

PENENTUAN *JOINT ECONOMIC LOT SIZE* PADA PEMASOK KURSI LIPAT DAN PEMBELINYA DENGAN PERMINTAAN PROBABILISTIK DAN *LEAD TIME* VARIABEL

Santoso^{1*}, Yoanes Elias²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. Drg. Surya Sumantri no. 65, Bandung-Jawa Barat 40164

*Email: santoso_ajiank@yahoo.com

Abstrak

Persaingan yang terjadi saat ini adalah bukan lagi persaingan antar perusahaan, tetapi persaingan antar rantai pasok. Kurangnya integrasi yang baik dalam pelaku rantai pasok dapat menyebabkan kerugian bagi satu atau beberapa pihak yang tentunya akan melemahkan daya saing rantai pasok tersebut. Untuk itu sangat diperlukan integrasi antara pelaku dalam jaringan rantai pasok. Hal ini masih terjadi pada PT. "X" sebagai pemasok yang memproduksi kursi lipat untuk memenuhi permintaan pembelinya, dimana kebijakan pemesanan dan produksinya masih dilakukan masing-masing dan tanpa integrasi.

*Untuk itu akan diusulkan model integrasi antara pemasok dan pembelinya, dimana permintaannya bersifat probabilistik dan lead time pengiriman berubah terhadap jumlah pemesanan yang dilakukan. Pemasok saat ini menggunakan model *Economic Production Quantity (EPQ)* berdasarkan pada permintaan rata-rata dari pembeli, sedangkan pada pembeli menggunakan kebijakan pemesanan *periodic review (t,E)*.*

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, total biaya persediaan di pemasok adalah Rp. 66.678.592,51 per tahun dan total biaya persediaan di pembeli adalah Rp. 12.414.208,96 per tahun, sehingga total biaya persediaan di pemasok dan pembeli adalah Rp. 79.092.801,47 per tahun. Pada model integrasi pemasok dan pembeli diperoleh total biaya persediaan adalah Rp. 48.597.551,71 per tahun, sehingga diperoleh penghematan biaya persediaan sebesar Rp. 30.495.249,76 per tahun atau 38,56%.

Kata kunci: *integrasi, lead time variabel, permintaan probabilistik, rantai pasok.*

1. PENDAHULUAN

Era globalisasi yang semakin maju mengakibatkan jumlah perusahaan semakin meningkat. Hal tersebut pun menjadikan persaingan antar setiap perusahaan semakin tinggi. Harga barang yang murah dan pelayanan yang cepat menjadi pun pilihan utama bagi setiap konsumen. Dalam menghadapi ini banyak perusahaan yang berlomba-lomba mencari strategi untuk mendapatkan harga yang kompetitif, salah satunya yaitu dengan mengendalikan persediaan barang. Tujuannya yaitu agar perusahaan dapat bertahan hidup, semakin berkembang dan memenangkan persaingan yang ada.

PT "X" (pemasok) merupakan suatu perusahaan manufaktur yang memproduksi kursi lipat. PT "X" memiliki permasalahan mengenai pengelolaan persediaan dengan distributornya (pembeli). PT "X" menggunakan pendekatan sistem *Economic Production Quantity* untuk mengelola persediaannya saat ini, sedangkan pada distributornya menggunakan pendekatan metode periodik untuk mengelola persediaannya. Hal ini tentunya akan menimbulkan permasalahan pada jaringan *supply chain* karena setiap pelaku bisnis tersebut hanya memikirkan sistem pengelolaan persediaan yang paling menguntungkan bagi dirinya sendiri. Hal ini sangat penting karena dalam suatu jaringan *supply chain*, keoptimalan pasokan produk pada salah satu pihak belum tentu menjadi optimal bagi pihak yang lain. Hal ini tentunya dapat menimbulkan masalah pada biaya produksi, penentuan jumlah cadangan produk (*stock*), dan waktu pasokan produk dari jaringan *supply chain* tersebut sehingga solusi terbaik demi keuntungan bersama akan sulit tercapai.

