

PENGEMBANGAN MODEL PERSEDIAAN *ECONOMIC MANUFACTURING QUANTITY* (EMQ) DENGAN PRODUK GANDA DAN *STOCHASTIC*

Sigit Susanto, S.T., M.T.

E-mail: sigits.kawandhasor@gmail.com

*Program Studi Teknologi Pengolahan Karet dan Plastik, Politeknik ATK Yogyakarta
Jalan Ringroad Selatan Glugo Panggunharjo Sewon Bantul Yogyakarta 55188*

Received: July 20, 2017; **Accepted:** October 31, 2017; **Published:** November 30, 2017

ABSTRAK

Pada era globalisasi seperti sekarang ini, terjadi kebebasan arus produk sehingga membuat persaingan antar perusahaan menjadi semakin ketat. Agar dapat survive, perusahaan PT. XYZ harus melakukan kegiatannya secara efektif dan efisien pada semua lini bagiannya. Salah satu lini tersebut adalah lini gudang atau persediaan. Sistem persediaan yang ada dan dijalankan oleh PT XYZ merupakan lingkungan produksi yang memproduksi lebih dari satu produk akhir dan permintaan terhadap produknya tersebut tidak pasti. Berdasarkan kondisi PT XYZ tersebut, penulis mendekati system persediaan yang ada pada PT XYZ dengan model persediaan Economic Manufacturing Quantity, produk ganda, dan stochastic. Solusi terhadap model yang dibangun, diperoleh menggunakan bantuan spreadsheet.

Kata Kunci: *Economic Manufacturing Quantity, Produk Ganda, Stochastic, Spreadsheet.*

ABSTRACT

In the current era of globalization, there is freedom of the flow of products that make the competition between companies become more stringent. In order to survive, PT. XYZ must perform its activities effectively and efficiently on all its parts. One of these lines is the warehouse or inventory line. The existing inventory system and run by PT XYZ is a production environment that produces more than one final product and the demand for its products is uncertain. Based on the condition of PT XYZ, the writer approached the existing inventory system at PT XYZ with inventory model of Economic Manufacturing Quantity, multi item, and probabilistic. The solution to the built model, obtained usingspreadsheethelp.

Keywords: *Economic Manufacturing Quantity, Multi Item, Stochastic, Spreadsheet.*

1. PENDAHULUAN

Agar suatu perusahaan tidak kehilangan konsumennya, suatu perusahaan memerlukan sistem pengendalian persediaan guna memenuhi permintaan konsumennya secara tepat baik dalam jenis, jumlah, kualitas, maupun waktunya. Dalam hal ini jika terjadi kekurangan persediaan akan menyebabkan tidak terpenuhinya permintaan pembeli dimana pada jangka

