

---

# PENGEMBANGAN MODEL PERSEDIAAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN WAKTU KADALUARSA BAHAN DAN FAKTOR *INCREMENTAL DISCOUNT*

**Hari Prasetyo**

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta  
Email: [harpras2@yahoo.com](mailto:harpras2@yahoo.com)

**Hafidh Munawir**

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta

**Ning Ati Musthofiyah**

Jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta

## **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan model persediaan yang mempertimbangkan waktu kadaluarsa bahan dan faktor incremental discount untuk mendapatkan biaya total (total cost) persediaan yang minimum. Model persediaan Economic Order Quantity (EOQ) Single Item digunakan sebagai dasar pengembangan model. Algoritma pencarian solusi model dibuat untuk mendapatkan solusi dari model. Selain itu pada bagian akhir diberikan studi kasus implementasi model di PT. XYZ.*

**Kata kunci: Model Persediaan, EOQ, kadaluarsa, incremental discount**

## **Pendahuluan**

Perkembangan dunia industri yang berlangsung dengan cepat dalam berbagai bidang menyebabkan semakin meningkatnya persaingan diantara perusahaan-perusahaan untuk memperebutkan konsumen. Keadaan seperti itulah yang mengakibatkan semakin meningkatnya pula tuntutan konsumen terhadap kualitas dan waktu pengiriman dari suatu produk (Indrianti, 2001). Waktu pengiriman yang tepat merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan untuk memenuhi kepuasan konsumen. Pemenuhan waktu pengiriman sangat ditunjang oleh faktor ketersediaan produk di gudang. Sedangkan ketersediaan produk itu sendiri sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku. Sehingga dalam hal ini, persediaan memiliki peranan yang penting untuk memberikan pelayanan yang terbaik kepada konsumen.

Dalam sistem manufaktur maupun non manufaktur, adanya persediaan merupakan faktor yang memicu peningkatan biaya. Meskipun demikian persediaan tetap diperlukan karena pada kondisi nyata, kebutuhan atau permintaan dari konsumen dapat bersifat tidak pasti. Menetapkan jumlah persediaan yang terlalu banyak akan berakibat pemborosan dalam biaya simpan. Tetapi apabila terlalu sedikit maka akan mengakibatkan hilangnya kesempatan perusahaan untuk mendapatkan keuntungan jika

permintaan nyatanya lebih besar daripada permintaan yang diperkirakan (Nasution, 1997).

Oleh karena persediaan merupakan kekayaan perusahaan yang memiliki peranan penting dalam operasi bisnis, maka perusahaan perlu melakukan manajemen persediaan proaktif, artinya perusahaan harus mampu mengantisipasi keadaan maupun tantangan yang ada dalam manajemen persediaan untuk mencapai sasaran akhir dalam manajemen persediaan, yaitu untuk meminimasi total biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk penanganan persediaan (Yamit, 2002).

Usaha untuk meminimasi biaya persediaan bisa ditempuh dengan berbagai cara, salah satunya dengan meminimasi biaya pembelian. Untuk mendapatkan biaya pembelian yang serendah-rendahnya atau seefisien mungkin, maka faktor diskon harus diperhatikan dengan sebaik-baiknya, karena belum tentu dengan mendapatkan diskon yang kelihatannya menguntungkan dapat benar-benar menguntungkan. Bisa saja kebutuhan persediaan yang sebenarnya jauh di bawah jumlah pembelian minimal untuk mendapatkan diskon, sehingga menyebabkan biaya simpan menjadi tinggi dan usaha untuk mengejar diskon menjadi tidak efisien. Maka diperlukan perhitungan yang cermat untuk mengejar diskon yang tepat dalam rangka memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya.

Kebanyakan industri proses, terutama industri pengolah makanan, tidak terlepas dari permasalahan di atas. Pada umumnya industri proses mempunyai standarisasi tertentu yang meliputi standar komposisi produk yang dihasilkan maupun bahan baku yang digunakan. Bagi perusahaan pengolah makanan, waktu kadaluwarsa merupakan salah satu permasalahan yang penting dan harus dipertimbangkan dalam perencanaan bahan baku. Hal ini karena menyangkut masalah keamanan produk pada saat dikonsumsi, mengingat kebanyakan bahan baku pada industri tersebut mempunyai masa pakai (waktu kadaluwarsa) yang terbatas.