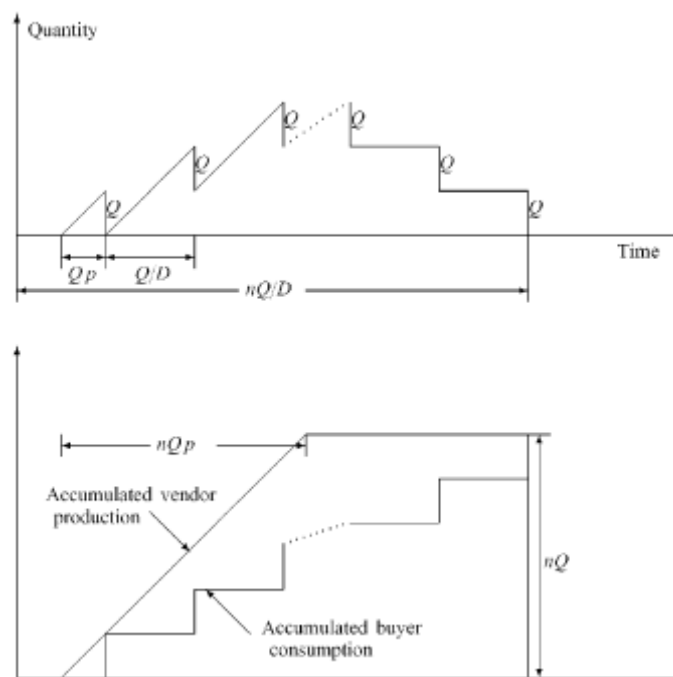
Oleh sebab itu, penulis tergerak untuk memperbaiki sistem pengelolaan persediaan yang sudah ada tersebut sehingga lebih efektif bagi para pelaku bisnis dalam jaringan *supply chain* tersebut. Metode pengelolaan persediaan ini akan mengintegrasikan para pelaku bisnis dalam jaringan *supply chain* tersebut agar menjadi satu mata rantai yang saling menguntungkan demi kesuksesan bersama.

2. METODOLOGI

2.1. Model Matematis

Pada model ini permintaan pada pembeli bersifat probabilistik dan variasi permintaan dari pembeli diketahui oleh pemasok. Tingkat produksi pada pemasok diasumsikan tetap yaitu sebesar $1/p$, dimana tingkat produksi lebih besar dari tingkat permintaan $1/p > D$. Pembeli mengelola persediaannya dengan *lead time* variabel. Lead time diasumsikan sebesar jumlah lot yang diproduksi oleh pemasok dan ditambah dengan waktu *delay* karena transportasi, waktu non produktif, dll, yaitu sebesar $L(Q) = pQ + b$

Pada model ini pembeli melakukan pemesanan dengan lot sebesar nQ dari pemasok dengan biaya pesan sebesar A . Pemasok memproduksi produk dengan lot sebesar nQ dengan rata-rata produksi maksimum adalah sebesar $1/p$ dan biaya setup sebesar K . pembeli menerima frekuensi pengiriman sebesar n dengan lot pengiriman sebesar Q dan biaya pengiriman sebesar F untuk setiap frekuensi pengiriman. Pembeli akan melakukan pemesanan ulang apabila pembeli memiliki *on hand inventory* sebesar *reorder points*. Gambar model persediaan dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Inventory of the vendor

Notasi berikut ini akan digunakan pada model diatas :

- D Rata-rata permintaan dalam satuan waktu
- $1/p$ Rata-rata produksi dalam satuan waktu
- n Frekuensi pengiriman dari pemasok kepada pembeli
- Q Jumlah item yang dikirim untuk setiap pengiriman dari pemasok kepada pembeli
- s *Reorder point*
- K Biaya *setup* pemasok
- A Biaya pesan pembeli sebesar nQ
- F Biaya transportasi / pengiriman untuk pembeli dengan setiap pengiriman sebesar Q
- h_b Biaya simpan per unit per unit waktu untuk pembeli
- h_v Biaya simpan per unit per unit waktu untuk pemasok
- S *Safety Stock*
- $L(Q)$ Lead time = $pQ + b$, dimana b menunjukkan waktu *delay*
- π Biaya *stockout* / biaya *lost sales*

