

## MODEL PERSEDIAAN DETERMINISTIK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN MASA KADALUARSA DAN PENURUNAN HARGA JUAL

**Cherish Rikardo<sup>1\*</sup>, Taufik Limansyah<sup>2</sup>, Dharma Lesmono<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Magister Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Jl Merdeka no 30, 40117

<sup>2,3</sup>Jurusan Matematika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Jl Ciumbuleuit no 94, 40141

\*rikardo\_cherish@yahoo.com

### ABSTRAK

Persediaan merupakan salah satu faktor yang berperan besar dalam berjalannya suatu proses di perusahaan. Persediaan telah menjadi topik yang banyak diteliti dan dikembangkan dengan mempertimbangkan beberapa kondisi tertentu, seperti masa kadaluarsa. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai suatu model matematis persediaan yang mempertimbangkan waktu kadaluarsa tertentu dan penurunan harga jual dari barang yang akan mengalami kadaluarsa. Pada penelitian ini, diasumsikan bahwa permintaan bersifat deterministik dan penurunan harga jual yang dilakukan dapat meningkatkan permintaan dari barang yang mendekati waktu kadaluarsa. Dalam penelitian ini akan dikembangkan suatu model matematis untuk menentukan kuantitas barang yang dibeli, dan pada tingkat persediaan berapa penurunan harga dapat dilakukan yang meminimumkan total biaya persediaan tahunan.

**Kata kunci:** persediaan, deterministik, masa kadaluarsa, penurunan harga jual

### ABSTRACT

*Inventory is one of important factors in business. Inventory has been a widely researched and developed topic by considering certain conditions, such as expiration date. This study discusses a mathematical inventory model that involves expiration date and the price reduction of goods that close to its expiration date. This study assumes that the demand is deterministic and the price reduction can attract more demand. In this paper we will derive a mathematical model to determine the optimal quantity of items purchased, and the level of inventory where the price reduction can be started to minimize total annual cost.*

**Keywords :** inventory, deterministic, expired date, price reduction

### PENDAHULUAN

Persediaan telah menjadi topik yang banyak dikembangkan dalam berbagai penelitian. Persediaan memegang peranan yang penting dalam berjalannya proses yang berlangsung disuatu industri, selain itu persediaan juga menyumbang komponen biaya yang harus diperhitungkan oleh perusahaan, karena peranan persediaan yang cukup penting inilah maka persediaan menjadi topik yang banyak dikembangkan dalam berbagai penelitian. Model persediaan yang paling umum, dikenal dengan model persediaan *Economic Order Quantity (EOQ)* (Tersine, 1994). Selanjutnya, berbagai model pesediaan telah dibuat dengan mempertimbangkan

berbagai faktor, seperti diskon, kenaikan harga, laju inflasi dan masa kadaluarsa.

Masa kadaluarsa merupakan salah satu komponen yang penting diperhatikan oleh perusahaan penyedia barang-barang yang memiliki masa kadaluarsa, seperti bahan makanan, obat-obatan dan bahan kimia. Suatu perusahaan yang bergerak pada produksi atau penjualan barang kadaluarsa penting untuk memperhatikan masa kadaluarsa karena setelah masa kadaluarsa barang tidak dapat digunakan atau dikonsumsi, sehingga persediaan barang yang ada tidak dapat dijual setelah masa kadaluarsa. Barang yang tidak dapat terjual ini tentunya akan menyebabkan kerugian. Disisi lain, apabila barang yang

disediakan terlalu sedikit dapat menyebabkan tidak terpenuhinya permintaan dan hal ini akan menyebabkan adanya keuntungan yang hilang. Hal inilah yang menyebabkan perlunya strategi persediaan bagi perusahaan yang menyediakan barang dengan waktu kadaluarsa tertentu. Strategi yang dilakukan oleh perusahaan biasanya dengan mengadakan penurunan harga atau diskon. Hal ini dilakukan untuk menarik minat pembeli sehingga barang yang mendekati masa kadaluarsa dapat terjual.

Pada makalah ini akan dikembangkan suatu model matematis persediaan dengan mempertimbangkan faktor kadaluarsa dan penurunan harga jual. Penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai kapan waktu yang tepat bagi perusahaan dalam menurunkan harga barang dalam tujuan meminimasi biaya total persediaan.

