

**Koordinasi Persediaan Rantai Pasok Desentralisasi dengan *Lead Time*
yang Terkontrol dan Mekanisme *Revenue Sharing***

Disusun Oleh:

Rainisa Maini Heryanto

Winda Halim

Koordinasi Persediaan Rantai Pasok Desentralisasi dengan *Lead Time* yang Terkontrol dan Mekanisme *Revenue Sharing*

Rainisa Maini Heryanto, Winda Halim
Jurusan Teknik Industri
Universitas Kristen Maranatha, Bandung
Email : rainisa_heryanto@yahoo.com, windahalim@yahoo.com

Abstrak

Penelitian awal dilakukan oleh Fei Ye, et al (2008) yang berjudul *Research on Supply Chain Inventory Optimization and Benefit Coordination with Controllable Lead Time* yang membahas tentang optimasi persediaan rantai pasok yang terdiri dari dua eselon. Tujuan dari penelitian awal ini adalah minimasi biaya total pada model sentralisasi dua eselon, dari hasil minimasi biaya tersebut kemudian dilakukan koordinasi keuntungan dengan menggunakan metode *Shapley Value* dan MCRS sehingga diperoleh keuntungan pada masing-masing eselon yang proporsional jika dibandingkan dengan model desentralisasi. Pada penelitian ini, peneliti mencoba mengajukan pengembangan model untuk koordinasi rantai pasok desentralisasi namun masih dengan *lead time* yang terkontrol dan menggunakan mekanisme *revenue sharing*. Penelitian tentang koordinasi rantai pasok desentralisasi dengan mekanisme *revenue sharing* telah diteliti sebelumnya oleh Hung Yi Chen, et al (2008), namun penelitian ini tidak memperhatikan aspek *lead time*.

Kata kunci : desentralisasi, *lead time*, *revenue sharing*

1. PENDAHULUAN

Dalam kebanyakan literatur tentang jumlah pemesanan yang ekonomis (EOQ), *lead time* dipandang sebagai variabel konstan atau stokastik yang menggunakan model deterministik atau probabilistik. Namun dalam model, seringkali *lead time* menjadi sesuatu yang sangat tidak realistis karena diasumsikan sebagai variabel yang tidak dikendalikan. Menurut Tersine, *lead time* terdiri dari 5 komponen utama, yaitu waktu persiapan pemesanan, waktu melakukan pemesanan, *lead time* dari vendor, waktu pengantaran barang, dan waktu *setup*.

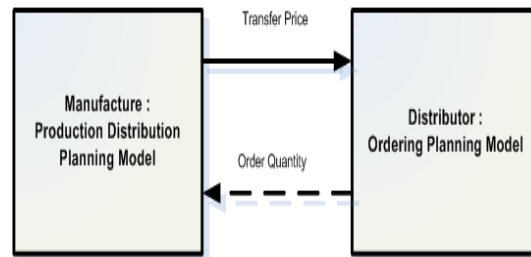
Model dengan *lead time* yang terkontrol dalam penelitian Fei Ye, et al (2008) dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu desentralisasi dan sentralisasi. Model dengan konsep sentralisasi harus dapat memberikan jaminan bahwa masing-masing pelaku dalam sistem rantai pasok harus mendapatkan keuntungan. Namun, jika keuntungan dalam model sentralisasi hanya didapatkan oleh salah satu dari pelaku dalam rantai pasok dan merugikan pelaku lain, hal tersebut juga akan menjadi sangat tidak realistis.

Jika konsep model sentralisasi tidak dapat diterapkan karena tidak dapat memberikan jaminan keuntungan pada masing-masing pelaku, maka digunakan konsep model desentralisasi, dimana kebijakan inventori akan diatur oleh masing-masing pelaku dalam sistem rantai pasok.

Untuk model desentralisasi dua eselon, pemetaan sistem kajiannya terdiri dari :

- Aspek struktural

Aspek struktural terdiri dari 1 manufaktur dan 1 distributor



Gambar 1. Aspek Struktural Model Desentralisasi

- Aspek fungsional

Aspek fungsional yang terjadi antara manufaktur dan distributor adalah :

- a. Manufaktur akan memberikan informasi *transfer price* kepada distributor
- b. Berdasarkan informasi *transfer price* tersebut, maka distributor akan memesan kepada manufaktur

- Batasan

Batasan yang terdapat dalam sistem adalah kapasitas pada manufaktur, dimana jumlahnya lebih besar daripada permintaan dan keuntungan yang didapatkan sebelum mekanisme *revenue sharing* harus lebih besar dari keuntungan yang didapatkan jika tidak menerapkan *revenue sharing* (tidak ada koordinasi)

- Lingkungan

Diabaikan.

- Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai adalah maksimasi keuntungan yang didapatkan oleh distributor dan manufaktur.

2. POSISI PENELITIAN

Posisi penelitian terdahulu yang berhubungan dengan pengembangan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Posisi Penelitian

Peneliti	Tahun	Jenis Penelitian
Liao dan Shyu	1991	Model <i>continuous review</i> dimana jumlah pemesanan ditentukan terlebih dahulu dan <i>lead time</i> menjadi satu-satunya variabel keputusan
Ben Daya dan Raouf	1994	Melanjutkan model dari Liao dan Shyu, dimana yang menjadi variabel keputusan adalah jumlah pemesanan dan <i>lead time</i>
Ouyang, et al	1996	Mengkaji lebih jauh tentang asumsi bahwa kekurangan dapat dipenuhi dengan <i>backorder</i> atau <i>lost sales</i>
Ouyang dan Wu	1998	Memperlihatkan bahwa <i>lead time</i> permintaan dapat diketahui dan merupakan distribusi kumulatif bebas dan bertujuan menjabarkan prosedur untuk mendapatkan <i>lead time</i> yang optimal dan jumlah pemesanan dalam kondisi yang berbeda
Moon dan Choi	1998	Mengkaji lebih jauh tentang model Ouyang et al dengan menambahkan variabel keputusan <i>reorder point</i>
Ouyang dan Chang	2000	Mengembangkan model Ouyang et al dengan mengkaji lebih jauh asumsi bahwa tingkat <i>backorder</i> bukan merupakan konstanta yang telah ditentukan, tetapi tergantung pada panjang dari <i>lead time</i> .
Pan dan Yang	2002	Melanjutkan model Goyal (1988) dengan mengasumsikan bahwa <i>lead time</i> adalah variabel yang terkontrol, ekspektasi biaya, dan <i>lead time</i> yang lebih pendek dibandingkan dengan model Goyal
Ouyang, et al	2004	Mengembangkan model Pan dan Yang dengan mengkaji lebih jauh asumsi bahwa <i>reorder point</i> adalah variabel keputusan lain, diperbolehkan adanya <i>shortage</i> , jumlah pemesanan yang optimal, <i>lead time</i> , <i>reorder point</i> , dan jumlah lot secara berkesinambungan merupakan model persediaan dalam <i>supply chain</i> yang terintegrasi
Fei Ye et al	2008	Mengembangkan model dengan <i>lead time</i> yang terkontrol dengan keputusan secara sentralisasi dan desentralisasi.
Hung Yi Chen, et al	2008	Mengembangkan model koordinasi rantai pasok desentralisasi mekanisme <i>revenue sharing</i>

3. ANALISIS PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijabarkan analisis penelitian yang meliputi *research question* penelitian, komponen model, pendekatan yang digunakan dalam penelitian, formulasi model, solusi serta contoh numerik dan kritik terhadap penelitian yang dilakukan.

3.1 Identifikasi Masalah

Masalah penelitian yang akan dibahas adalah koordinasi persediaan pada rantai pasok desentralisasi, dimana secara lebih spesifik *research question* yang diajukan adalah *bagaimana kebijakan inventori yang optimal untuk distributor dan manufaktur ?*

3.2 Komponen Model

Komponen model terdiri dari 2 bagian yaitu komponen model pada distributor yang dapat dilihat pada Tabel 2 dan komponen model pada manufaktur yang dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 2. Komponen Model pada Distributor

Problem	Kriteria Performansi	Variabel Keputusan	Pembatas	Parameter
Bagaimana kebijakan inventori yang optimal ?	Maksimasi keuntungan yang didapatkan oleh distributor	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lead Time</i> (L) • <i>Transfer Price</i> dari manufaktur • Jumlah pemesanan yang optimal ke manufaktur (O_{ist}) • Saat dilakukan pemesanan (r) • Jumlah <i>safety stock</i> yang harus disediakan (ss) 	<ul style="list-style-type: none"> • Keuntungan yang didapatkan sebelum mekanisme <i>revenue sharing</i> harus lebih besar dari keuntungan yang didapatkan jika tidak menerapkan <i>revenue sharing</i> (tidak ada koordinasi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Durasi <i>lead time</i> minimum dengan percepatan (a_i) • Durasi <i>lead time</i> normal (b_i) • Biaya percepatan distributor per unit (c_i) • Harga jual di distributor (RP_{is}) • Biaya pesan (A) • Biaya simpan per unit per periode (h_d) • Biaya kekurangan per unit (γ) • <i>Revenue sharing rate</i> (Φ)

Tabel 3. Komponen Model pada Manufaktur

Problem	Kriteria Performansi	Variabel Keputusan	Pembatas	Parameter
Bagaimana kebijakan inventori yang optimal ?	Maksimasi keuntungan yang didapatkan oleh manufaktur	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lead Time</i> (L) • <i>Transfer Price</i> di manufaktur • Jumlah produksi yang dilakukan oleh manufaktur (Q_p) • Saat dilakukan produksi (t) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitas lebih besar daripada permintaan ($P > D$) • Keuntungan yang didapatkan sebelum mekanisme <i>revenue sharing</i> harus lebih besar dari keuntungan yang didapatkan jika tidak menerapkan <i>revenue sharing</i> (tidak ada koordinasi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Durasi <i>lead time</i> minimum dengan percepatan (a_i) • Durasi <i>lead time</i> normal (b_i) • Biaya percepatan manufaktur per unit (d_i) • Harga jual di distributor (RP_{is}) • Biaya tetap produksi per unit (FC_{im}) • Biaya simpan per unit per periode (h_m) • <i>Revenue sharing rate</i> (Φ)

3.3 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang dilakukan terdiri dari model acuan yang digunakan serta metodologi penelitian yang diuraikan sebagai berikut :

3.3.1 Model Acuan

Pengembangan penelitian ini adalah menggunakan model acuan Fei Ye, et al (2008) dan model Hung Yi Chen, et al (2008). Pengembangan penelitian ini berusaha memodifikasi model Fei Ye, et al (2008) dengan menambahkan mekanisme *revenue sharing* untuk model desentralisasi seperti model yang digunakan oleh Hung Yi Chen, et al (2008). Secara struktural, kedua model yaitu model Fei Ye, et al (2008) dan model Hung Yi Chen, et al (2008) terdiri dari 2 eselon yaitu 1 manufaktur (*vendor*) dan 1 distributor (*buyer*). Perbedaan yang ada terjadi pada aspek fungsionalnya, Pada model Fei Ye, et al (2008) merupakan model sentralisasi dimana *buyer* akan memesan sejumlah Q kepada *vendor* dan *vendor* akan mengirimkan sebesar Q ke *vendor*. Tujuan dari model ini adalah meminimasi total biaya pada *vendor* dan *buyer* serta pengalokasian total biaya yang dapat memberikan keuntungan yang optimal (koordinasi keuntungan) untuk *vendor* dan *buyer* jika dibandingkan dengan model desentralisasi.

Sedangkan untuk model Hung Yi Chen, et al (2008) merupakan model desentralisasi, dimana manufaktur akan memberikan informasi *transfer price* kepada distributor, dan distributor akan memesan sebesar *order quantity* kepada manufaktur. Sehingga terjadi mekanisme *revenue sharing* antara manufaktur dan distributor.

Perbedaan lainnya adalah pada model Fei Ye, et al (2008) memperhatikan *lead time* yang terkontrol sedangkan pada model Hung Yi Chen (2008) tidak memperhatikan aspek *lead time*. Oleh karena itu, pengembangan penelitian ini berusaha memodifikasi kedua model dengan masih tetap memperhatikan aspek *lead time*.

Hasil yang diharapkan adalah keuntungan yang diperoleh oleh masing-masing eselon (manufaktur dan distributor)

3.3.2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan pada model Hung Yi Chen, et al (2008) dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Identifikasi permasalahan dan tujuan penelitian
Permasalahan yang terjadi di dalam
- b. Studi literatur
Studi literatur yang dilakukan berhubungan dengan masalah yang terjadi yaitu sistem desentralisasi dua eselon (manufaktur dan distributor) untuk *lead time* yang terkontrol. Melalui studi literatur ini akan diperoleh informasi-informasi yang dibutuhkan untuk mengatasi masalah yang terjadi.
- c. Penentuan batasan dan asumsi penelitian
Penentuan batasan dan asumsi penelitian dilakukan untuk memudahkan dalam pencarian solusi permasalahan.
- d. Pengembangan model matematika
Pengembangan model matematika seperti telah dijelaskan pada sub bab model acuan bahwa pengembangan model merupakan modifikasi model Fei Ye, et al (2008) dengan menambahkan mekanisme *revenue sharing* untuk model desentralisasi seperti model yang digunakan oleh Hung Yi Chen, et al (2008) dan tetap memperhatikan aspek *lead time*.