Total ekspektasi biaya pembeli perunit waktu didapat dari penjumlahan biaya pemesanan, biaya pengiriman, biaya persediaan dan biaya *lost sales*. Total ekspektasi biaya pembeli perunit waktu ditunjukkan pada rumus berikut :

$$TC_b = \left(\frac{A}{n} + F \right) \frac{D}{Q} + h_b \left(\frac{Q}{2} + S \right) + \frac{\pi D}{Q} b(s, L(Q)) \quad (1)$$

dimana,

$$b(s, L(Q)) = \int_s^{\infty} (x - s) f(x) dx, \quad (2)$$

dimana x adalah *demand* selama *lead time* dengan *probability density function* $f(x)$. Model ini menggunakan persamaan Hadley-Whitin's (1963) dengan menggunakan tingkat rata-rata persediaan sebesar $1/2Q + \text{safety stock}$.

Sedangkan untuk total ekspektasi biaya pemasok didapat dengan mengurangi akumulasi produksi dengan akumulasi konsumsi pembeli (dapat dilihat di gambar 1)

$$TC_v = \frac{KD}{nQ} + h_v \frac{Q}{2} [n(1 - Dp) - 1 + 2Dp] \quad (3)$$

sehingga total biaya gabungan dapat dirumuskan sebagai

$$ETC(Q, s, n) = \frac{D}{Q} \left(F + \frac{A + K}{n} + \pi b(s, L(Q)) \right) + \frac{Q}{2} [h_b + h_v [n(1 - Dp) - 1 + 2Dp]] + h_b S \quad (4)$$

Masalahnya adalah mencari jumlah frekuensi pengiriman n , jumlah lot pengiriman Q dan juga reorder point s , untuk meminimasi total biaya ekspektasi pada persamaan (4). Setelah itu diasumsikan juga permintaan selama *lead time* adalah berdistribusi normal dengan rata-rata permintaan sebesar $DL(Q)$ dan standar deviasi sebesar $\sigma\sqrt{L(Q)}$. Dalam hal ini,

$$S = k\sigma\sqrt{pQ + b}, \quad (5)$$

$$b(s, L(Q)) = \int_s^{\infty} (x - s) f(x, DL(Q), \sigma\sqrt{L(Q)}) dx$$

$$= \sigma\sqrt{pQ + b} \psi(k), \quad (6)$$

Dimana

$$k = (s - DL(Q)) / \sigma\sqrt{L(Q)} \quad (7)$$

Dan

$$\psi(k) = \int_k^{\infty} (z - k) \phi(z) dz \quad (8)$$

dimana $\phi(z)$ adalah standard normal *probability density function* Karenanya, persamaan dari biaya total ekspektasi dapat ditulis sebagai

$$ETC(Q, k, n) = \frac{D}{Q} \left(F + \frac{A+K}{n} \right) + \frac{Q}{2} (h_b + h_v [n(1-Dp) - 1 + 2Dp]) + h_b k \sigma \sqrt{pQ+b} + \frac{\pi D \sigma \sqrt{pQ+b}}{Q} \psi(k) \quad (9)$$

dimana $F'(k)$ adalah sama dengan commulative density function, $F'(k) = 1 - F(k)$

Nilai Q^* atau nilai Q optimum didapatkan dari penurunan rumus total biaya ekspektasi (persamaan 9) terhadap nilai q

$$\frac{\partial ETC}{\partial Q} = 0$$

sehingga didapatkan persamaan

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D \left(F + \frac{A+K}{n} \right) + \pi \sigma \psi(k) \sqrt{pQ+b}}{h_b + h_v [n(1-Dp) - 1 + 2Dp] + \frac{h_b \sigma p}{\sqrt{pQ+b}} \left[k + \frac{\psi(k)}{F'(k)} \right]}} \quad (10)$$

dan nilai dapat dicari dengan rumus

$$F'(k) = \frac{h_b Q}{\pi D + h_b Q} \quad (11)$$

2.2. Algoritma

Langkah 0 : Tetapkan nilai $ETC^* = \infty$ dan $n = 1$

Langkah 1 : Hitung nilai Q

$$Q = \sqrt{\frac{2D \left(F + \frac{A+K}{n} \right)}{h_b + h_v [n(1-Dp) - 1 + 2Dp]}}$$

Langkah 2 : Cari nilai k dengan persamaan (11), dan hitung nilai $\varphi(k)$

Langkah 3 : Hitung nilai Q^* dengan persamaan (10)

Hitung nilai s^* dengan persamaan (5)

Langkah 4 : Jika nilai $|Q^* - Q| = 0$, hitung nilai $ETC(Q, n)$ dan lanjutkan ke langkah 5.

Jika nilai $|Q^* - Q| > 0$, jadikan $Q^* \rightarrow Q$ dan kembali ke langkah 2

Langkah 5 : Jika nilai $ETC^* \geq ETC(Q, n)$ maka $ETC(Q, n) \rightarrow ETC^*$, $Q \rightarrow Q^*$ dan $s \rightarrow s^*$

tentukan nilai $n = n + 1$ dan kemudian kembali ke langkah 1

Jika nilai $ETC^* < ETC(Q, n)$ berhenti, maka nilai yang optimum adalah $n^* = n - 1$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Menggunakan Metode Saat ini

3.1.1. Pengendalian Persediaan Saat Ini Pada Eselon Supplier / Pemasok

Metode pengendalian persediaan yang saat ini digunakan menyerupai metode *Economic Production Quantity* (EPQ), dimana produksi dilakukan saat persediaan telah mencapai reorder point. Jumlah produk yang diproduksi oleh pemasok adalah sebanyak jumlah produksi optimum, yaitu sebesar Q . Metode pendekatan EPQ ini digunakan karena jumlah presentase produk yang diproduksi supplier tidak diketahui. Tabel 2. Memperlihatkan data pada pemasok yang dibutuhkan untuk perhitungan jumlah produksi optimum.

Tabel 1. Data Pemasok

Notasi	Keterangan	Jumlah	Satuan
R	Permintaan / tahun	22268	unit/tahun
K	Kapasitas Produksi / tahun	373256	unit
N	Hari Kerja	300	hari / tahun
Hv	Biaya Simpan	Rp18,884.00	unit/tahun
C	Biaya Set Up	Rp2,810,943.71	/set Up
L	Lead Time	0.0033	

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode EPQ maka didapatkan nilai $Q = 1878$ unit dengan biaya total sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B.Total &= \text{Biaya Simpan} + \text{Biaya Setup} \\ &= \text{Rp}33.348.403.73 + \text{Rp}33.330.188,78 = \text{Rp}66.678.592,51 \end{aligned}$$

3.1.2. Pengendalian Persediaan Saat Ini Pada Eselon Distributor / Pembeli

Pengendalian persediaan pada pembeli adalah dengan menggunakan metode $p(t,E)$ atau yang biasa disebut dengan metode *periodic*. Pemesanan ditetapkan oleh perusahaan, yaitu selama 6 hari sekali. Lead time pengiriman adalah bersifat variabel yaitu sebesar $(Q) = pQ + b$. Tabel 3. Memperlihatkan data pada pembeli.

Tabel 2. Data Pembeli

Notasi	Keterangan	Jumlah	Jumlah	Satuan
R	Permintaan / tahun	22268	22268	unit/tahun
σ	Standar Deviasi Permintaan	241.912	241.912	unit/tahun
C.pesan	Biaya Pesan	Rp5,610.00	Rp5,610.00	/pesan
C.transportasi	Biaya Kirim / Transportasi	Rp145,750.00	Rp145,750.00	/unit/pesan
Hb	Biaya Simpan	Rp16,088.00	Rp16,088.00	/unit/tahun
t	Waktu / Siklus Pemesanan	6 hari	0.02	tahun
π	Biaya <i>Stock out / lost sales</i>	Rp78,760.00	Rp78,760.00	/unit
b	Waktu Delay	1 hari	0.0033	tahun
p	Kecepatan Produksi	2.67913E-06	2.67913E-06	