## METODE

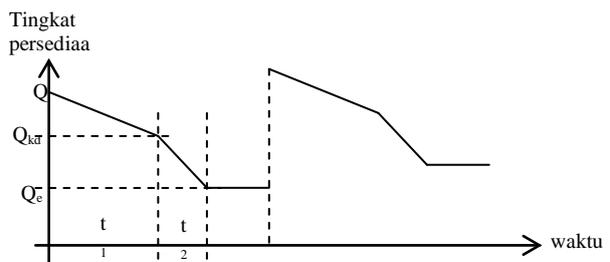
Penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan suatu model matematis dengan asumsi :

1. Permintaan bersifat deterministik
2. Penurunan harga jual dapat meningkatkan permintaan menjadi dua kali lipat
3. Waktu tunggu (*lead time*) konstan dan diketahui.
4. Barang yang tidak terjual setelah melewati masa kadaluarsa akan dibuang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi model matematika akan dimulai dengan pemisalan suatu perusahaan yang mempunyai kebijakan untuk menjual barang yang mempunyai waktu kadaluarsa  $T$  seharga  $J$  dan setelah selang waktu  $t_1$ , harga barang akan diturunkan menjadi  $J_1$  sehingga permintaan akan barang tersebut meningkat menjadi dua kali lipat. Tetapi setelah waktu  $t_2$ , permintaan akan menurun walaupun harga jual barang tersebut berkurang menjadi  $J_2$ . Sebagai ilustrasi, grafik persediaan dapat dilihat pada Gambar 1.

Dengan mengembangkan model yang telah dibuat oleh Limansyah (2012), diasumsikan bahwa biaya total penyimpanan terdiri atas biaya pembelian, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, biaya kekurangan dan biaya kadaluarsa.



Gambar 1. Grafik Persediaan

Misal :

- $P$  = harga pembelian barang per unit
- $D$  = permintaan per tahun
- $Q$  = banyaknya barang yang dibeli
- $Q_{kd}$  = banyaknya barang yang akan dijual pada harga  $J_1$
- $Q_e$  = banyaknya barang yang akan kadaluarsa
- $S$  = biaya pesan
- $h$  = fraksi biaya simpan terhadap harga pembelian barang
- $K$  = biaya kekurangan per unit
- $C_p$  = biaya pembelian
- $C_o$  = biaya pemesanan
- $C_s$  = biaya penyimpanan
- $C_k$  = biaya kekurangan
- $C_{kd}$  = biaya kadaluarsa
- $TAC$  = total biaya persediaan

Dengan pemisalan diatas, dapat diturunkan suatu formulasi biaya-biaya yang terlibat, yaitu :

- Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli barang dari *supplier*.

$$C_p = PD \quad (1)$$

- Biaya pemesanan adalah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pemesanan barang

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

- Biaya penyimpanan adalah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan menyimpan barang, seperti biaya sewa gudang atau perawatan barang yang disimpan

$$C_s = \frac{Ph}{Q} \left( \frac{Q^2 - Q_{kd}^2}{2} + \frac{Q_{kd}^2 - Q_e^2}{4} \right) \quad (3)$$

- Biaya kekurangan adalah biaya yang muncul karena kurangnya persediaan barang yang dapat mengakibatkan terhambatnya proses disuatu perusahaan. Menurut Herjanto (1999), biaya kekurangan pada dasarnya bukan biaya nyata (riil), melainkan berupa biaya kehilangan kesempatan seperti tertundanya proses produksi dan hilangnya kesempatan menjual barang karena barang yang akan dijual habis.

$$C_k = K \frac{Q_e^2}{2Q} \quad (4)$$

- Biaya kadaluarsa adalah biaya yang muncul karena barang yang kadaluarsa tidak terjual dengan harga normal atau dengan kata lain, biaya kadaluarsa adalah biaya yang muncul karena adanya penurunan harga jual dari barang yang akan mengalami kadaluarsa.