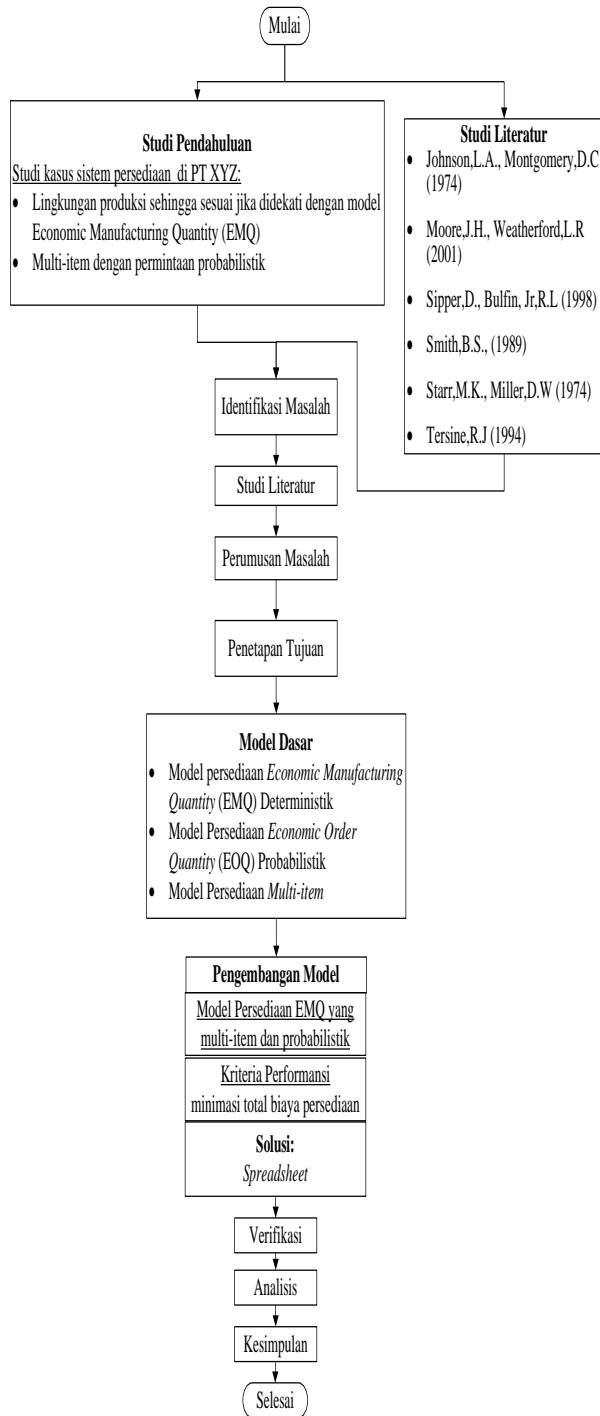
panjang dapat menyebabkan kehilangan kepercayaan pembeli, sebaliknya jika terjadi persediaan yang berlebihan hal ini akan menyebabkan pembengkakan biaya simpan yang salah satunya dikarenakan kerusakan produk yang disimpan terlalu lama. PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam memproduksi barang yaitu spiritus cair dan alcohol murni yang merupakan produk samping dari produk gula pasir (bukan jasa) sehingga pemodelan yang sesuai adalah model

lingkungan produksi yang dapat didekati dengan model persediaan Economic Manufacturing Quantity (EMQ). Permintaan terhadap produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ tidak dapat ditentukan dengan pasti, tetapi dapat diperkirakan menggunakan model kemungkinan atau biasa disebut dengan model stochastic. Di samping itu, PT. XYZ menghasilkan lebih dari satu produk atau dengan kata lain menghasilkan produk ganda. Dengan demikian, agar model yang dikembangkan mendekati kondisi riil PT. XYZ maka dikembangkan model persediaan Economic Manufacturing Quantity (EMQ) yang stochastic dengan produk ganda yang dapat dihasilkan melalui penggabungan antara model Economic Order Quantity (EOQ) stochastic dengan model persediaan Economic Manufacturing Quantity (EMQ) deterministik dengan analisis terhadap lebih dari satu produk. Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan bahwa rumusan masalah yang dihadapi perusahaan adalah sebagai berikut: Berapakah jumlah produksi optimum (Q) dan tingkat ROP (Re-Order Point/titik pemesanan kembali) serta *safety stock* (S) yang harus dimiliki untuk menghasilkan total biaya persediaan yang minimum pada kondisi yang probabilistik dan adanya *stockout* (terjadinya kekurangan persediaan) untuk setiap jenis produk menggunakan model persediaan yang sesuai?

Sedangkan tujuan yang ingin diperoleh dalam penelitian ini yaitu menentukan ukuran produksi ekonomis tiap jenis produk (Q) yaitu jumlah produk yang harus diproduksi untuk tiap jenis produk setiap kali dilakukan produksi dan menentukan *reorder point* (titik pemesanan kembali) tiap jenis produk (B) yaitu jumlah persediaan yang tersedia dimana dilakukan persiapan produksi untuk melakukan produksi tahap berikutnya yang meminimumkan total biaya persediaan dan menentukan persediaan pengaman/*safety stock* tiap jenis produk (S) yaitu persediaan untuk mengatasi ketidakpastian terhadap permintaan yang meminimumkan total biaya persediaan.