- e. Pemberian contoh numerik
Pemberian contoh numerik dimaksudkan agar model matematika yang telah dibuat dapat merepresentasikan suatu kasus tertentu.
- f. Penarikan kesimpulan
Penarikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

3.4 Formulasi Model

3.4.1 Notasi Matematika

Notasi yang digunakan dalam model adalah ;

a_i	= Durasi minimum <i>lead time</i> dengan percepatan	(hari)
b_i	= Durasi <i>lead time</i> normal	(hari)
c_i	= Biaya percepatan distributor per unit	(\$)
d_i	= Biaya percepatan manufaktur per unit	(\$)
RP_{is}	= Harga jual di distributor	(\$)
D	= Rata-rata permintaan ke distributor per tahun	(unit)
δ	= Standar deviasi permintaan	(unit)
O_{ist}	= Jumlah pemesanan dari distributor ke manufaktur	(unit)
A	= Biaya pesan distributor per kali pesan	(\$/kali pesan)
h_d	= Biaya simpan distributor per unit per tahun	(\$/unit/tahun)
k	= Faktor pengaman = $Z\alpha$	
L	= <i>Lead time</i>	(minggu)
γ	= Biaya kekurangan per unit	(\$/unit)
$\Psi(k)$	= Ekspektasi parsial dari k	
TP_{im}	= <i>Transfer Price</i> dari manufaktur	(\$)
Φ	= <i>Revenue sharing rate</i>	
FC_{im}	= Biaya tetap produksi per unit di manufaktur	(\$/unit)
PC_{im}	= Biaya produksi per unit di manufaktur	(\$/unit)
Q_P	= Jumlah produksi di manufaktur sepanjang periode	(unit)
$R(L)$	= Biaya percepatan <i>lead time</i> di distributor	(\$/hari)
$M(L)$	= Biaya percepatan <i>lead time</i> di manufaktur	(\$/hari)
P	= Kapasitas manufaktur per tahun	(unit)
r	= Saat dilakukan pemesanan di distributor	(unit)
ss	= Jumlah cadangan pengamana yang harus disediakan di distributor	(unit)
t	= Saat dilakukan produksi di manufaktur	(unit)

3.4.2 Asumsi Model

Asumsi yang digunakan dalam model matematika yang digunakan adalah :

1. Rantai pasok terdiri dari 2 eselon yaitu manufaktur dan distributor
2. Untuk satu produk
3. 1 tahun terdiri dari 50 minggu
4. Inventori secara kontinu dapat diisi kembali (*replenishment*) dimana pengisian kembali ditentukan oleh reorder pointnya (r).

5. *Reorder point* (r) adalah ekspektasi permintaan selama *lead time* + *safety stock*. Permintaan selama *lead time* L diasumsikan berdistribusi normal dengan rata-rata = uL dan standar deviasi = $\delta\sqrt{L}$ dan k adalah *safety factor*.

$$\text{Sehingga } r = DL + k\delta\sqrt{L} \quad (1)$$

6. Tingkat produksi pada manufaktur tetap sebesar P , dimana tingkat produksi lebih besar dari tingkat permintaan ($P > D$)
7. *Lead time* mempunyai n komponen yang saling berdiri sendiri. Komponen ke- i mempunyai sebuah durasi minimum yaitu a_i dan durasi normal b_i , biaya percepatan distributor per unit waktu adalah c_i , dan biaya percepatan manufaktur per unit waktu adalah d_i . Untuk mempermudah, maka dapat diurutkan c_i dan d_i seperti $c_1 \leq c_2 \leq \dots c_n$. dan $d_1 \leq d_2 \leq \dots d_n$. Sehingga dapat dilihat secara jelas bahwa untuk mengurangi *lead time*, seharusnya komponen ke-1 dulu (karena mempunyai biaya percepatan yang paling minimum) dan kemudian komponen ke-2 dan seterusnya.
8. Jika $L_0 = \sum_{j=1}^n b_j$ dan L_i adalah panjang *lead time* pada komponen 1, 2, ..., i yang dipercepat ke durasi minimumnya maka L_i dapat dihitung:

$$L_i = \sum_{j=1}^i a_j + \sum_{j=i+1}^n b_j = \sum_{j=1}^i b_j - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j) = L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j) \quad (2)$$

Dimana $i = 1, 2, \dots, n$

3.4.3 Model Matematis

Model matematis dibagi menjadi 2 yaitu model matematis pada distributor dan model matematis pada manufaktur. Namun sebelum pengembangan model, terlebih dahulu ditentukan nilai *Transfer Pricing*, yang akan diuraikan di bawah ini :

3.4.3.1 Transfer Pricing

Metode-metode *Transfer Pricing*

- a. *Zero Cost* : besarnya *transfer pricing* ditentukan sama dengan 0.
- b. *Variabel Cost* : besarnya *transfer pricing* ditentukan sebesar nilai biaya variabel. Biaya variabel merupakan penjumlahan dari biaya simpan per unit dan biaya produksi per unit.
- c. *Total Cost* : besarnya *transfer pricing* ditentukan sebesar jumlah biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap dapat dirumuskan :

$$\text{biaya tetap per unit} = \frac{\text{biaya setup produksi}}{\text{rata-rata kapasitas semua periode}} \times \text{utilisasi} \quad (3)$$

- d. *Minimum retail price* : besarnya *transfer pricing* ditentukan sebesar harga jual minimum yang ada di eselon distributor
- e. *Medium retail price* : besarnya *transfer pricing* ditentukan sebesar nilai tengah dari harga jual minimum dan maksimum.
- f. *Maximum retail price* : besarnya *transfer pricing* ditentukan sebesar harga jual maksimum yang ada di eselon distributor

3.4.3.2 Model Matematis di Distributor

Berdasarkan notasi dan asumsi di atas, maka model di distributor adalah :

Ekspektasi keuntungan distributor = pendapatan dari penjualan – biaya pesan – biaya simpan – biaya percepatan *lead time* – biaya kekurangan – biaya pembelian barang ke manufaktur

Untuk masing-masing submodel dapat dirumuskan :

Pendapatan dari penjualan = *revenue sharing rate* di distributor x harga jual di distributor x banyaknya permintaan

$$\text{Pendapatan dari penjualan} = (1-\Phi) RP_{is} D \quad (4)$$

Biaya pesan = biaya per kali pesan x banyaknya pemesanan yang dilakukan

$$\text{Biaya pesan} = A \frac{D}{O_{ist}} \quad (5)$$

Biaya simpan = biaya simpan per unit per periode x jumlah unit yang disimpan

$$\text{Biaya simpan} = h_d \left(\frac{O_{ist}}{2} + k \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \right) \quad (6)$$

Biaya percepatan *lead time* = biaya percepatan x frekuensi percepatan

$$\text{Biaya percepatan } lead \text{ time} = R(L) \times \frac{D}{O_{ist}} \quad (7)$$

Biaya kekurangan = frekuensi kekurangan x biaya kekurangan x jumlah kekurangan

$$\text{Biaya kekurangan} = \frac{D}{O_{ist}} \gamma \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \Psi(k) \quad (8)$$

Biaya pembelian ke manufaktur = *transfer price* dari manufaktur x jumlah unit yang dibeli

$$\text{Biaya pembelian ke manufaktur} = TP_{im} D \quad (9)$$

Ekspektasi keuntungan distributor = pendapatan dari penjualan – biaya pesan – biaya simpan – biaya percepatan *lead time* – biaya kekurangan – biaya pembelian ke manufaktur

$$\begin{aligned} \text{Ekspektasi keuntungan} &= (1-\Phi) RP_{is} D - A \frac{D}{O_{ist}} - h_d \left(\frac{O_{ist}}{2} + k \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \right) - R(L) \frac{D}{O_{ist}} - \\ &\frac{D}{O_{ist}} \gamma \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \Psi(k) - TP_{im} D \end{aligned} \quad (10)$$

Dimana :

$$R(L) = c_i (L_{i-1} - L) + \sum_{j=1}^{i-1} c_j (b_j - a_j) \quad (11)$$

Dengan menerapkan metode optimasi klasik pada ekspektasi keuntungan di atas, maka nilai O_{ist} dapat diperoleh dengan cara :

$$\frac{\partial E_p}{\partial O_{ist}} = 0 \rightarrow A \frac{D}{O_{ist}^2} - \frac{h_d}{2} + R(L) \frac{D}{O_{ist}^2} + \frac{D}{O_{ist}^2} \gamma \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \Psi(k) = 0$$

$$\frac{h_d}{2} = A \frac{D}{O_{ist}^2} + R(L) \frac{D}{O_{ist}^2} + \frac{D}{O_{ist}^2} \gamma \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \Psi(k)$$

$$\frac{h_d}{2} O_{ist}^2 = AD + R(L) D + D \gamma \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \Psi(k)$$

$$h_d O_{ist}^2 = 2D(A + R(L)) + \gamma \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \Psi(k)$$

$$O_{ist} = \sqrt{\frac{2D(A+R(L) + \gamma\delta\sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \Psi(k))}{h_d}} \quad (12)$$

Jumlah *safety stock* yang harus disediakan oleh distributor = faktor pengaman x ekspektasi kekurangan selama *lead time*

$$Safety\ stock = k \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \quad (13)$$

Saat dilakukan pemesanan kembali = kebutuhan selama *lead time* + *safety stock*

$$r = D (L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)) + k \delta \sqrt{L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)} \quad (14)$$

3.4.3.3 Model Matematis di Manufaktur

Berdasarkan notasi dan asumsi di atas, maka model di manufaktur adalah :

Ekspektasi keuntungan di manufaktur = pendapatan dari penjualan + *returns* dari distributor – biaya produksi – biaya simpan – biaya percepatan *lead time*

Untuk masing-masing submodel dapat dirumuskan :

Pendapatan dari penjualan = Jumlah (*transfer price* di manufaktur x unit yang dikirim ke distributor)

$$Pendapatan\ dari\ penjualan = TP_{im} D \quad (15)$$

Returns dari distributor = *revenue sharing rate* di manufaktur x jumlah (harga jual di distributor x ekspektasi penjualan)

$$Returns\ dari\ distributor = \Phi \sum RP_{is} \int_0^{O_{ist}} (x) f(x) dx$$

$$Returns\ dari\ distributor = \Phi RP_{is} D \quad (16)$$

Biaya produksi = (biaya tetap produksi per unit + biaya produksi per unit) x jumlah unit yang diproduksi

$$Biaya\ produksi = (FC_{im} + PC_{im}) Q_p \quad (17)$$

Biaya simpan = biaya simpan per unit per periode x jumlah yang disimpan

$$Biaya\ simpan = h_m \frac{Q_p D}{2P} \quad (18)$$

Biaya percepatan *lead time* = frekuensi percepatan x biaya percepatan

$$Biaya\ percepatan\ lead\ time = \frac{D M(L)}{Q_p} \quad (19)$$

Ekspektasi keuntungan di manufaktur = pendapatan dari penjualan + *returns* dari distributor – biaya produksi – biaya simpan – biaya percepatan *lead time*

$$Ekspektasi\ keuntungan = \sum TP_{im} O_{ist} + \Phi RP_{is} D - (FC_{im} + PC_{im}) D - h_m \frac{Q_p D}{2P} - \frac{D M(L)}{Q_p} \quad (20)$$

Dimana :

$$M(L) = d_i (L_{i-1} - L) + \sum_{j=1}^{i-1} d_j (b_j - a_j) \quad (21)$$

Dengan menerapkan metode optimasi klasik pada ekspektasi keuntungan di atas, maka nilai Q_p dapat diperoleh dengan cara :

$$\frac{\partial E_p}{\partial Q_p} = 0 \rightarrow -h_m \frac{D}{2P} + \frac{D M(L)}{Q_p^2}$$

$$\frac{D M(L)}{Q_p^2} = h_m \frac{D}{2P}$$

$$D M(L) = Q_p^2 (h_m \frac{D}{2P})$$

$$Q_p^2 = \frac{M(L)}{\frac{h_m}{2P}}$$

$$Q_p = \sqrt{\frac{2P M(L)}{h_m}} \quad (22)$$

Saat dilakukan produksi kembali = *demand* x *lead time*

$$t = D (L_0 - \sum_{j=1}^i (b_j - a_j)) \quad (23)$$

3.4.4 Solusi dan Contoh Numerik

Diketahui sistem persediaan dengan :

D = 600 unit per tahun

P = 800 unit per tahun

h_m = \$40/unit/periode

h_d = \$20/unit/periode

A = \$200/kali pesan

δ = 7 unit.tahun

γ = \$60/unit

S = \$250/kali setup

U = 99%

k = 2

RP_{is} = \$15/unit

Φ = 0.1

PC_{im} = 1\$/unit

Berdasarkan rumus (3) didapatkan biaya tetap produksi per unit :

biaya tetap per unit = $\frac{\text{biaya setup produksi}}{\text{rata-rata kapasitas semua periode}}$ x utilisasi

$$FC_{is} = \frac{250}{208.33} \times 99\% = \$1.2/\text{unit}$$

Data komponen *lead time* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Data Komponen *Lead Time*

i	b_i (hari)	a_i (hari)	c_i (\$/hari)	d_i (\$/hari)
1	20	6	0.4	8
2	20	6	1.2	8.2
3	16	9	5	8.5

Dari data-data di atas, dapat dihitung nilai L , $M(L)$, $R(L)$, O_{ist} , Q_p , r , ss , t , ekspektasi keuntungan distributor, dan ekspektasi keuntungan manufaktur berdasarkan nilai *transfer pricing* dan nilai *revenue sharing rate* yang berbeda-beda. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7 berikut ini :

Tabel 5. Hasil Perhitungan Ekspektasi Keuntungan dengan Nilai *Revenue Sharing Rate 0.1*

i	L	R(L _i)	M(L _i)	O _{ist}	ss	r	Q _p	t	TPim		Ekspektasi Keuntungan Distributor	Ekspektasi Keuntungan Manufaktur
0	8	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	6	5.6	112	111	2	74	67	72	ZR	0	5849	-2428
									VR	42.2	-19471	22892
									TC	2.2	4529	-1108
									Min	0	5849	-2428
									Med	7.5	1349	2072
									Max	15	-3151	6572
2	4	22.4	128.8	116	1	49	72	48	ZR	0	5948	-2573
									VR	42.2	-19372	22747
									TC	2.2	4628	-1253
									Min	0	5948	-2573
									Med	7.5	1448	1927
									Max	15	-3052	6427
3	3	57.4	188.3	124	1	37	87	36	ZR	0	6103	-3024
									VR	42.2	-19217	22296
									TC	2.2	4783	-1704
									Min	0	6103	-3024
									Med	7.5	1603	1476
									Max	15	-2897	5976

Tabel 6. Hasil Perhitungan Ekspektasi Keuntungan dengan Nilai *Revenue Sharing Rate* 0.5

i	L	R(L _i)	M(L _i)	O _{ist}	ss	r	Q _p	t	TPim		Ekspektasi Keuntungan Distributor	Ekspektasi Keuntungan Manufaktur
0	8	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	6	5.6	112	111	2	74	67	72	ZR	0	2249	1172
									VR	42.2	-23071	26492
									TC	2.2	929	2492
									Min	0	2249	1172
									Med	7.5	-2251	5672
									Max	15	-6751	10172
2	4	22.4	128.8	116	1	49	72	48	ZR	0	2348	1027
									VR	42.2	-22972	26347
									TC	2.2	1028	2347
									Min	0	2348	1027
									Med	7.5	-2152	5527
									Max	15	-6652	10027
3	3	57.4	188.3	124	1	37	87	36	ZR	0	2503	576
									VR	42.2	-22817	25896
									TC	2.2	1183	1896
									Min	0	2503	576
									Med	7.5	-1997	5076
									Max	15	-6497	9576

Tabel 7. Hasil Perhitungan Ekspektasi Keuntungan dengan Nilai *Revenue Sharing Rate* 0.9

i	L	R(L _i)	M(L _i)	O _{ist}	ss	r	Q _p	t	TPim		Ekspektasi Keuntungan Distributor	Ekspektasi Keuntungan Manufaktur
0	8	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	6	5.6	112	111	2	74	67	72	ZR	0	-1351	4772
									VR	42.2	-26671	30092
									TC	2.2	-2671	6092
									Min	0	-1351	4772
									Med	7.5	-5851	9272
									Max	15	-10351	13772
2	4	22.4	128.8	116	1	49	72	48	ZR	0	-1252	4627
									VR	42.2	-26572	29947
									TC	2.2	-2572	5947
									Min	0	-1252	4627
									Med	7.5	-5752	9127
									Max	15	-10252	13627
3	3	57.4	188.3	124	1	37	87	36	ZR	0	-1097	4176
									VR	42.2	-26417	29496
									TC	2.2	-2417	5496
									Min	0	-1097	4176
									Med	7.5	-5597	8676
									Max	15	-10097	13176

Sedangkan untuk perhitungan ekspektasi keuntungan jika tidak menggunakan mekanisme *revenue sharing* dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini :

Tabel 8. Hasil Perhitungan Ekspektasi Keuntungan Tanpa Mekanisme *Revenue Sharing*

i	L	R(L _i)	M(L _i)	O _{ist}	ss	r	Q _p	t	TPim		Ekspektasi Keuntungan Distributor	Ekspektasi Keuntungan Manufaktur
0	8	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	6	5.6	112	111	2	74	67	72	ZR	0	-2251	-3328
									VR	42.2	-27571	21992
									TC	2.2	-3571	-2008
									Min	0	-2251	-3328
									Med	7.5	-6751	1172
								Max	15	-11251	5672	
2	4	22.4	128.8	116	1	49	72	48	ZR	0	-2152	-3473
									VR	42.2	-27472	21847
									TC	2.2	-3472	-2153
									Min	0	-2152	-3473
									Med	7.5	-6652	1027
								Max	15	-11152	5527	
3	3	57.4	188.3	124	1	37	87	36	ZR	0	-1997	-3924
									VR	42.2	-27317	21396
									TC	2.2	-3317	-2604
									Min	0	-1997	-3924
									Med	7.5	-6497	576
								Max	15	-10997	5076	

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai *transfer pricing* yang berbeda-beda dengan nilai *revenue sharing rate* yang berbeda akan memberikan ekspektasi keuntungan yang beraneka ragam, dimana dapat menguntungkan kedua eselon (distributor dan manufaktur) atau menguntungkan hanya salah satu eselon. Namun jika tidak menggunakan mekanisme *revenue sharing* dapat dilihat bahwa keuntungan hanya didapatkan oleh salah satu eselon atau tidak menguntungkan sama sekali.

3.5 Kritik

Dalam penelitian Fei Ye, et al (2008) yang berjudul *Research on Supply Chain Inventory Optimization and Benefit Coordination with Controllable Lead Time* dibahas suatu model sentralisasi yang dapat memberikan koordinasi keuntungan untuk masing-masing eselon, namun dalam pemodelan matematisnya masih terdapat kekurangan. Kekurangan tersebut yaitu bahwa dalam model sentralisasi tersebut, perhitungan koordinasi keuntungan dengan metode *Shapley Value* dan MCRS tidak mengubah nilai Q walaupun kedua eselon masing-masing telah mendapatkan keuntungan. Jika nilai keuntungan berubah antara kedua eselon tersebut, maka seharusnya nilai Q mengalami perubahan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian yang dilakukan adalah sistem persediaan rantai pasok desentralisasi dua eselon dan tujuan dari penelitian adalah memaksimalkan keuntungan yang didapatkan oleh masing-masing eselon (manufaktur dan distributor). Dengan pengembangan model yang dilakukan yaitu koordinasi rantai pasok desentralisasi untuk *lead time* yang terkontrol dengan menggunakan mekanisme *revenue sharing* akan memberikan jaminan keuntungan pada masing-masing eselon (manufaktur dan distributor).

Saran yang dapat diberikan adalah :

- a. Penggunaan perangkat lunak untuk memudahkan perhitungan sehingga dapat dicoba lebih banyak kemungkinan nilai *revenue sharing rate* yang dapat memberikan keuntungan yang lebih maksimal.
- b. Penelitian memperhitungkan biaya simpan bahan baku di manufaktur.
- c. Penelitian lanjutan dapat mencakup aspek struktural yang terdiri dari 1 manufaktur dan multi distributor.

5. DAFTAR PUSTAKA

Fei Ye, Yi Na Li, Xue Jun Xu, dan Jian Hui Zhao (2008), *Research on Supply Chain Inventory Optimization and Benefit Coordination with Controllable Lead Time*, *Scientific Research Publishing*, 21-27

Hung Yi Chen dan Hsiao Chung Wu (2008), *Decentralized Supply Chain Coordination with Revenue Sharing Mechanism: Transfer Pricing Heuristics and Revenue Share Rates*, *Proceedings of The 9th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*, 313-320

Tersine, Richard. J., *Principles of Inventory and Materials Managements*. North Holland, 1988.