$$C_{kd} = \frac{D(Q_{kd}(J - J_1) + Q_e(J_1 - J_2))}{Q} \quad (5)$$

Berdasarkan uraian di atas, maka total biaya persediaan selama 1 tahun adalah penjumlahan dari semua komponen biaya yang ada, yaitu :

$$TAC = C_p + C_o + C_s + C_k + C_{kd} \quad (6)$$

Untuk mencari TAC yang minimum, akan ditentukan dengan mencari Q, Q<sub>kd</sub>, dan Q<sub>e</sub> yang meminimumkan TAC. Untuk mencari Q, Q<sub>kd</sub>, dan Q<sub>e</sub> yang meminimumkan TAC, akan digunakan uji turunan pertama, yaitu :

$$\frac{\partial TAC}{\partial Q} = 0 \quad (7)$$

Karena nilai Q menyatakan jumlah barang yang harus dibeli, maka Q haruslah bernilai positif, maka diperoleh :

$$Q = \sqrt{\frac{4SD - A_1 + A_2 + A_3}{2Ph}} \quad (8)$$

Dengan :

$$A_1 = Ph(Q_{kd}^2 + Q_e^2) \quad (9)$$

$$A_2 = 2KQ_e^2 \quad (10)$$

$$A_3 = 4D(Q_{kd}(J - J_1) + Q_e(J_1 - J_2)) \quad (11)$$

Selanjutnya, untuk mencari nilai Q<sub>kd</sub> dan Q<sub>e</sub>, digunakan pula uji turunan pertama.

$$\frac{\partial TAC}{\partial Q_{kd}} = 0 \quad (12)$$

Diperoleh :

$$Q_{kd} = \frac{2D(J - J_1)}{Ph} \quad (13)$$

Demikian pula untuk mencari Q<sub>e</sub>, yaitu :

$$\frac{\partial TAC}{\partial Q_e} = 0 \quad (14)$$

Diperoleh :

$$Q_e = \frac{2D(J_1 - J_2)}{Ph - 2K} \quad (15)$$

Uji turunan kedua dari TAC adalah:

$$\frac{\partial^2 TAC}{\partial Q^2} = \frac{2SD}{Q^3} - \frac{Ph}{Q^3} \left( \frac{Q_{kd}^2}{2} + \frac{Q_e^2}{2} \right) + \frac{KQ_e^2}{Q^3} + \frac{D(Q_{kd}(J - J_1) + Q_e(J_1 - J_2))}{Q^3} \quad (16)$$

Perhatikan bahwa nilai Q, Q<sub>kd</sub>, dan Q<sub>e</sub> bernilai positif dan

$$\frac{2SD}{Q^3} + \frac{KQ_e^2}{Q^3} + \frac{D(Q_{kd}(J - J_1) + Q_e(J_1 - J_2))}{Q^3} > \frac{Ph}{Q^3} \left( \frac{Q_{kd}^2}{2} + \frac{Q_e^2}{2} \right) \quad (17)$$

Sehingga  $\frac{\partial^2 TAC}{\partial Q^2} > 0$ , artinya nilai Q, Q<sub>kd</sub>,

dan Q<sub>e</sub> yang telah diperoleh meminimumkan TAC. Untuk mencari nilai Q, nilai Q<sub>kd</sub> dan Q<sub>e</sub> yang diperoleh pada persamaan (14) dan (15) akan disubstitusikan ke dalam persamaan (8).

Selanjutnya, sebagai ilustrasi dari aplikasi model matematis yang telah dibahas, akan dibahas suatu contoh numerik.

Perusahaan X menjual bahan makanan yang mempunyai masa kadaluarsa selama tiga bulan. Bahan makanan tersebut dibeli dari supplier dengan harga beli Rp 10.000/unit. Permintaan per tahun sebanyak 500 unit. Adapun biaya yang terkait adalah :

1. Biaya pesan sebesar Rp 150.000/sekali pesan
2. Biaya kekurangan sebesar Rp 50/unit/tahun
3. Fraksi simpan terhadap harga pembelian adalah 0,6.