1.1. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dilakukan dengan cara studi pustaka, observasi atau pengamatan pada PT. XYZ, dilanjutkan dengan identifikasi masalah di PT. XYZ dan dikembangkan solusi dengan menggunakan hasil studi pustaka. Metodologi penelitian tersebut ditunjukkan pada diagram alir penelitian pada Gambar 1.1 berikut ini:



Gambar 1.1. Diagram Alir Penelitian

1.2.Landasan Teori

Daftar Notasi:

- R = permintaan (*demand*) tahunan
 P = biaya pembelian per unit (untuk Model EOQ)
 atau biaya produksi per unit (untuk Model EMQ).
 C = biaya pesan per pesan (untuk Model EOQ)
 atau biaya persiapan per persiapan produksi (untuk Model EMQ)
 Q = besarnya pesanan setiap pesan (untuk Model EOQ)
 atau besarnya produksi setiap produksi (untuk Model EMQ)
 Q^* = besarnya pesanan ekonomis (untuk Model EOQ)
 atau besarnya produksi ekonomis (untuk Model EMQ)
 L = *lead time*
 H = biaya simpan per unit per tahun
 B = *reorder point* (titik pemesanan kembali)
 p = *Production rate* (kecepatan produksi)
 r = *Demand rate* (kecepatan permintaan)
 t_p = *Time to produce* (waktu yang diperlukan untuk melakukan produksi)
 A = biaya kekurangan per unit
 $TC(Q)$ = total biaya persediaan sebagai fungsi Q
 S = *safety stock*/persediaan pengaman
 \bar{M} = rata-rata permintaan saat *lead time*
 $P(M > B)$ = *probability of a stockout*/kemungkinan terjadinya kekurangan
 $P(s)$ = probabilitas kekurangan yang optimum
 $E(M > B)$ = *expected number of stockout*/jumlah kekurangan yang diharapkan
 $TC(Q, k)$ = total biaya persediaan sebagai fungsi Q dan k
 $p_u \geq (k)$ = probabilitas *stockout*

σ_L = standar deviasi permintaan saat *lead time*

Reorder point produksi, $B = \frac{RL}{N} = rL$

Menurut Johnson dan Montgomery (1974) terdapat fungsi khusus dari distribusi normal baku untuk mencari banyaknya stockout yang diharapkan sebagai berikut:

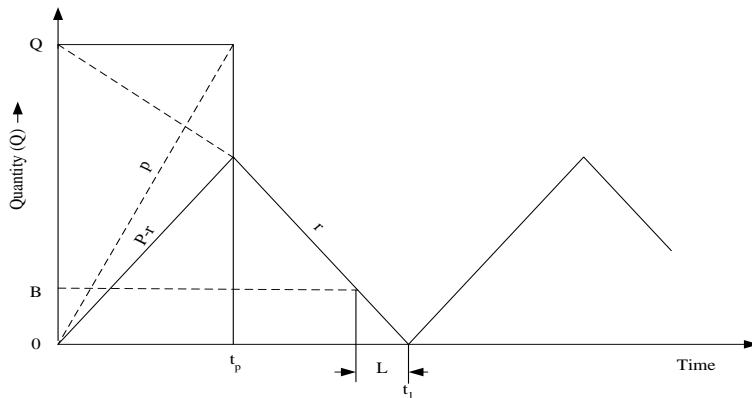
$G_u(k)$ = fungsi khusus dari distribusi normal baku untuk mencari jumlah stockout yang diharapkan.
 μ = *mean* untuk Distribusi Normal
 σ^2 = *varians* untuk Distribusi Normal
 \bar{x} = rata-rata sampel
 s = standar deviasi sampel

Asumsi model di atas adalah sebagai berikut:

1. *Constant Demand Rate* (barang diambil dari persediaan dengan kecepatan permintaan yang tetap).
2. *Constant Production Rate* (kecepatan produksinya konstan).
3. Kecepatan produksinya lebih besar daripada kecepatan permintaannya.
4. *Lead time* diketahui dengan pasti dan konstan.
5. Tidak diijinkan terjadi *stockout*/kekurangan persediaan.
6. *Noninstantaneous receipt* (penerimaan dalam barang ke dalam penyimpanan terjadi secara berangsur-angsur).

