Model Perulangan Kontinu” *(Continuous Review Model)*.

Contoh 1:

PT. BMC membeli 600 unit produk setiap tahun dengan harga Rp. 1.000 per-unit, biaya pemesanan Rp. 1.500 setiap kali pesan dan biaya simpan Rp. 3,125 per-unit

per-tahun berapa nilai EOQ, jika jumlah kebutuhan suatu komponen sebuah perusahaan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Data permintaan contoh 1

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30

Jawab :

- 600 unit /12 = 50 unit

$$EOQ = \sqrt{\frac{2Dk}{H}} = \sqrt{\frac{2*50*1.500}{3{,}125}} = 219{,}08 = 220\ unit$$

Tabel 2.2. Data hasil perhitungan contoh 1

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**Total**
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30	**600**
Lot Size	220			220					220				**660**
Inventory	200	150	50	190	190	90	50	10	210	160	90	60	**1450**

- Ongkos Simpan = 1450 x Rp. 3,125 = Rp. 4.531,25
- Ongkos Pesan = selama 3 periode x Rp. 1.500 = Rp. 4.500
- Ongkos Total = Ongkos simpan + Ongkos Pesan
  = 4.531,25 + Rp. 4.500
  = Rp. 9.031,25 = Rp. 9.000

2.7.2. Lot-For-Lot Ordering (LFL)

Lot-for-lot ordering (LFL) adalah pendekatan sederhana dalam menentukan *schedule* pemesanan untuk setiap periode. Dalam membeli item, jumlah yang dibutuhkan dapat ditentukan secara pasti untuk setiap periode, dengan demikian item diperoleh dari periode ke periode. Pendekatan teknik ini bertujuan untuk menghilangkan biaya penyimpanan, sehingga ongkos persediaan menjadi nol dalam setiap periode.

Teknik ini merupakan *lot sizing* yang paling mudah dan sederhana. Teknik ini selalu melakukan perhitungan kembali (bersifat dinamis) terutama jika terjadi perubahan pada kebutuhan bersih. Penggunaan teknik ini bertujuan untuk

meminimumkan ongkos simpan, sehingga dengan teknik ini ongkos simpan menjadi nol. Oleh karena itu metode ini sering sekali digunakan untuk item-item yang mempunyai biaya simpan yang sangat mahal. Apabila dilihat dari pola kebutuhan yang bersifat diskontinu atau tidak teratur, maka teknik ini memiliki kemampuan yang baik. Disamping itu taknik ini sering digunakan pada sistem produksi manufaktur yang mempunyai sifat *setup permanent* pada proses produksinya. Pemesanan dilakukan dengan mempertimbangkan ongkos penyimpanan.

Pada teknik ini, pemenuhan kebutuhan bersih dilaksanakan disetiap periode yang membutuhkannya, sedangkan besar ukuran kuantitas pemesanan (*lot sizing*) adalah sama dengan jumlah kebutuhan bersih yang harus dipenuhi pada periode yang bersangkutan.

Contoh 2:

Diketahui jumlah kebutuhan suatu komponen sebuah perusahaan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3. Data permintaan contoh 2

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30

Jika :

- Harga/unit (k) = Rp. 150/unit
- Ongkos Simpan (h) = Rp. 300/unit/periode
- Ongkos Pesan (A) = Rp. 1.500/pesan

Jawab :

Tabel 2.4. Data hasil perhitungan contoh 2

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**Total**
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30	600
Lot Size	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30	600
Inventory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Ongkos Simpan = 0 x Rp. 300 = 0
- Ongkos Pesan = 11 periode x Rp. 1.500 = Rp. 16.500
- Ongkos Total = Ongkos simpan + Ongkos Pesan
  = 0 + Rp. 16.500
  = Rp. 16.500

Jadi ongkos total biaya perusahaan tersebut adalah sebesar Rp. 16.500.