Bahan makanan ini oleh perusahaan X akan dijual seharga Rp 11.000/unit. Setelah

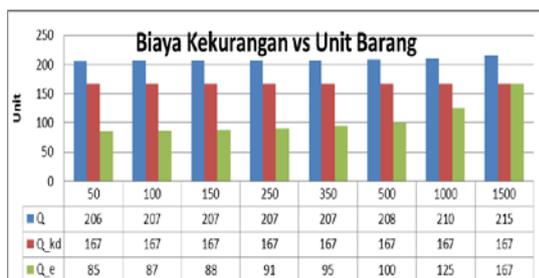
beberapa saat, perusahaan X akan menurunkan harga jual menjadi Rp 10.000/unit dan saat barang tersebut mendekati masa kadaluarsa, perusahaan X akan mengobrol barang tersebut dengan harga Rp 9500/unit.

Berdasarkan data ini, dapat ditentukan berapa banyak barang yang dapat dipesan oleh perusahaan X dan dapat pula ditentukan pada tingkat persediaan mana perusahaan X dapat menurunkan harga jual barang sehingga total biaya persediaan minimum.

Banyak barang yang dipesan ( $Q$ ) serta pada tingkat persediaan mana ( $Q_{kd}$  dan  $Q_e$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (17), (19) dan (15). Pertama-tama, data yang ada disubstitusikan ke persamaan (17) dan (19), maka diperoleh nilai  $Q_{kd} = 167$  unit dan  $Q_e = 85$ . Dengan melakukan substitusi nilai  $Q_{kd}$  dan  $Q_e$  yang telah diperoleh ke persamaan (15), diperoleh nilai  $Q = 206$ . Total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan adalah sebesar Rp 6.235.766

Hal ini berarti perusahaan X sebaiknya membeli 206 unit barang dan saat persediaan mencapai 167 unit, atau 29 hari setelah barang mulai dijual oleh perusahaan, perusahaan X sebaiknya mulai menjual barang makanan tersebut dengan harga Rp 10.000 dan kemudian setelah persediaan mencapai 85 unit, atau 30 hari setelah perusahaan melakukan penurunan harga pertama, perusahaan X sebaiknya melakukan penurunan harga jual menjadi Rp 9500.

Berdasarkan contoh numerik di atas, selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut menyebabkan perubahan mengenai model matematis yang telah dibuat.



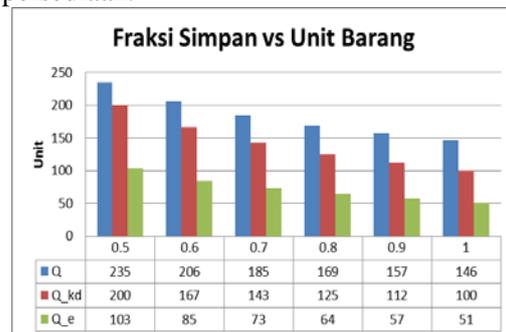
Gambar 2. Grafik Biaya Kekurangan VS Unit Barang

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa perubahan pada biaya kekurangan akan berpengaruh pada jumlah barang yang harus dibeli oleh perusahaan dan tingkat persediaan dimana barang yang dijual mulai mengalami penurunan harga jual. Semakin tinggi biaya

kekurangan yang ada, mengakibatkan meningkatnya jumlah pesanan barang yang harus dibeli oleh perusahaan. Semakin tinggi biaya kekurangan, maka perusahaan seharusnya mengupayakan agar total biaya kekurangan yang dikeluarkan minimum. Salah satu cara untuk menghindari biaya kekurangan adalah dengan meningkatkan jumlah persediaan, dalam hal ini adalah meningkatkan jumlah barang yang dibeli.

Tetapi dengan adanya peningkatan jumlah barang yang dibeli, akan menyebabkan tingginya biaya simpan dan menurunnya biaya pemesanan. Oleh karena itu, peningkatan jumlah barang yang dibeli sebaiknya diikuti dengan pertimbangan mengenai biaya penyimpanan. Peningkatan jumlah persediaan ini diharapkan dapat menghindarkan perusahaan dari tingginya biaya kekurangan yang dapat terjadi.