Menurut Johnson and Montgomery (1974) terdapat model persediaan Economic Manufacturing Quantity sebagai berikut:

1.2.1. Model Persediaan *Economic Manufacturing Quantity* (EMQ) Deterministik.



Gambar 1.2. Model EMQ Deterministik

Rumus:

Total Biaya Persediaan = Biaya Produksi + Biaya Persiapan + Biaya Simpan

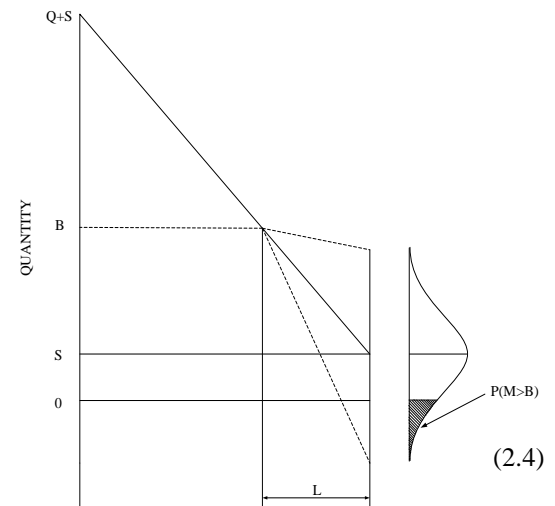
$$TC(Q) = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ(p-r)}{2p}$$

Jumlah produksi ekonomis,

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CRp}{(H)(p-r)}}$$

Menurut Tersine (1994) terdapat model persediaan Economic Order Quantity Stochastic sebagai berikut:

1.2.2. Model EOQ Stochastic dengan *Demand* Variabel dan *Lead Time* Konstan.



Gambar 1.3. Model EOQ Stochastic (*demand* variabel dan *lead time* konstan) (2.5)

untuk kasus *lost sales* dengan biaya *stockout* per unit

Menurut Silver dan Bulfin (1998) terdapat pada kasus kekurangan persediaan terdapat dua kondisi yaitu lost sales (kehilangan penjualan dan tidak jadi mendapatkan keuntungan) dan kondisi backordered (permintaan dipenuhi pada periode berikutnya)

Rumus:

Total Biaya Persediaan = Biaya Pembelian + Biaya Tetap per Siklus (Biaya Pesan + Biaya *Stockout*) + Biaya Simpan

TC=

$$RP + \frac{R}{Q}[C + A.E(M > B)] + H \left[\frac{Q}{2} + (B - \bar{M}) + E(M > B) \right]$$

Jumlah pesanan ekonomis,

$$Q^* = \sqrt{\frac{2R[C + A.E(M > B)]}{H}}$$

Probabilitas *Stockout* yang optimum,

$$P(M > B) = P(s) = \frac{HQ}{AR + HQ}$$

Menurut Silver dkk (1998), untuk data yang berdistribusi normal, total biaya persediaannya menjadi sebagai berikut:

$$TC = RP + \frac{CR}{Q} + H \left\{ \frac{Q}{2} + k\sigma_L \right\} + \frac{A \cdot \sigma_L \cdot G_u(k) \cdot R}{Q}$$

1.2.3. Convolution

Menurut Walpole et al (1998) untuk data kurang dari 30 dapat dilakukan uji normalitas menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Setelah diketahui jenis distribusi permintaan yang dilakukan dengan uji Kolmogorov Smirnov, selanjutnya untuk mencari permintaan saat *lead time*, diperlukan *convolution*. Berikut ini merupakan *convolution* untuk permintaan yang berdistribusi normal.