2.7.3. Fixed Order Quantity (Jumlah Pesanan Tetap)

Teknik FOQ menggunakan kuantitas pemesanan yang tetap untuk suau persediaan item tertentu dapat ditentukan secara sembarang atau berdasarkan pada faktor-faktor intuitif. Dalam menggunakan teknik ini jika perlu, jumlah pesanan diperbesar untuk disamakan dengan jumlah kebutuhan bersih yang tinggi pada suatu periode tertentu yang harus dipenuhi, yang berarti ukuran kuantitas pemesanannya (*lot sizing*) adalah sama untuk seluruh periode berikutnya dalam perencanaan. Metode ini dapat digunakan untuk item-item yang biaya pemesanannya (*ordering cost*) sangat besar.

Contoh 3:

Diketahui jika sebuah perusahaan menggunakan ukuran lot 180 untuk melakukan pemesanan harga/unit (k) = Rp. 150/unit, ongkos simpan (h) = Rp. 300/unit/periode dan ongkos pesan (A) = Rp. 1.500/pesan, dengan data kebutuhan sebagai berikut :

Tabel 2.5. Data permintaan contoh 3

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30

Jawab:

Tabel 2.6. Data hasil perhitungan contoh 3

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**Total**
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30	**600**
Lot Size	180			180			180				180		**720**
Inventory	160	110	10	110	110	10	150	110	90	40	150	120	**1170**

- Ongkos Simpan = 1.170 x Rp. 300 = Rp. 351.000
- Ongkos Pesan = selama 4 periode x Rp. 1.500 = Rp. 6.000
- Ongkos Total = Ongkos simpan + Ongkos Pesan
  = Rp. 351.000 + Rp. 6.000
  = Rp. 357.000

Jadi ongkos total biaya perusahaan adalah sebesar Rp. 357.000.-

2.7.4. Periodic Order Quantity (Jumlah Pesanan Periode)

Teknik POQ pada prinsipnya sama dengan teknik *Fixed Period Requirements* (FPR). Perbedanya adalah pada teknik ini POQ interval pemesanan ditentukan dengan suatu perhitungan yang bedasarkan pada logika EOQ klasik yang telah dimodifikasi, sehingga dapat digunakan pada permintaan yang berperiode diskrit. Dalam teknik ini jumlah pesanan ekonomis akan memberikan ongkos persediaan yang lebih kecil dengan ongkos pesanan yang sama. Kesulitan yang dihadapi dalam teknik ini adalah bagaimana menentukan besarnya interval periode pesanan apabila sifat kebutuhannya adalah kontinu. Interval pemesanan ekonomis (EOI) dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$EOI = \frac{EOQ}{R} = \sqrt{\frac{2C}{RPh}} \qquad (6.2.4\text{-}1)$$

Dimana :

EOI = Interval pemesanan ekonomis dalam satu periode.
C = Biaya pemesanan setiap kali pesan.
h = Biaya simpan setiap periode.
P = Harga atau biaya pembelian perunit.
R = Rata-rata permintaan per-periode.

Jumlah pemesanan dihitung dari akumulasi permintaan setiap interval pemesanan.

Contoh 4:

Jika harga/biaya pembelian per-unit Rp. 150.000, biaya pemesanan Rp. 300.000 setiap kali pesan, dan persentase biaya simpan per-periode 1,5%. Tentukan jumlah pemesanan tersebut data kebutuhan sebagai berikut :

Tabel 2.7. Data permintaan contoh 4

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Total**
Net. Req	10	3	30	100	7	15	80	50	15	0	**310**

Jawab :

$$EOI = \frac{EOQ}{R} = \sqrt{\frac{2C}{RPh}} = \sqrt{\frac{2(300.000)}{310(150.000)0{,}015}} = 2{,}93 = 3$$

Berdasarkan interval pemesanan EOI = 3 maka dapat dihitung jumlah pemesanan dan periode waktu pemesanan seperti dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2.8. Data hasil perhitungan contoh 4

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**Total**
Net. Req	10	3	30	100	7	15	80	50	15	0	**310**
Lot Size	**43**	-	-	**122**	-	-	**145**	-	-	**0**	**310**

2.7.5. Fixed Period Requirements (Kebutuhan Periode Tetap)

Teknik FPR ini menggunakan konsep interval pemesanan yang konstan, sedangkan ukuran kuantitas (*lot sizing*) bervariasi. Bila dalam metode FOQ besarnya jumlah lot adalah tetap sementara selang waktu antar pesanan tidak tetap sedangkan dalam metode FPR ini selang waktu antar pemesanan dibuat tetap dengan ukuran lot sesuai dengan kebutuhan besih. Ukuan kuantitas pemesanan tersebut merupakan penjumlahan kebutuhan bersih (Rt) dari setiap periode yang tercakup dalam interval pemesanan yang telah ditetapkan. Penetapan interval dilakukan secara sembarang.

Contoh 5:

Diketahui jika sebuah perusahaan menggunakan 2 periode untuk melakukan pemesanan harga/unit (k) = Rp. 150/unit, ongkos simpan (h) = Rp. 300/unit/periode dan ongkos pesan (A) = Rp. 1.500/pesan, dengan data kebutuhan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.9. Data permintaan contoh 5

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30

Jawab:

Tabel 2.10. Data hasil perhitungan contoh 5

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**Total**
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30	**600**
Lot Size	70	-	180	-	-	140	-	60	-	120	-	30	**600**
Inventory	50	0	80	0	0	40	0	20	0	70	0	0	**260**

- Ongkos Simpan = 260 x Rp. 300 = Rp. 78.000
- Ongkos Pesan = selama 6 periode x Rp. 1.500 = Rp. 9.000
- Ongkos Total = Ongkos simpan + Ongkos Pesan
  = Rp. 78.000 + Rp. 9.000
  = Rp. 87.000

Jadi ongkos total biaya perusahaan adalah sebesar Rp. 87.000.-

2.7.6. Least Unit Cost (Biaya Unit Terendah)

Biaya unit terendah atau *least unit cost* (LUC) adalah mirip dengan metode *Silver-Meal*. Penentuan rata-rata biaya per-unit adalah jumlah periode dalam penambahan pesanan. Penambahan pesanan direncanakan ketika biaya rata-rata per-unit pertama meningkat. Total biaya relevan adalah penjumlahan biaya pemesanan dan biaya simpan.

Didalam teknik ini, baik jumlah tiap kali pesan dan interval periode pemesanan barvariasi/mungkin bisa tidak sama. Penetapan ukuran lot "*trial and error*". Jika penerimaan pesanan dimulai pada periode pertama dan cukup untuk memenuhi kebutuhan sampai akhir periode T, maka total biaya relevan per-unit adalah prosedurnya sebagai berikut :

1. Tetapkan selang interval pemesanan.
2. Tentukan besarnya lot yang dapat saja = jumlah net req di awal periode. Atau dapat ditambah dengan *net requirement* pada periode-periode berikutnya.
3. Hitung total *cost* (jumlah ongkos pesan dan ongkos simpan).
4. Tentukan besar ukuran lot berdasarkan ongkos per-unit terkecil.

$$C_h(L) = \frac{h.\sum_{t=1}^{L}(t-T)dt}{\sum_{t=T}^{L} dt}\ ,\ C_s(L) = \frac{A}{\sum_{t=T}^{L} dt} \quad dan \qquad (6.2.6\text{-}1)$$
$$C_p(L) = C_h(L) + C_s(L)$$

Dimana : $C_s(L)$: Ongkos Pesan/unit pada periode L,

$C_h(L)$: Ongkos Simpan/unit pada periode L,

$C_p(L)$: Ongkos Total/unit pada periode L,

h : Ongkos Simpan/unit/periode,

A : Ongkos Pesan/pesanan,

L : Periode terakhir yang net requirementnya termasuk dalam lot tentatif

T : Periode awal dimana lot tentatif mulai dihitung,

t : Periode ke-t,

dt : Net Requirement pada periode ke-t.

Algoritma teknik ini adalah:

Langkah 1 : Tentukan ukuran lot tentative pada periode T = *net requirement* pada periode T. hitung total *cost* per-unit yang terjadi.

Langkah 2 : Tambahkan *net requirement* periode berikutnya pada ukuran lot tentative sebelumnya, kemudian hitung juga total *cost* per-unitnya.

Langkah 3 : Bandingkan total *cost* per-unit dengan periode sebelumnya, jika $Cp(L) \le Cp(L-1)$ kembali ke langkah 2 dan jika $Cp(L) > Cp(L-1)$ teruskan ke langkah 4.

Langkah 4 : Tetapkan ukuran lot pada periode T dengan besarnya lot $= \sum_{t=T}^{t} dt$.

Langkah 5 : Sekarang T = L, jika akhir dari periode *horizon* telah dicapai, hentikan algoritma dan jika belum, maka kembali ke langkah 1.

Contoh 6:

Tabel 2.11. Data permintaan contoh 6

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30

Jika :

- Harga/unit (k) = Rp. 150/unit
- Ongkos Simpan (h) = Rp. 3,125/unit/periode
- Ongkos Pesan (A) = Rp. 1.500/pesan

Jawab :

Tabel 2.12. Data lot tentatif per-periode

Periode (t)	Net. Req (dt)	Lot Tentatif	Cost		
			Ch(L)	Cs(L)	CP(L)
1	20	20	0	75	75
2	50	70	2,2	21,4	23,7
3	100	170	4,6	8,8	13,4
4	80	250	6,1	6,0	12,1
5	0	250*	0	0	0
6	100	350	8,8	4,3	13,1
6	100	100	0,0	15,0	15,0
7	40	140	0,9	10,7	11,6
8	40	180	2,1	8,3	10,4
9	20	200*	2,8	7,5	10,3
10	50	250	4,8	6,0	10,8
10	50	50	0	30	30
11	70	120	4,9	12,5	17,4
12	30	150*	5,8	10,0	15,8

* Besarnya lot tentative berdasarkan total cost minimum

Tabel 2.13. Data hasil perhitungan contoh 6

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**Total**
Net. Req	20	50	100	80	0	100	40	40	20	50	70	30	**600**
Lot Size	250					200				150			**600**
Inventory	230	180	80	0	0	100	60	20	0	100	30	0	**800**

- Ongkos Simpan = 800 x Rp. 3,125 = Rp. 2.500
- Ongkos Pesan = selama 3 periode x Rp. 1.500 = Rp. 4.500

- Ongkos Total = Ongkos simpan + Ongkos Pesan
  = Rp. 2.500 + Rp. 4.500
  = Rp. 7.000

Jadi ongkos total biaya perusahaan adalah sebesar Rp. 7.000.-

2.7.7. Silver-Meal Algorithm

Metode *Silver-Meal* atau sering juga disebut metode SM dikembangkan oleh *Edward Silver* dan *Harlan Meal* berdasarkan pada periode biaya. Penentuan rata-rata biaya per-periode adalah jumlah periode dalam penambahan pesanan yang meningkat. Penambahan pesanan dilakukan ketika rata-rata biaya periode pertama meningkat. Jika pesanan datang pada awal periode pertama dan dapat mencukupi kebutuhan hingga akhir pariode T.

Teknik *Silver-Meal* menggunakan pendekatan yang agak sama dengan PBB atau sering disebut juga *Part Period Algorithm*. Kriteria dari teknik *Silver-Meal* adalah bahwa lot size yang dipilih harus dapat meminimasi ongkos total perperiode. Permintaan dengan periode-periode yang berurutan diakumulasikan kedalam suatu bakal ukuran lot (tentative lot size) sampai jumlah Carriying cost dan setup cost dari lot tersebut dibagi dengan jumlah perioda yang terlibat meningkat. Total biaya relevan perperiode adalah sebagai berikut:

$$\frac{TRC(T)}{T} = \frac{C + Total\ biaya\ simpan\ hingga\ akhir\ periode\ T}{T}$$

$$= \frac{C + Ph\sum_{k=1}^{T}(k-1)R_k}{T}$$

Dimana :

C = Biaya pemesanan perperiode

h = Persentase biaya simpan perperiode

P = Biaya pembelian perunit

Ph = Biaya simpan perperiode

TRC(T)= Total biaya relevan pada periode T

T = Waktu penambahan dalam periode

Rk = Rata-rata permintaan dalam periode k

Contoh 7:

Tabel 2.14. Data permintaan contoh 7

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Net. Req	20	40	30	10	40	0	55	20	400	255

Jika :