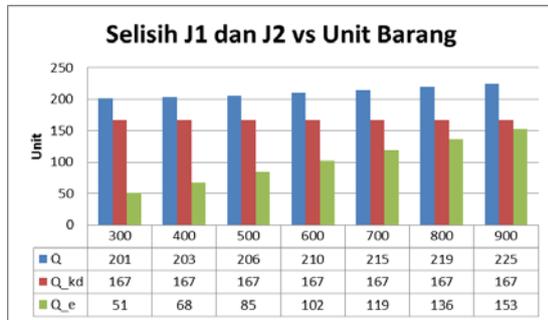
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara fraksi simpan dan jumlah persediaan. Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa perubahan fraksi simpan menyebabkan perubahan pula pada tingkat persediaan. Semakin tinggi nilai fraksi simpan, maka nilai barang yang dibeli dan tingkat persediaan saat penurunan harga terjadi akan semakin kecil demikian pula dengan tingkat persediaan saat barang akan diobrol. Fraksi simpan yang besar akan menyebabkan tingginya biaya simpan yang pada akhirnya akan meningkatkan biaya total persediaan.



Gambar 3. Grafik Fraksi Simpan VS Unit Barang

Berdasarkan hal ini, dapat disimpulkan bahwa apabila fraksi simpan tinggi lebih baik perusahaan tidak menyediakan barang dalam kuantitas besar. Ini bertujuan agar perusahaan dapat meminimumkan biaya simpan sehingga total biaya persediaan dapat berkurang.

Tetapi jika perusahaan mengurangi kuantitas barang yang dibeli, hal ini dapat menyebabkan tingginya biaya pemesanan dan meningkatnya biaya kekurangan. Sehingga pengurangan kuantitas barang yang dibeli, harus juga mempertimbangkan biaya lain yang berkaitan, yaitu biaya pemesanan dan biaya kekurangan.



Gambar 4. Grafik Selisih Harga Jual Diskon VS Unit Barang

Perusahaan setelah selang waktu tertentu akan melakukan penurunan harga jual, yaitu barang akan dijual seharga  $J_1$ , selanjutnya setelah mendekati masa kadaluarsa, barang akan diobral dengan harga  $J_2$ . Ternyata, hubungan antara besarnya  $J_1$  dan  $J_2$  turut berpengaruh pada besarnya tingkat persediaan. Semakin besar selisih harga jual  $J_1$  dan  $J_2$  akan menyebabkan tingkat persediaan membesar, artinya jumlah barang yang dibeli perusahaan dan tingkat persediaan dimana barang diobral akan turut meningkat juga. Berdasarkan hal ini, dapat disimpulkan bahwa apabila selisih antara harga jual  $J_1$  dan  $J_2$  semakin dekat dengan selisih antara harga jual normal dan harga penurunan barang  $J_1$ , perusahaan lebih baik segera melakukan obral untuk barang tersebut.

Saat jumlah barang yang dibeli naik, maka perusahaan dapat menghindari tingginya biaya kekurangan karena dengan tingginya tingkat persediaan barang maka diharapkan kekurangan tidak terjadi. Saat perusahaan memilih kebijakan tidak melakukan penurunan harga, melainkan langsung melakukan obral akan menyebabkan turunnya biaya simpan karena barang yang ada akan disimpan dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan jika perusahaan memilih menurunkan harga. Saat perusahaan memilih menurunkan harga, maka barang yang ada akan disimpan untuk jangka waktu tertentu. Kemudian barang yang tersisa

akan diobral. Jika dibandingkan dengan kebijakan bahwa barang langsung diobral, maka waktu penyimpanan akan lebih lama jika barang mengalami penurunan harga. Dengan selisih  $J_1$  dan  $J_2$  yang tinggi atau selisih  $J_1$  dan  $J_2$  yang mendekati selisih harga jual normal ( $J$ ) dan  $J_1$ , hal ini dapat mengakibatkan tingginya biaya simpan. Demikian pula dengan biaya kadaluarsa, kebijakan untuk tidak melakukan penurunan harga akan mengurangi biaya kadaluarsa.

Tetapi perlu diperhatikan juga bahwa penurunan harga jual dapat meningkatkan permintaan, sehingga perusahaan perlu mempertimbangkan mengenai penurunan harga jual. Salah satu pilihan yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah dengan menentukan suatu batasan penurunan harga jual.