Menurut Smith (1989), berdasarkan pada pertimbangan kemudahan sistem dan efisiensi dalam perhitungan, sering bahwa kasus distribusi permintaan diperkirakan dalam suatu interval waktu dasar seperti mingguan.

Pertimbangan periode n berikutnya, selama permintaan merupakan variabel acak x_1, x_2, \dots, x_n . Rata-rata dan varian dari distribusi permintaan ini yaitu $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ dan $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_n^2$. Sekarang, pertimbangkan permintaan selama periode n yang akan menjadi $y = x_1 + x_2 + \dots + x_n$. y juga akan merupakan variabel acak dan distribusinya disebut sebagai suatu *convolution* dari distribusi x .

Rata-rata dari distribusi y adalah sebagai berikut:

$$\mu_y = \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n$$

Jika distribusi x semua mempunyai rata-rata yang sama, μ_x , maka

$$\mu_y = n\mu_x \dots \dots \dots (2.22)$$

Sedangkan varian y adalah sebagai berikut (2.8)

$$\sigma_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2$$

Sehingga, standar deviasi y adalah sebagai berikut

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}$$

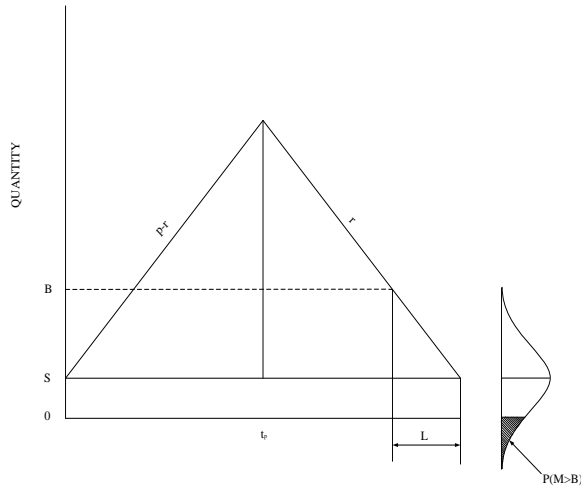
Jika distribusi x semuanya memiliki varian yang sama, σ_x^2 , maka

$$\sigma_y = \sqrt{n}\sigma_x \dots \dots \dots (2.23)$$

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS (2.10)

Berdasarkan kondisi PT XYZ, terutama pada sistem persediaannya, penulis berusaha mendekati model persediaan PT XYZ dengan cara menggabungkan Model Persediaan *Economic Manufacturing Quantity* (EMQ) Deterministik dan Model EOQ Probabilistik (dengan *Demand* Variabel dan *Lead Time* Konstan) sehingga diperoleh model persediaan EMQ probabilistik.

2.1. Model EMQ Probabilistik (dengan *Demand* Variabel dan *Lead time* Konstan).



Gambar 1.4. . Model EMQ Probabilistik (variabel demand dan konstan lead time)

untuk kasus *lost sales* dengan biaya *stockout* per unit Menurut Smith (1989) total cost sebagai fungsi dari Q dan k.

Rumus:

Total Biaya Persediaan = Biaya Persiapan + Biaya Produksi + Biaya Simpan + Biaya Kekurangan

$$TC(Q, k) = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \frac{R_i}{Q} + \sum_{i=1}^n P_i R_i + \sum_{i=1}^n H_i \left\{ \frac{Q}{2} \cdot \frac{(p-r)}{p} + k \cdot \sigma_L \right\} + \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{A_i R_i}{Q} + H_i \right\} \cdot \sigma_L \cdot G_u(k) \quad (2.11)$$

Menurut Ayres et al (1992) dan Hsu (1997) untuk mendapatkan jumlah produksi yang optimum untuk setiap siklus produksi, dapat diperoleh dengan menurunkan Total Biaya Persediaan (TC) terhadap jumlah produksi (Q) dan menyamakannya dengan nol (0).

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = \frac{\partial \left(C.R.Q^{-1} + \frac{H}{2} \cdot \frac{(p-r)}{p} \cdot Q + A.R.\sigma_L.G_u(k).Q^{-1} \right)}{\partial Q}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2}{H} \cdot \frac{p}{(p-r)} \cdot \{C.R + A.R.G_u(k).\sigma_L\}}$$

Dengan σ_L = standar deviasi permintaan saat *lead time*

$$\frac{dG_u(k)}{dk} = -p_u \geq (k)$$

$$G_u(k) \sigma_L = \{f_u(k) - k.p_u \geq (k)\} \sigma_L$$

atau menurut Moore dan Weatherford (2001) dapat dicari dengan *Microsoft Excel* dengan rumus

$$G_u(k) = \{NORMDIST(k ; 0; 1; 0) - k * (1 - NORMSDIST(k))\} \sigma_L \quad (2.14)$$

Probabilitas *stockout*nya dapat diperoleh dengan menurunkan TC terhadap k dan menyamakannya dengan 0 (nol).

$$\frac{\partial TC}{\partial k} = \frac{\partial \left(H.\sigma_L.k + \frac{A.R}{Q} \cdot \sigma_L.G_u(k) + H.\sigma_L.G_u(k) \right)}{\partial k}$$

$$p_u \geq (k) = \frac{H.Q}{A.R + H.Q} \quad (2.15)$$

Nilai k dapat diperoleh melalui fungsi inversnya,

$$k = p_u^{-1} \left(\frac{H.Q}{A.R + H.Q} \right)$$

atau dapat dicari dengan *Microsoft Excel* sebagai berikut:

$$k = \text{NORMSINV}(1 - p_u \geq (k)) \quad (2.14)$$

3.HASIL DAN PEMBAHASAN (2.11)(

Berikut ini merupakan Tabel 3.1 yang merupakan parameter beserta nilainya yang digunakan dalam menentukan total biaya persediaan tahunan. Indeks ke-1 merupakan parameter beserta nilainya untuk item ke-1, sedangkan indeks ke-2 merupakan parameter beserta nilainya untuk item ke-2.

Tabel 3.1. Parameter beserta symbol & Nilainya

No	Notasi item ke-1	Nilai	Notasi item ke-2	Nilai
1	R_1	4.040.880 (liter)	R_2	3.434.748 (liter)
2	σ_{y1}	489.721 (liter)	σ_{y2}	416.263 (liter)
3	P_1	Rp3.350	P_2	Rp6.700
4	H_1	Rp209	H_2	Rp418

5	A_1	Rp247	A_2	Rp494
6	C_1	Rp5.245.614	C_2	Rp10.491.228
7	L_1	0,0192 (tahun)	L_2	0,0385 (tahun)
8	$\frac{(p_1 - r_1)}{p_1}$	0,2036	$\frac{(p_2 - r_2)}{p_2}$	0,6760

Perhitungan selengkapnya dalam mendapatkan jumlah produksi optimal beserta total biaya persediaan tahunannya dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3. Permasalahan PT XYZ didekati dengan Model Persediaan *Economic Manufacturing Quantity* (EMQ) stochastic yang diperoleh dengan penggabungan antara model *Economic Order Quantity* (EOQ) stochastic dengan *Economic Manufacturing Quantity* (EMQ) Deterministik. Sedangkan kondisi PT. XYZ yang produk ganda didekati dengan sigma. Untuk mendapatkan total biaya persediaan tahunan semua produk yang ada pada perusahaan, maka dihitung total biaya persediaan tahunannya untuk semua produk, dari produk ke-i sampai dengan produk ke-n. Pada penelitian ini digunakan 2 (dua) produk yang ada pada PT XYZ untuk digunakan dalam perhitungan, seperti terlihat pada Tabel 3.2. dan Tabel 3.3. Untuk produk ke-1 ukuran produksi ekonomisnya sebesar 1.202.935 liter, reorder pointnya sebesar 134.573liter, persediaan pengamannya sebesar 56.863 liter. Sedangkan untuk produk ke-2 ukuran produksi ekonomisnya sebesar 505.039 liter, reorder pointnya sebesar 178.331.197 liter, persediaan pengamannya sebesar 178.265.144 liter. Untuk produk ke-1 yang berupa alcohol murni ukuran ekonomisnya lebih besar karena memang lebih banyak permintaan dan kegunaannya, sedangkan untuk produk ke-2 lebih sedikit karena memang lebih sedikit permintaan dan kegunaannya.

**Tabel 3.2. Perhitungan Total Biaya Persediaan Tahunan untuk produk ke-1.
 Model EMQ Stochastic untuk Produk ke-1**

Masukan			Keterangan Rumus yang Digunakan
Biaya persiapan per persiapan	c_1	Rp5.245.614	
Biaya simpan per liter per tahun	H_1	Rp209	
Rata-rata permintaan tahunan	R_1	4.040.880	
Simpangan baku permintaan tahunan	σ_{y1}	489.721	
Lead time dalam tahun	L_1	0,0192	
Biaya produksi per liter	P_1	Rp3.350	
Biaya kekurangan per liter kekurangan	A_1	Rp247	
$(p-r)p$		0,2036	
Permintaan saat lead time			
Rata-rata		77.709	$\mu_y = n\mu_x$ (2.22)
Simpangan baku		67.912	$\sigma_y = \sqrt{n}\sigma_x$ (2.23)
Kebijakan Produksi			
Jumlah produksi		1.202.935	
$p \geq (k)$		0,2012	$p_{\geq}(k) = \frac{H \cdot Q}{A \cdot R + H \cdot Q}$ (2.15)
Faktor k untuk perhitungan persediaan pengaman		0,84	$k = \text{NORMSINV}(1 - p_{\geq}(k))$ (2.16)
$E(M > B)$		7640,30	$G_z(k) = [\text{NORMDIST}(k; 0, 1, 0) - k \cdot (1 - \text{NORMSDIST}(k))] \cdot \sigma_z$ (2.14)
Persediaan pengaman	$k\sigma_z$	56.863	
Reorder point	$\mu_y + k\sigma_z$	134.573	
Biaya Tahunan			
Biaya persiapan tahunan		Rp17.620.980	$C \cdot \frac{R}{Q}$
Biaya produksi tahunan		Rp13.536.948.000	$P \cdot R$
Biaya simpan tahunan		Rp37.478.338	$H \cdot \left\{ \frac{Q}{2} \cdot \frac{(p-r)}{p} + k\sigma_z \right\}$
Biaya kekurangan tahunan		Rp6.339.295	$\left\{ \frac{A \cdot R}{Q} + H \right\} \cdot \sigma_z \cdot G_z(k)$
Total biaya tahunan		Rp13.598.386.612	$TC(Q, k) = C \cdot \frac{R}{Q} + P \cdot R + H \cdot \left\{ \frac{Q}{2} \cdot \frac{(p-r)}{p} + k\sigma_z \right\} + \left\{ \frac{A \cdot R}{Q} + H \right\} \cdot \sigma_z \cdot G_z(k)$ (2.11)