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode *periodic* maka didapatkan nilai E (persediaan maksimum) adalah 2000 unit dan biaya total sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B.Total &= \text{Biaya Pesan} + \text{Biaya Simpan} + \text{Biaya Stockout} + \text{Biaya Transportasi} \\ &= \text{Rp}280.500 + \text{Rp}4.477.612,16 + \text{Rp}368.596,80 + \text{Rp}7.287.500 \\ &= \text{Rp}12.414.208,96 \end{aligned}$$

3.2. Data untuk Perhitungan Metode Joint Economic Lot Size (JELS)

Data secara umum ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 3. Data Awal Keseluruhan

	Keterangan	Notasi	Jumlah		Satuan
1	Demand / tahun	D	22268	22268	unit/tahun
2	Standar Deviasi	σ	241.912	241.912	unit/tahun
3	Biaya Pesan	A	5610	5610	/pesan
4	Kapasitas Produksi	P	373256	373256	unit
5	Kecepatan Produksi	p	2.67913E-06	2.7E-06	
6	Biaya Kirim (Biaya Transportasi)	F	145750	145750	/unit/pesan
7	Biaya Simpan pemasok	Hv	18884	18884	/unit/tahun
8	Biaya Simpan pembeli	Hb	16088	16088	/unit/tahun
9	Biaya Stock Out / lost sales	π	78760	78760	/unit/tahun
10	Delay Time	b	1 hari	0.0033	tahun
11	Biaya Setup	K	2810943.71	2810944	/set up
12	Hari Kerja		300	300	hari/tahun

3.3. Perhitungan Menggunakan Metode Usulan / JELS (*Joint Economic Lot Size*)

Perhitungan dengan menggunakan metode JELS mengintegrasikan antara pembeli dengan pemasok sehingga memiliki nilai Q yang sama dengan biaya total yang lebih kecil. Berikut adalah perhitungannya

n = 1

Langkah 0 : Tetapkan nilai $ETC^* = \infty$ dan $n = 1$

Langkah 1 : Hitung nilai Q
 $Q = 2768356 \approx 2768 \text{ unit}$

Langkah 2 : Cari nilai k dengan persamaan (11), dan hitung nilai $\varphi(k)$
 $k = 1.99$ dan $\psi(k) = 0.0087$

Langkah 3 : Hitung nilai Q^* dengan persamaan (10)

$$Q^* = 2749.615 \approx 2750 \text{ unit} \quad S = 49.423 \approx 50 \text{ unit}$$

Langkah 4 : $|Q^* - Q| = 0 \rightarrow |2750 - 2768| > 0 \rightarrow 13 > 0$
Maka, $Q^* \rightarrow Q = 2750 \rightarrow Q$ dan kembali ke langkah 2

Iterasi 1 :

Langkah 2 : Cari nilai k dengan dan hitung nilai $\varphi(k)$
 $k = 1.975$ dan $\psi(k) = 0.0091$

Langkah 3 : Hitung nilai Q^*
 $Q^* = 2749.557 \approx 2750 \text{ unit} \quad S = 49.423 \approx 50 \text{ unit}$

Langkah 4 : $|Q^* - Q| = 0 \rightarrow |2750 - 2750| = 0 \rightarrow 0 = 0$
 $ETC(2750, 1) = \text{Rp}48.597.551,71$

Langkah 5 : $ETC^* \geq ETC(Q, n) \rightarrow \infty \geq \text{Rp}48.597.551,71$
 $ETC(Q, n) \rightarrow ETC^*, Q \rightarrow Q^*$ dan $s \rightarrow s^*$
 $\text{Rp}48.597.551,71 \rightarrow ETC^*, 2750 \rightarrow Q^*, 50 \rightarrow S^*$
maka $n = n + 1 = 1 + 1 = 2 \rightarrow$ kembali ke langkah 0

n = 2

Langkah 0 : Tetapkan nilai $ETC^* = \text{Rp}48.597.551,71$ dan $n = 2$

Langkah 1 : Hitung nilai Q
 $Q = 1406775 \approx 1407 \text{ unit}$

Langkah 2 : Cari nilai k dan hitung nilai $\varphi(k)$

$$k = 2.235 \text{ dan } \psi(k) = 0.0044$$

Langkah 3 : Hitung nilai Q^*

$$Q^* = 1400.398 \approx 1400 \text{ unit} \quad S = 45.5069 \approx 46 \text{ unit}$$