Tabel 1. Perbandingan Selisih Harga Jual

Selisih $J_1$ dan $J_2$	Selisih $Q$	$Q_{kd}$	$Q_e$	TAC	
1000	300	201	167	51	6.202.399
1000	400	203	167	68	6.217.110
1000	500	206	167	85	6.235.766
1000	600	210	167	102	6.258.193
1000	700	215	167	119	6.284.193
1000	800	219	167	136	6.375.985
1000	900	225	167	153	6.346.055
1000	950	228	167	162	6.363.414
1000	980	230	167	167	6.374.168

Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai  $Q_e$  akan mendekati  $Q_{kd}$  saat selisih  $J_1$  dan  $J_2$  mendekati selisih  $J$  dan  $J_1$ . Berdasarkan perhitungan ini, dapat disimpulkan bahwa jika selisih  $J_1$  dan  $J_2$  sama dengan atau melebihi 98% dari selisih  $J$  dan  $J_1$ , maka perusahaan sebaiknya tidak menurunkan harga, melainkan langsung mengobral barang yang tersisa.

### SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian mengenai model matematis yang telah dibuat dan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa :

1. Jumlah barang yang dibeli akan bergantung terhadap perubahan biaya kekurangan, fraksi simpan dan selisih harga barang yang mengalami penurunan dan harga jual barang obral. Hubungan jumlah barang

yang dibeli terhadap biaya kekurangan, fraksi simpan dan selisih harga barang yang mengalami penurunan dan harga jual barang obral adalah :

- a. Semakin tinggi biaya kekurangan akan menyebabkan meningkatkan jumlah barang yang dibeli oleh perusahaan.
  - b. Semakin tinggi fraksi simpan akan menyebabkan menurunnya jumlah barang yang dibeli oleh perusahaan.
  - c. Semakin tinggi selisih harga barang yang mengalami penurunan dan harga jual barang obral akan menyebabkan meningkatnya jumlah barang yang harus dibeli.
2. Tingkat persediaan barang yang mengalami penurunan harga akan bergantung kepada perubahan fraksi simpan.
  3. Tingkat persediaan barang yang diobral akan bergantung terhadap berubahnya biaya kekurangan, fraksi simpan dan selisih harga barang yang mengalami penurunan dan harga jual barang obral. Hubungan tingkat persediaan barang yang diobral terhadap biaya kekurangan, fraksi simpan dan selisih harga barang yang mengalami penurunan dan harga jual barang obral adalah:
    - a. Kenaikan biaya kekurangan akan menyebabkan meningkatnya tingkat persediaan barang yang diobral.
    - b. Kenaikan fraksi simpan akan menyebabkan semakin menurunnya tingkat persediaan dimana barang mengalami obral.
    - c. Kenaikan selisih harga barang yang mengalami penurunan dan harga jual barang obral akan menyebabkan meningkatnya tingkat persediaan dimana barang mengalami obral.

Berdasarkan simpulan di atas, saran dari penelitian ini adalah:

1. Perusahaan harus mempertimbangkan biaya kekurangan, fraksi simpan dan selisih harga barang yang mengalami penurunan dan harga jual barang obral.
  - a. Apabila biaya kekurangan tinggi, maka perusahaan sebaiknya meningkatkan kuantitas barang yang dibeli.
  - b. Apabila fraksi simpan tinggi, maka perusahaan lebih menurunkan kuantitas barang yang dibeli.
  - c. Apabila selisih antara harga obral dan penurunan harga mencapai 98% dari selisih harga jual normal dan penurunan harga, maka perusahaan lebih baik tidak mengadakan penurunan harga, tetapi langsung mengobral barang yang mendekati waktu kadaluarsa.
2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dikembangkan dengan mengubah distribusi permintaan ataupun *leadtime* yang bersifat probabilistik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Herjanto, Eddy. 1999. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Grasindo
- Limansyah, Taufik. 2012. *Pengembangan Model Persediaan Barang dengan Mempertimbangkan Faktor Kadaluarsa dan All Unit Discount*. Tesis tidak diterbitkan. Bandung: PPS UNPAR
- Tersine, Richard J. 1994. *Principles of Inventory and Materials Management*. 4<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall