

## MODEL UKURAN LOT TERKOORDINASI PADA SISTEM RANTAI PASOK *SINGLE-VENDOR MULTI-BUYER* DENGAN MELIBATKAN PEMESANAN BAHAN BAKU

**Hari Prasetyo**

Pusat Studi Logistik dan Optimisasi Industri (PUSLOGIN)

Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan, Surakarta.

Email: Hari.Prasetyo@ums.ac.id

### Abstrak

*Dalam upaya untuk mengurangi biaya operasional pengelolaan material pada suatu sistem rantai pasok, aliran material dari hulu hingga hilir perlu dirampingkan. Hal ini dapat dilakukan melalui koordinasi penentuan ukuran lot produksi dan lot pengiriman antara pemasok dan distributor sehingga level dead stock pada keseluruhan sistem rantai pasok menjadi rendah. Pada penelitian ini dikembangkan suatu model matematika yang menggambarkan sinkronisasi ukuran lot produksi pada pemasok dan distributor. Pemasok memproduksi sebuah produk dan mengirimkannya ke beberapa distributor. Kebijakan perampingan aliran bahan pada pemasok terkait erat dengan penentuan ukuran lot pemesanan bahan baku dan ukuran lot produksi, sementara pada distributor hal ini erat kaitannya dengan penentuan ukuran lot pengiriman produk dari pemasok. Mekanisme koordinasi dilakukan dengan mengadopsi pengali integer (integer multiplier). Ukuran lot produksi diperoleh melalui penentuan panjang siklus produksi, sementara ukuran lot pemesanan dan pengiriman dikoordinasikan melalui frekuensi pengiriman/pemesanan (bernilai integer) selama satu siklus produksi. Hasil penelitian ini adalah rumusan matematis yang menghubungkan ketiga variabel keputusan tersebut dengan fungsi tujuan untuk meminimalkan total ongkos dari sistem. Komponen ongkos yang relevan pada kasus ini meliputi ongkos pemesanan bahan baku, ongkos setup, ongkos simpan bahan baku dan produk jadi di pemasok, ongkos simpan di distributor serta ongkos pesan produk jadi.*

**Kata kunci:** rantai pasok, single-vendor multi-buyer, sistem persediaan, ukuran lot

### 1. PENDAHULUAN

Bahan atau material merupakan salah satu dari tiga hal pokok (bahan, informasi dan uang) pada suatu sistem rantai pasok yang alirannya perlu dikelola dengan baik. Aliran bahan yang ramping (*streamlined*) dari hulu ke hilir dalam suatu sistem rantai pasok akan mengurangi secara signifikan biaya operasional dari sistem tersebut (Bowersox *et al.*, 2012). Sebagai gambaran, laporan dari *The Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) terkait dengan biaya yang berhubungan dengan pengelolaan logistik di US pada tahun 2010 mencapai \$1.21 triliun, meningkat 10% dari tahun sebelumnya (Wilson, 2011). Oleh karena itu, berbagai industri perlu terus melakukan upaya perbaikan metode pengelolaan aliran material di seluruh bagian rantai pasoknya demi keberlangsungan seluruh aktivitas bisnisnya (Tersine, 1994; Arshinder *et al.*, 2007).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalkan volume aliran bahan adalah koordinasi kebijakan produksi dan persediaan pada setiap pihak di dalam sistem rantai pasok (Prasetyo, 2014). Pada level pemasok, kebijakan produksi dan persediaan ini meliputi penentuan panjang siklus produksi dan ukuran lot pemesanan bahan baku. Sementara itu di distributor, kebijakan persediaan terkait erat dengan penentuan ukuran pemesanan/pengiriman produk dari pemasok. Konsep koordinasi kebijakan produksi dan persediaan ini pertama kali dikenalkan oleh Goyal (1977) dan Banerjee (1986) melalui penentuan ukuran lot gabungan (lot produksi dan lot pengiriman) antara satu pemasok dengan satu distributor atau dikenal dengan *Joint Economic Lot Sizing Problem* (JELSP). Hasilnya, total ongkos sistem lebih rendah jika dibandingkan dengan total ongkos apabila masing-masing pihak menentukan ukuran lot produksi dan lot pengiriman secara mandiri atau tanpa terkoordinasi.