**Tabel 3.3. Perhitungan Total Biaya Persediaan Tahunan untuk produk ke-2.
 Model EMQ Stochastic untuk Produk ke-2**

Masukan		Keterangan Rumus yang Digunakan
Biaya persiapan per persiapan	C_2	Rp10.491.228
Biaya simpan per liter per tahun	H_2	Rp418
Rata-rata permintaan tahunan	R_2	3.434.748
Simpangan baku permintaan tahunan	σ_{y2}	416.263
Lead time dalam tahun	L_2	0,0385
Biaya produksi per liter	P_2	Rp6.700
Biaya kekurangan per liter kekurangan	A_2	Rp494
$(p-r)/p$		0,6760
Permintaan saat lead time		
Rata-rata		Rp66.053 $\mu_y = n\mu_x$ (2.22)
Simpangan baku		Rp57.725 $\sigma_y = \sqrt{n}\sigma_x$ (2.23)
Kebijakan Produksi		
Jumlah produksi		505.039 $Q = \sqrt{\frac{2}{H} \frac{P}{(p-r)} \{CR + AR G_1(k) \sigma_x\}}$ (2.12)
$p \geq (k)$		0,1107 $p_x \geq (k) = \frac{HQ}{AR + HQ}$ (2.15)
Faktor k untuk perhitungan persediaan pengaman		1,2231 $k = \text{NORMSINV}(1 - p_x \geq (k))$ (2.16)
$E(N > B)$		3.088 $G_1(k) = \{ \text{NORMDIST}(k; 0; 1; 0) - k * (1 - \text{NORMSDIST}(k)) \} \sigma_x$ (2.14)
Persediaan pengaman	$k\sigma_x$	178.265.144
Reorder point	$\mu_y + k\sigma_x$	178.331.197
Biaya Tahunan		
Biaya persiapan tahunan		Rp71.350.382 $C \frac{R}{Q}$
Biaya produksi tahunan		Rp23.012.811.600 PR
Biaya simpan tahunan		Rp249.615.527 $H \left\{ \frac{Q}{2} \frac{(p-r)}{p} + k\sigma_x \right\}$
Biaya kekurangan tahunan		Rp10.375.270 $\left\{ \frac{AR}{Q} + H \right\} \sigma_x G_1(k)$
Total biaya tahunan		Rp23.344.152.779 $TC(Q, k) = C \frac{R}{Q} + PR + H \left\{ \frac{Q}{2} \frac{(p-r)}{p} + k\sigma_x \right\} + \left\{ \frac{AR}{Q} + H \right\} \sigma_x G_1(k)$ (2.11)

Kesimpulan

Model persediaan EMQ yang dengan produk ganda dan stokastik dapat diperoleh dengan menggabungkan antara model persediaan EOQ stokastik dengan model persediaan EMQ deterministik yang dilanjutkan dengan penambahan fungsi sigma untuk mendapatkan produk ganda. Total biaya persediaan tahunannya diperoleh dengan mengakumulasi total biaya persediaan tahunannya setiap produk, dari produk ke-i sampai dengan produk ke-n.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ayres Jr., F., Mendelson, E., Reece, G., *Schaum's Outline of Theory and Problems of Differential and Integral Calculus*, 3rd ed in SI Units, McGraw-Hill Book Company, 1992.
- [2] Elsayed, E.A., Boucher, T.O., *Analysis and Control of Production Systems*, 2nd, Prentice-Hall International, 1994.
- [3] Hsu, H.P., *Schaum's Outline of Theory and Problems of Probability, Random Variables, and Random Processes*, McGraw-Hill, 1997
- [4] Johnson, L.A., Montgomery, D.C., *Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control*, John Wiley & Sons, Inc., 1974.
- [5] Moore, J.H., Weatherford, L.R., *Decision Modeling with Microsoft Excel*, 6th ed, Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey, 2001.
- [6] Silver, E.A., Pyke, D.F., Peterson, R., *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd ed, John Wiley & Sons, 1998.
- [7] Sipper, D., Bulfin, Jr., R.L., *Production: Planning, Control, and Integration*, The MacGraw-Hill Companies, Inc, 1998.
- [8] Smith, B.S., *Computer-Based Production and Inventory Control*, Prentice-Hall International, Inc, 1989.
- [9] Tersine, R.J., *Principles of Inventory and Materials Management*, 4th ed., Prentice-Hall International Inc, New Jersey, 1994.
- [10] Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, 6th ed, Prentice Hall International, Inc, 1998.