- Harga/unit (k) = Rp. 50/unit
- Ongkos Simpan (h) = Rp. 1/unit/periode
- Ongkos Pesan (A) = Rp. 100/pesan

Jawab :

Tabel 2.15. Contoh pemakaian teknik metode *Silver-Meal*

Periode	**T**	**Demand**	**Tambahan Biaya Simpan (Ph(T-1)Rt**	**Biaya Simpan Komulatif**	**TRC (T) (C+Kol5)**	**TRC (T)/T (Kol 6/T)**
1	1	20	50(1)(0)(20) = 0	0	100	100
2	2	40	50(1)(1)(40) = 2000	2000	2100	1050
2	1	40	50(1)(0)(40) = 0	0	100	100
3	2	30	50(1)(1)(30) = 1500	1500	1600	800
3	1	30	50(1)(0)(30) = 0	0	100	100
4	2	10	50(1)(1)(10) = 500	500	600	300
4	1	10	50(1)(0)(10) = 0	0	100	100
5	2	40	50(1)(1)(40) = 2000	2000	2100	1050
5	1	40	50(1)(0)(40) = 0	0	100	100
6	2	0	50(1)(1)(0) = 0	0	100	100
7	3	55	50(1)(2)(55) = 5500	5500	5600	1867
7	1	55	50(1)(0)(55) = 0	0	100	100
8	2	40	50(1)(1)(40) =2000	2000	2100	1050

Tabel 2.16. Data hasil perhitungan contoh 7

Periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**Total**
Net. Req	20	40	30	10	40	0	55	20	40	**255**
Lot Size	20	40	30	10	40		55	20	40	**255**
Inventory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

- Ongkos Simpan = 0
- Ongkos Pesan = selama 8 periode x Rp. 200 = Rp. 800
- Ongkos Total = Ongkos simpan + Ongkos Pesan

= Rp. 0 + Rp. 800

= Rp. 800

Jadi ongkos total biaya perusahaan adalah sebesar Rp. 800.-

2.7.8. Wagner-Whitin Algorithm

Metode *Wagner-Whitin* adalah suatu optimasi yang didasari model programa dinamis. Tujuannya adalah untuk mendapatkan strategi pemesanan yang optimum untuk seluruh jadwal kebutuhan bersih, dengan jalan meminimasi total ongkos pengadaan dan ongkos simpan. Jumlah pemesanan dan waktu pemesanan tidak tetap. Metode ini menetapkan bahwa tidak melakukan pemesanan selama masih ada *inventory* atau pemesanan dilakukan setelah *inventory* berjumlah nol pada akhir periode pada daerah perencanaan. *Inventory* pada akhir dari periode pada daerah perencanaan/horizon selalu bernilai nol.

Metode ini menggunakan dua cara dalam menentukan jumlah pemesanan, yang pertama dengan pemesanan disesuaikan dengan jumlah pemesanan ekonomis (harus mendekati jumlah pemesanan ekonomis) dengan mengkomulatifkan permintaan tiap bulan sampai mendekati jumlah pemesanan ekonomis setelah itu lakukan *trial and error* sampai mendapatkan ongkos yang paling kecil. Cara yang kedua dengan menggunakan perhitungan algoritma *Wagner-Whitin.*

Wagner-Whitin algorithma memperoleh suatu jumlah maksimum solusi kepada data yang meminimumkan masalah ukuran pemesanan dinamis diatas perencanaan yang terbatas.

Beberapa teori digunakan untuk menyederhanakan perhitungan dengan mengikuti prosedur langkah berikut ini :

Langkah 1: Kalkulasikan total biaya variabel *matriks* untuk semua pemesanan alternatif horizon untuk sementara waktu yang terdiri dari N periode. Total biaya variabel meliputi pemesanan dan memegang biaya-biaya. Gambarkan Z_{CE} sebagai total biaya variabel dalam

periode c sampai e menempatkan suatu pesanan di dalam periode c yang mana membuat kebutuhan didalam periode c sampai e:

$$Z_{CE} = C + hP\sum_{i=c}^{e}(Q_{ce} - Q_{ci}) \qquad for \quad 1 \le c \le e \le N,$$