Dari pengamatan kasus di lapangan, saat ini diperlukan model persediaan yang mampu mengakomodasi faktor kadaluwarsa bahan dan adanya faktor diskon untuk meminimalkan total ongkos persediaan.

## Perumusan Masalah

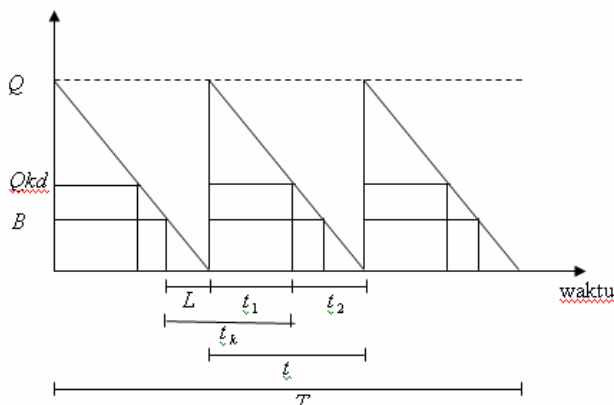
Model yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah model persediaan yang mempertimbangkan waktu kadaluwarsa bahan dan faktor *incremental discount*, sehingga didapatkan total biaya persediaan yang minimal. Tujuannya adalah untuk menentukan kuantitas optimal dari bahan baku yang akan dipesan, dengan biaya persediaan yang minimal, serta untuk menentukan saat pemesanan yang optimal.

Dalam mengembangkan model, waktu kadaluwarsa bahan baku bersifat deterministik dan sesuai standar perusahaan. Artinya, data waktu kadaluwarsa bahan merupakan masa pakai bahan setelah mengalami perlakuan tertentu dalam penyimpanan sesuai prosedur perusahaan.

Adapun situasi dari model persediaan yang mempertimbangkan waktu kadaluwarsa adalah seperti pada gambar 1.

Pada gambar 1 menunjukkan situasi persediaan bahan yang mempertimbangkan waktu kadaluwarsa, dimana persediaan bahan yang ada adalah sebesar  $Q$  dan terdapat bahan yang kadaluwarsa sebesar  $Qkd$  yang terjadi pada akhir periode  $t_1$ . Akibat adanya

bahan yang kadaluwarsa tersebut, maka terjadi juga kekurangan bahan sebesar  $Qkd$  selama periode  $t_2$



**Gambar 1. Situasi persediaan untuk model persediaan dengan mempertimbangkan waktu kadaluwarsa bahan**

Sedangkan dalam situasi *incremental discount*, penjual menawarkan skedul harga dengan interval jumlah tertentu. Dengan kata lain harga per unit lebih rendah apabila perusahaan dapat membeli dalam jumlah interval tertentu.

### Notasi yang Digunakan

Adapun notasi yang digunakan untuk pengembangan model persediaan ini adalah sebagai berikut:

$B$  : titik pemesanan kembali (*reorder point*)

$C_k$  : biaya kekurangan bahan per unit per periode perencanaan

$C_{kd}$ : biaya kadaluwarsa bahan

$C_{kn}$ : biaya kekurangan bahan akibat adanya bahan yang kadaluwarsa

$C_o$  : biaya pemesanan

$C_p$  : biaya pembelian

$C_s$  : biaya simpan per periode perencanaan

$D_i$  : biaya pembelian ekstra untuk setiap unit  $Q$  yang tidak dibeli pada harga  $P_i$

$H$  : biaya simpan per unit per periode perencanaan

$J$  : harga jual bahan baku yang sudah kadaluwarsa per unit

$L$  : *lead time* pengadaan/pengiriman

$N$  : frekuensi pemesanan dalam 1 periode perencanaan

$P_i$  : harga bahan baku per unit untuk setiap unit pada interval harga ke- $i$

$Q$  : jumlah bahan yang dipesan

$Q^*$  : jumlah optimum dari bahan yang dipesan

$Q_{kd}$  : jumlah bahan yang kadaluwarsa

$R$  : jumlah permintaan bahan selama 1 periode perencanaan

$S$  : biaya sekali pesan

$t$  : kurun waktu (periode) pesanan

$t_1$  : kurun waktu datangnya pesanan sampai sebelum bahan kadaluwarsa

$t_2$  : kurun waktu kekurangan bahan yang terjadi karena adanya bahan yang kadaluwarsa

$t_k$  : waktu kadaluwarsa bahan

$T$  : periode perencanaan

$TC$  : *total cost* (biaya total) persediaan

$U$  : batas jumlah/unit bahan dimana terjadi perubahan tingkat harga (*price break*)

### Asumsi-asumsi

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam pengembangan model persediaan ini adalah sama dengan asumsi model *EOQ* dengan tambahan sebagai berikut:

1. Pembelian yang dilakukan adalah untuk satu jenis barang (*single-item*).
2. Waktu kadaluwarsa bahan diketahui dan bersifat deterministik (pasti).

Kekurangan bahan terjadi jika bahan melewati batas masa pakai, dan konsumen diasumsikan mau menunggu sampai datangnya persediaan.

### Model Matematik

Untuk mencari model persediaan atau untuk menentukan kuantitas ( $Q^*$ ) optimum untuk persediaan yang mempertimbangkan waktu kadaluwarsa bahan dan faktor *incremental discount*, maka langkah awal adalah menentukan biaya total persediaan (*total cost of inventory*) selama horison perencanaan. Adapun biaya persediaan pada model yang dikembangkan meliputi beberapa elemen biaya, yaitu sebagai berikut:

1. Biaya pembelian

Dalam situasi *incremental discount*, skedul harga per unit yang ditawarkan penjual adalah sebagai berikut:

$P_0$  untuk setiap  $U_0$  hingga  $U_1 - 1$

$P_1$  untuk setiap  $U_1$  hingga  $U_2 - 1$

Biaya pembelian untuk jumlah  $Q$  unit adalah:

$M_i = D_i + P_i Q$ , dimana

$$D_i = \sum_{i=1}^i (U_i - 1)(P_{i-1} - P_i)$$

$D_i$  adalah biaya pembelian ekstra (tambahan) apabila setiap unit pembelian tidak berdasarkan  $Q$  unit pada harga tertentu. Biaya pembelian ekstra ini konstan untuk setiap pemesanan  $U_i$  hingga  $U_{i+1}$ . Biaya pembelian per unit adalah:

$$\frac{M_i}{Q} = \frac{D_i}{Q} + P_i$$

Sehingga biaya pembeliannya adalah:

$$Cp = \left( \frac{D_i}{Q} + P_i \right) R \quad (1)$$

2. Biaya pemesanan

Adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk kegiatan memesan bahan baku selama horison perencanaan dirumuskan sebagai berikut:

$$C_o = \frac{SR}{Q} \quad (2)$$

3. Biaya simpan

Adalah biaya yang dikeluarkan untuk penyimpanan bahan baku. Dengan asumsi bahwa bahan yang kadaluwarsa langsung dijual/dibuang, maka tidak ada biaya simpan untuk bahan yang sudah kadaluwarsa maka biaya simpan bahan baku dituliskan:

$$C_s = \frac{H(Q^2 - Qkd^2)}{2Q} \quad (3)$$

4. Biaya kekurangan bahan

Adalah biaya yang dikeluarkan karena terjadinya kekurangan bahan sebagai akibat adanya bahan baku yang kadaluwarsa dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{kn} = \frac{Qkd^2 \cdot C_k}{2Q} \quad (4)$$

5. Biaya kadaluwarsa bahan

Adalah biaya yang harus dikeluarkan karena bahan baku sudah kadaluwarsa.

$$C_{kd} = Qkd \left( \frac{D_i}{Q} + P_i - J \right) \quad (5)$$

Dengan demikian, biaya total (*total cost = TC*) dari persediaan selama periode T adalah sebagai berikut:

$$TC = \left( \frac{D_i}{Q} + P_i \right) R + \frac{SR}{Q} + \frac{H(Q^2 - Qkd^2)}{2Q} + \frac{Qkd^2 C_k}{2Q} + Qkd \left( \frac{D_i}{Q} + P_i - J \right) \quad (6)$$

Untuk mendapatkan  $Q^*$  optimum atau kuantitas pemesanan yang optimum, maka *TC* diturunkan (diderivasikan) terhadap  $Q$  dan  $Qkd$ . Turunan pertama dari *TC* terhadap  $Q$  dan  $Qkd$  disamakan dengan nol dihasilkan:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(SR + D_i(R + Qkd)) - Qkd^2(H - C_k)}{H}} \quad (7)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \left( SR + \left( \sum_{i=1}^i (U_i - 1)(P_{i-1} - P_i) \right) (R + Qkd) \right) - Qkd^2(H - C_k)}{H}} \quad (8)$$

Sedangkan penurunan (derivasi) pertama *TC* ( $Q, Qkd$ ) terhadap  $Qkd$  adalah:

$$Qkd = \frac{Q(P_i - J) + D_i}{H - C_k} \quad (9)$$

dengan syarat:  $H > Ck$  supaya nilai  $Qkd$  terdefinisi.

Dengan mensubstitusikan persamaan (9) ke dalam persamaan (7), maka diperoleh  $Q$  optimum ( $Q^*$ ) sebagai berikut:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2R \left( S + \sum_{i=1}^i (U_i - 1)(P_{i-1} - P_i) \right) (H - Ck) + \left( \sum_{i=1}^i (U_i - 1)(P_{i-1} - P_i) \right)^2}{H(H - Ck) + (P_i - J)^2}} \quad (10)$$

Sedangkan titik pemesanan kembali ( $B$ ) adalah:

$$B = \frac{Q^* \cdot L}{t} \quad (11)$$

Apabila  $N$  adalah frekuensi pemesanan, maka jumlah pemesanan yang harus dilakukan dalam setahun adalah:

$$N = \frac{R}{Q^*} \quad (12)$$

## Validasi Model

Model persediaan yang telah didapat kemudian divalidasi untuk mengetahui benar tidaknya model tersebut. Validasi ini dilakukan dengan cara memasukkan nilai  $Qkd = 0$  dan  $P_1 = P_2 = P_3 = P_i = P$ , sehingga model persediaan hasil pengembangan ini akan kembali seperti model dasar  $EOQ$  (Tersine, 1994):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SR}{H}} \quad (13)$$

Jika  $Qkd = 0$ , maka model hasil pengembangan ini akan kembali ke model persediaan  $EOQ$ -Incremental Discount (Tersine, 1994) sebagai berikut:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2R \left( S + \sum_{e=1}^i (U_e - 1)(P_{e-1} - P_e) \right)}{H}} \quad (14)$$

## Algoritma Solusi Model

Prosedur untuk melakukan perhitungan kuantitas optimum ( $Q^*$ ) pada persamaan (10) adalah sebagai berikut:

1. Hitung  $D_i$  pada setiap *price break* atau tingkatan harga yang ditawarkan.
2. Hitung  $Q^*$  pada setiap *price break* (tingkat harga).
3. Tentukan apakah  $Q^*$  yang telah dihitung itu dapat diterima (valid) atau tidak.  $Q^*$  dikatakan valid apabila  $Q^*$  berada pada interval  $U$  yang telah ditetapkan. Jika  $Q^*$  valid, maka lanjutkan ke langkah 5. Jika tidak maka lanjutkan ke langkah 4.

4. Jika  $Q^*$  tidak valid (yaitu apabila  $Q^*$  tidak berada pada interval  $U$  yang telah ditetapkan), maka:
  - a. Jika  $Q^*$  berada di bawah batas minimal dari suatu interval  $U_i$ , maka  $Q^*$  yang digunakan adalah  $U_i$
  - b. Jika  $Q^*$  berada di atas batas maksimal dari suatu interval  $U_i$ , maka  $Q^*$  yang digunakan adalah  $U_{i+1}$
5. Hitung  $Qkd$  untuk setiap  $Q^*$  yang diterima.
6. Hitung total biaya (*Total Cost*) untuk setiap  $Q^*$  yang diterima.
7. Pilihlah *EOQ* ( $Q^*$ ) diantara solusi awal yang valid dengan total biaya minimum.

### Contoh Numerik

Untuk mengetahui aplikasi dari model *EOQ* yang baru dikembangkan ini, maka akan diberikan sebuah contoh kasus Perusahaan “XYZ” sebagai berikut (Indrianti, 2001):

$R$	= 500 unit/tahun
$S$	= Rp 150.000,- /unit/tahun
$H$	= Rp 15.000,- /unit/tahun
$J$	= Rp 3.000,- /unit
$Ck$	= Rp 6.250,- /unit/tahun
$L$	= 3 hari
1 tahun	= 250 hari kerja

*Incremental discount*-nya adalah sebagai berikut:

Ukuran Lot	Harga per unit
1 – 100	Rp 6.000,-
101 – 201	Rp 5.500,-
201 – 300	Rp 5.000,-
301 – 400	Rp 4.500,-
401 – 500	Rp 4.000,-

Untuk mendapatkan pemesanan optimum dari situasi di atas, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung  $D_i$  (biaya pembelian ekstra) pada setiap *price break*.

i	$P_i$	$U_i$	$D_i = \sum_{i=1}^i (U_i - 1)(P_{i-1} - P_i)$
0	6000	1	0
1	5500	101	100 (6000 - 5500) = 50000
2	5000	201	50000 + 200 (5500-5000) = 150000
3	4500	301	150000 + 300 (5000-4500) = 300000
4	4000	401	300000 + 400 (4500-4000) = 500000

2. Menghitung  $Q^*$  pada setiap *price break* (tingkat harga).
3.  $Q_0^* = 97$  unit,  $Q_1^* = 113$  unit,  $Q_2^* = 140$  unit,  $Q_3^* = 174$  unit,  $Q_4^* = 212$  unit
4. Tentukan apakah  $Q^*$  yang telah dihitung dapat diterima (valid) atau tidak, dimana  $Q^*$  dikatakan valid apabila berada pada interval unit ( $U_i$ ) yang telah ditetapkan.
5.  $Q_0^* = 97$  unit (valid),  $Q_1^* = 113$  unit (valid)
6.  $Q_2^* = 140$  unit (tidak valid)  $\rightarrow Q^*$  yang digunakan = 201

- 
7.  $Q_3^* = 174$  unit (tidak valid)  $\rightarrow Q^*$  yang digunakan = 301
  8.  $Q_4^* = 212$  unit (tidak valid)  $\rightarrow Q^*$  yang digunakan = 401
  9. Menghitung  $Qkd$  untuk setiap  $Q^*$  yang diterima.
  10.  $Qkd_0 = 34$  unit,  $Qkd_1 = 38$  unit,  $Qkd_2 = 64$  unit,  $Qkd_3 = 86$  unit,  $Qkd_4 = 103$  unit
  11. Menghitung total biaya (*Total Cost*) untuk setiap  $Q^*$  yang diterima.
  12.  $TC_0 = \text{Rp } 4.550.556,-$ ,  $TC_1 = \text{Rp } 4.538.362,-$ ,  $TC_2 = \text{Rp } 4.840.375,6$ ,
  13.  $TC_3 = \text{Rp } 5.362.222,-$ ,  $TC_4 = \text{Rp } 5.933.656,-$
  14. Pilihlah *EOQ* yang tepat dengan total biaya yang paling rendah.
  15.  $TC$  minimal adalah dengan  $Q^* = 113$  unit, dan  $Qkd = 38$  unit.
  16. Sedangkan titik pemesanan kembali (*Reorder point*) adalah:
  17.  $B = \frac{Q^* \cdot L}{t}$ ,  $B = \frac{113 \cdot 3}{250} = 1,356 \approx 2$  unit
  18. Dan untuk frekuensi pemesanannya ( $N$ ) adalah:
  19.  $N = \frac{R}{Q^*}$ ,  $N = \frac{500}{113} = 4,424 \approx 5$  kali

## Kesimpulan

Dari penelitian ini dihasilkan model persediaan yang mempertimbangkan waktu kadaluwarsa bahan serta adanya diskon saat pembelian. Model ini selain mengembangkan Model Indriyati (2001) sekaligus juga memperbaiki komponen ongkos persediaan dari model tersebut sehingga menjadi lebih valid. Meskipun demikian, model ini masih memiliki kelemahan yang dapat disempurnakan untuk penelitian-penelitian mendatang. Kelemahan-kelemahan tersebut misalnya waktu kadaluwarsa bahan deterministik dapat direlaksasi menjadi probabilistik atau dengan laju distribusi dengan laju tertentu untuk mengakomodasi beberapa produk yang waktu kadaluwarsanya tidak bisa dipastikan.

## Referensi

- Indrianti, N.; Ming, T. dan Toha, I.S. 2001. *Model Perencanaan Kebutuhan Bahan Dengan Mempertimbangkan Waktu Kadaluwarsa Bahan*. Yogyakarta: Media Teknik.
- Nasution, Arman H, 1997, *Perencanaan dan Pengendalian Persediaan*, Surabaya: Teknik Industri-ITS.
- Tersine, Richard J, 1994, *Principle of Inventory and Materials Management*, New Jersey: Prentice Hall.
- Yamit, Zulian Drs, 2002, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Yogyakarta: Ekonisia FE UII.