Hingga kini, penelitian terkait JELSP telah berkembang dengan mengakomodasi berbagai aspek, misalnya metode pengiriman (Goyal, 1995; Hill, 1997; Goyal & Nabebe, 2000), struktur rantai pasok (Banerjee dan Kim, 1995; Kim dan Ha, 2003; Siajadi *et al.*, 2006; Hoque, 2008),

kualitas produk (Chung dan Wee, 2008; Lin *et al.*, 2006; Mahapatra *et al.*, 2007; Khouja, 2000) maupun kualitas proses (Ben-Daya, 2002; Huang, 2004; Saadany dan Jaber, 2008), sehingga sistem yang dibahas lebih mendekati kondisi nyata pada sistem rantai pasok. Beberapa review terkait penelitian-penelitian di area ini dapat dilihat di Ben-Daya *et al.* (2008), Prasetyo *et al.* (2010) dan Glock (2012).

Pada JELSP dimana sistem rantai pasok memiliki distributor lebih dari satu atau *single vendor multi buyer* (SVMB) maka selain koordinasi kebijakan produksi dan persediaan (*vertical coordination*) perlu disinkronisasi jadwal pengiriman produk ke tiap distributor (*horizontal coordination*) sehingga kekurangan stok pada level distributor dapat dihindari. Banerjee dan Burton (1994) melakukan koordinasi horisontal dengan pendekatan *common cycle*, yaitu interval pengiriman dan waktu pengiriman produk ke seluruh distributor dibuat sama. Pada penelitian tersebut juga ditunjukkan bahwa melalui pendekatan yang diusulkan mampu mengurangi total ongkos dari sistem rantai pasok. Siajadi *et al.* (2006) memperbaiki penelitian ini dengan mengusulkan interval pengiriman yang berbeda-beda untuk setiap distributor. Disamping itu, urutan pengiriman produk ke setiap distributor tidak bersamaan melainkan disusun berdasarkan waktu interval pengiriman terpendek untuk meminimalkan *dead stock*. Bukti analitis terkait metode penyusunan pengiriman ini dilakukan oleh Prasetyo (2014).

Perlu diketahui bahwa penelitian Siajadi *et al.* (2006) belum mengintegrasikan kebijakan pengadaan bahan baku (*procurement*). Kim *et al.* (2006) membahas JELSP dengan mengakomodasi kebijakan pengadaan bahan baku dan membuktikan bahwa integrasi ini mampu mengurangi total ongkos dari sistem. Namun, penelitian ini tidak melibatkan koordinasi penjadwalan pengiriman ke distributor. Terinspirasi dari penelitian Kim *et al.* (2006) maka penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan lebih jauh model matematika yang dihasilkan oleh Siajadi *et al.* (2006) melalui pengintegrasian JELSP untuk kasus SVMB dengan kebijakan pengadaan bahan baku. Diharapkan model yang dihasilkan dapat lebih mengurangi ongkos total dari sistem rantai pasok.