Dimana: C : Ongkos Pesan Per-order

h : Ongkos Simpan

P : Ongkos Pembelian per-unit

Q_{ce} : $\sum_{k=c}^{e} R_{k'}$

R_k : Nilai Permintaan dalam periode k

Langkah 2: Gambarkan f_e sebagai biaya yang minimum dalam periode 1 sampai e, bahwa tingkat persediaan pada ujung periode e adalah nol. Algoritma mulai dengan $f_0 = 0$ dan mengkalkulasi f_1, f_2,…… f_N dalam pesanan. Kemudian f_e dihitung dalam urutan pesanan semakin keatas menggunakan rumusan tersebut.

$$f_e = Min(Z_{ce} + f_{c-1}) \qquad For \quad c = 1,2,.....,e$$

Dengan kata lain, karena masing-masing periode semua pemesanan alternatif dikombinasikan dan dibandingkan strategi pengganti f_e. Yang terbaik (biaya paling rendah) kombinasi seperti strategi f_e untuk mencukupi kebutuhan untuk periode 1 sampai e. Sehingga nilai f_e adalah ongkos jadwal pesanan yang optimal.

Langkah 3: Untuk mewujudkan solusi dengan jumlah maksimum (f_N) yang diperoleh dari algoritma untuk jumlah pemesanan, berlaku sebagai berikut:

$f_e = Z_{w\,N} + f_{w-1}$ Urutan terakhir terjadi pada periode w dan cukup untuk mencukupi permintaan w sampai N.

$f_{w-1} = Z_{v\ w-1} + f_{v-1}$ Sebelum urutan pesanan terakhir terjadi pada periode v dan cukup untuk mencukupi permintaan dalam periode v sampai $w-1$.

$f_{u-1} = Z_{1\ u-1} + f_o$ Pesanan yang pertama terjadi pada periode 1 dan cukup untuk mencukupi permintaan dalam periode 1 sampai $u-1$.

Metode *Wagner-Whitin* memiliki kelamahan yaitu:

1. Prosedur yang digunakan teknik ini terlalu rumit dan sulit dimengerti oleh praktisi.
2. Teknik ini membutuhkan banyak waktu dan usaha perhitungan.
3. Teknik ini menggunakan asumsi bahwa kebutuhan diluar horizon perencanaan = 0.

Oleh kerena itu metode ini jarang sekali dipergunakan dalam menentukan persediaan

Perbedaan metode *Wagner-Whitin* dengan metode-metode persediaan yang lainnya yaitu:

1. *Economic Order Quantity* (EOQ)

   Jika EOQ jumlah pemesanannya tetap sesuai dengan jumlah pemesanan ekonomis, dan waktu pemesanan berubah. Sedangkan *Wagner-Whitin* jumlah pemesanannya berubah disesuaikan dengan jumlah pemesanan ekonomis atau berdasarkan total ongkos pesan dan ongkos simpan terkecil, dan waktu pemesanannya juga berubah.

2. *Lot For Lot* (*Inventory* = 0)

   Metode *Lot For Lot* hanya meminimalisasi ongkos simpan saja, sedangkan ongkos pesan tidak dipergunakan hanya sesuai dengan besarnya permintaan. Berapapun permintaan tiap periode akan terpenuhi pada periode itu juga. Metode ini tigak memperhitungkan jumlah pemesanan ekonomisnya. Sedangkan *Wagner-Whitin* selain ongkos

simpan yang diminimalisasi juga ongkos pesannya diminimalisasi sehingga total ongkosnya lebih kecil.

3. *Fixed Order Quantity* (FOQ)

   Jika FOQ jumlah pesanannya tetap, tetapi kemungkinan tidak sesuai dengan jumlah pemesanan yang ekonomis dan hanya berdasarkan pada kebiasaan atau intuisi pembelian dan waktu pemesanan berubah. Sedangkan *Wagner-Whitin* jumlah pemesanannya berubah disesuaikan dengan jumlah pemesanannya ekonomis atau berdasarkan total ongkos pesan dan ongkos simpan terkecil dan waktu pemesanannya juga berubah/tidak tetap.