Langkah 4 : $|Q^* - Q| = 0 \rightarrow |1400 - 1407| > 7 \rightarrow 13 > 0$

Maka, $Q^* \rightarrow Q = 1400 \rightarrow Q$ dan kembali ke langkah 2

Iterasi 1 :

Langkah 2 : Cari nilai k dan hitung nilai $\varphi(k)$

$$k = 2.235 \text{ dan } \psi(k) = 0.0044$$

Langkah 3 : Hitung nilai Q^*

$$Q^* = 1400.385 \approx 1400 \text{ unit} \quad S = 45.5069 \approx 46 \text{ unit}$$

Langkah 4 : $|Q^* - Q| = 0 \rightarrow |2750 - 2750| = 0 \rightarrow 0 = 0$

$$ETC(1400,2) = \text{Rp}50.042.654,14$$

Langkah 5 : $ETC^* < ETC(Q, n) \rightarrow \text{Rp}48.597.551,71 < \text{Rp}50.042.654,14$

Maka nilai yang optimum adalah pada $n = n - 1 = 2 - 1 = 1$, yaitu pada nilai $Q^* = 2750, S^* = 50, n = 1$

Berikut adalah hasil ringkasan biaya total antara persediaan yang terintegrasi (Menggunakan JELS) dan juga yang masih masing-masing

Tabel 4. Tabel Ringkasan Keseluruhan

Metode	n	Supplier	DC	Total Cost
JELS	n=1	-	-	Rp48,597,551.71
	n=2	-	-	Rp50,042,654.14
Masing-masing	-	Rp66,678,592.51	Rp12,414,208.96	Rp79,092,801.47

Besarnya penghematan setelah menggunakan metode usulan adalah sebagai berikut

$$\% \text{ penghematan} = \frac{7909280147 - 4859755171}{7909280147} * 100\% = 38.56\%$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data diatas, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Kelemahan pada metode perusahaan saat ini adalah tidak adanya koordinasi antara jaringan rantai pasok, sehingga perhitungan pengendalian saat ini hanya optimal bagi salah satu pihak saja, tidak bagi seluruh eselon yang ada
2. Metode pengendalian persediaan yang tepat untuk diterapkan adalah dengan metode JELS
3. Besarnya penghematan yang dapat dihasilkan dari metode usulan adalah Rp30.495.249,71 per tahun (38.56%).

DAFTAR PUSTAKA

- Bedworth, Bailey. 1998. *Integrated Production Control System*, John Wiley and Sons, Inc.
- Ben Daya, M., Hariga, M. 2004. Integrated single vendor single buyer model with stochastic demand and variable lead time. *International Journal of Production Economics*, No.92, 75-80.
- Jauhari, W, Ahmad., Pujawan, Nyoman., Wiranto, S, Eko., 2009, Model Joint Economic Lot Size Pada Kasus Pemasok-Pembeli Dengan Permintaan Probabilistik, *Jurnal Teknik Industri*, Vol 11, hal 1-14.
- Nur Bahagia.S. 2006. Sistem Inventori , Institut Teknologi Bandung, Bandung.

- Sugiyono.2011. Usulan Pengendalian Persediaan Produk Kursi Lipat (Folding Chair) dengan Menggunakan Metode *Joint Economic Lot Size* di PT. Chitose Indonesia. *Srkipsi*, Fakultas Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Tersine, Richard J. 1994. *Principles of Inventory and Material Management*, Prentice-Hall International, Inc., USA.
- Smith, Spencer B. 1989. *Computer Based-Production and Inventory Control*, Prentice-Hall International, Inc., USA.