4. *Fixed Period Requirement* (FPR)

   Jika metode FPR, penetapan ukuran lotnya berdasarkan periode tertentu saja (selang waktu antara pemesanannya tetap) berdasarkan intuitive seperti 2 periode kecuali ada *net requirement*nya yang bernilai nol. Sedangkan metode *Wagner-Whitin* jumlah pemesanannya berubah disesuaikan jumlah pemesanan ekonomis dan waktu pemesanannya juga berubah.

5. *Period Order Quantity* (POQ)

   Metode POQ hampir sama dengan FPR yaitu waktu pemesanannya tetap, bedanya pada interval pemesanan ditentukan berdasarkan pada logika pemesanan ekonomis dan pemesanannya berubah dengan rumus sebagai berikut:

$$EOI = \frac{EOQ}{R} = \sqrt{\frac{2C}{RPh}}$$

   Dimana :

   EOI= Interval pemesanan ekonomis dalam satu periode.

   Sedangkan metode *Wagner-Whitin* jumlah pemesanannya berubah disesuaikan dengan jumlah pemesanan ekonomis dan waktu pemesanannya juga berubah.

6. *Least Unit Cost* (LTC)

   Kuantitas pemesanan dan interval pemesanan bervariasi sama dengan metode *Wagner-Whitin*, perbedaannya ukuran pemesanan pada metode

LUC atas dasar pada besarnya *lot tentative* berdasarkan ongkos minimum dari penjumlahan ongkos pesan/unit pada periode 1 dengan ongkos simpan/unit pada periode 1. Sedangakan metode *Wagner-Whitin* didasarkan pada perhitungan algoritma dari total ongkos pesan dan ongkos simpan yang terkecil. Secara garis besar perhitungan LUC didasarkan pada ukuran *lot tentative*, sedangkan metode *Wagner-Whitin* didasarkan pada ukuran pemesanan ekonomis yang paling mendekati atau dengan coba-coba.

7. *Least Unit Cost* (LTC)

   Kuantitas pemesanan dan interval pemesanan bervariasi sama dengan metode *Wagner-Whitin*, perbedaannya ukuran pemesanan didasarkan pada besarnya *lot tentative* berdasarkan ongkos minimum dari perhitungan *total cost* (Ct) sebelum mengalami kanaikan pada periode berikutnya. Sedangkan metode *Wagner-Whitin* didasarkan pada perhitungan algoritma dari total ongkos pesan dan ongkos simpan yang paling minimum. Secara garis besar perhitungan LTC didasarkan pada ukuran *lot tentative*, sedangangkan metode *Wagner-Whitin* didasarkan pada ukuran pemesanan ekonomis yang paling mendekati atau coba-coba.

Pada dasarnya dari metode *Wagner-Whitin* dapat kita ketahui juga apa yang sama atau cocok dalam sistem persediaan yang dipakai berdasarkan karakteristik masing-masing metode.

Contoh 8:

Diketahui biaya pembelian Rp. 50, biaya pemesanan Rp. 100/pesan dan biaya penyimpanan 0,02 per-perioder. Dengan data permintaan sebagai berikut :

Tabel 2.17. Data permintaan contoh 8

Periode	1	2	3	4	5	6
Net. Req	75	0	33	28	0	10

Jawab :

$$Z_{CE} = C + hP\sum_{i=c}^{e}(Q_{ce} - Q_{ci})$$

$$Z_{11} = 100 + 1(75 - 75) = 100$$

$$Z_{12} = 100 + 1(75 - 75) + (75 - 75) = 100$$

$$Z_{13} = 100 + 1(108 - 75) + (108 - 75) + (108 - 108) = 166$$

$$Z_{14} = 100 + 1(136 - 75) + (136 - 75) + (136 - 108) + (136 + 136) = 250$$

$$Z_{15} = 100 + 1(136 - 75) + (136 - 75) + (136 - 108) + (136 + 136) + (136 + 136) = 250$$

$$Z_{16} = 100 + 1(146 - 75) + (146 - 75) + (146 - 108) + (146 + 136) + (146 + 136) + (146 - 146) = 300$$

$$Z_{22} = 100 + 1(0 - 0) = 100$$

$$Z_{23} = 100 + 1(33 - 0) + (33 - 33) = 133$$

$$Z_{24} = 100 + 1(61 - 0) + (61 - 33) + (61 - 61) = 189$$

$$Z_{25} = 100 + 1(61 - 0) + (61 - 33) + (61 - 61) + (61 + 61) = 189$$

$$Z_{26} = 100 + 1(71 - 0) + (71 - 33) + (71 - 61) + (71 + 61) + (71 - 71) = 229$$

$$Z_{33} = 100 + 1(33 - 33) = 100$$

$$Z_{34} = 100 + 1(61 - 33) + (61 - 61) = 128$$

$$Z_{35} = 100 + 1(61 - 33) + (61 - 61) + (61 - 61) = 128$$

$$Z_{36} = 100 + 1(71 - 33) + (71 - 61) + (71 - 61) + (71 - 71) = 158$$

$$Z_{44} = 100 + 1(28 - 28) = 100$$

$$Z_{45} = 100 + 1(28 - 28) + (28 - 28) = 100$$

$$Z_{46} = 100 + 1(38 - 28) + (38 - 38) + (38 - 38) = 120$$

$$Z_{55} = 100 + 1(0 - 0) = 100$$

$$Z_{56} = 100 + 1(10 - 0) + (10 - 10) = 110$$

$$Z_{66} = 100 + 1(10 - 10) = 100$$

Tabel 2.18. Total nilai variabel matriks Z_{ce}

c	Z_{ce}					
	e=1	2	3	4	5	6
1	100	100	166	250	250	300
2		100	133	189	189	229
3			100	128	128	158
4				100	100	120
5					100	110
6						100

Nilai minimum dari perhitungan diatas

$f_e = Min(Z_{ce} + f_{c-1}) \qquad For \quad c = 1,2,.....,6$

$f_0 = 0,$

$f_1 = Min(Z_{11} + f_0) = 100 + 0 \quad for\ Z_{11} + f_0$

$f_2 = Min(Z_{12} + f_0, Z_{22} + f_1) = (100 + 0, 100 + 100)$

$= 100 \quad for\ Z_{12} + f_0$

$f_3 = Min(Z_{13} + f_0, Z_{23} + f_1, Z_{33} + f_2)$

$= (100 + 0, 100 + 100, 100 + 100)$

$= 166 \quad for\ Z_{13} + f_0$

$f_4 = Min(Z_{14} + f_0, Z_{24} + f_1, Z_{34} + f_2, Z_{44} + f_3)$

$= (250 + 0, 189 + 100, 128 + 100, 100 + 166)$

$= 228 \quad for\ Z_{34} + f_2$

$f_5 = Min(Z_{15} + f_0, Z_{25} + f_1, Z_{35} + f_2, Z_{45} + f_3, Z_{55} + f_4)$

$= (250 + 0, 189 + 100, 128 + 100, 100 + 166, 100 + 228)$

$= 228 \quad for\ Z_{35} + f_2$

$f_6 = Min(Z_{16} + f_0, Z_{26} + f_1, Z_{36} + f_2, Z_{46} + f_3, Z_{56} + f_4, Z_{66} + f_5)$

$= (300 + 0, 229 + 100, 158 + 100, 120 + 166, 110 + 228, 100 + 228)$

$= 258 \quad for\ Z_{36} + f_2$

Tabel 2.19. Total nilai variabel alternatif dan f_e

c	e=1	2	3	4	5	6
1	100	100	166	250	250	300
2		200	233	289	289	329
3			200	228	228	258
4				266	266	286
5					328	338
6						328
f_e	100	100	166	228	228	258

Tabel 2.20. Data hasil perhitungan contoh 8

Periode	1	2	3	4	5	6	**Total**
Demand	75	0	33	28	0	10	**146**
Order Quantity Comulative	75	0	71	0	0	0	**146**
Variable Cost	100	100	238	248	258	258	**1202**

- Ongkos Simpan = 1202 x Rp. 0,02 = Rp. 24,04
- Ongkos Pesan = selama 3 periode x Rp. 100 = Rp. 300
- Ongkos Total = Ongkos simpan + Ongkos Pesan
  = Rp. 24,04 + Rp.300
  = Rp. 324,04