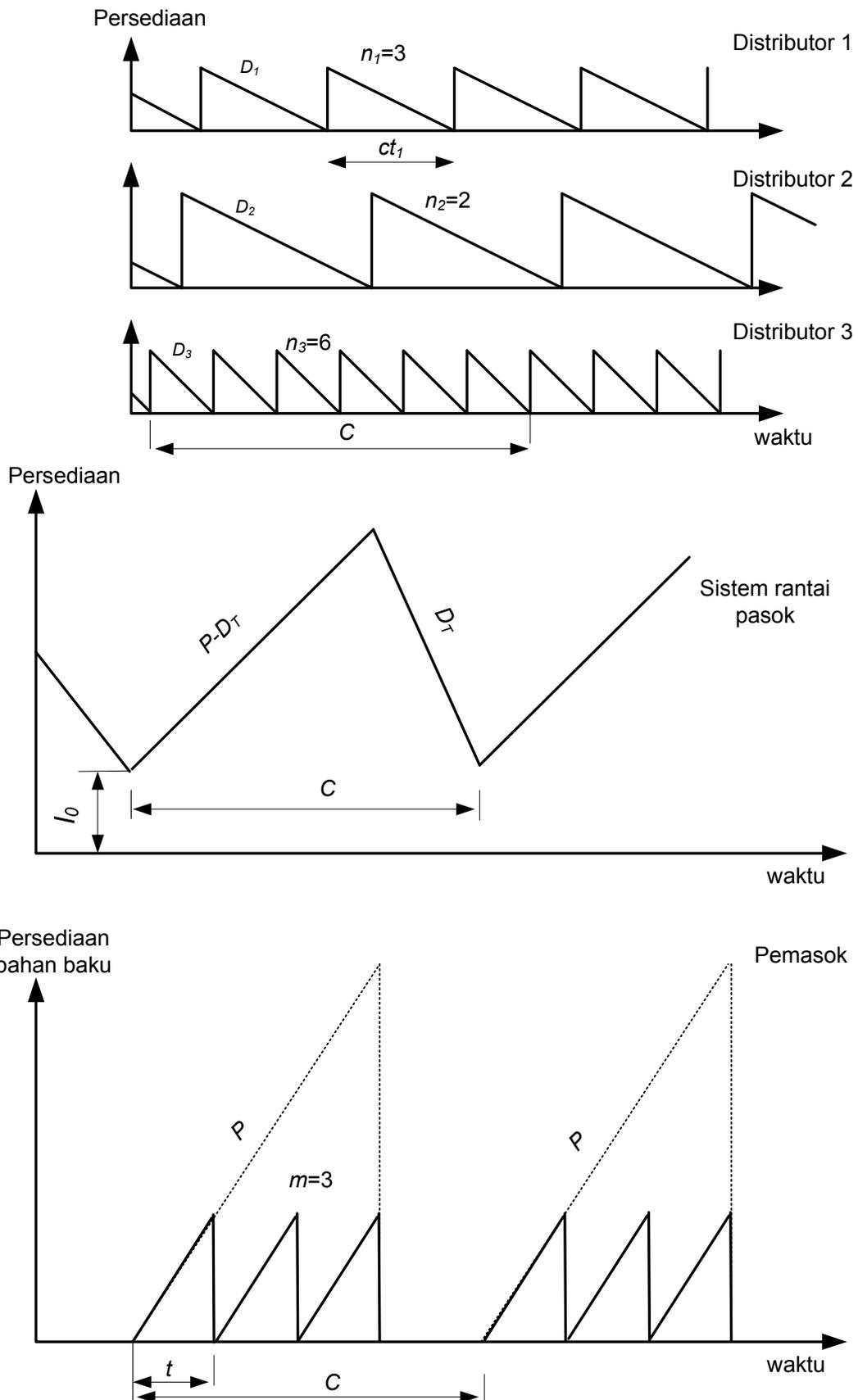
## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 2.1 Perumusan Dan Analisa Model Matematika

Penting untuk diketahui bahwa, sistem rantai pasok yang dikaji pada penelitian ini terdiri dari satu pemasok dengan beberapa distributor ( $y$ ). Pemasok menerima pesanan satu jenis produk (*single item*) dari beberapa distributor dengan laju  $D_T$  yang merupakan total pesanan dari tiap distributor ( $D_i$ ). Kemudian, pemasok memproduksi pesanaan tersebut dengan laju  $P$ . Diasumsikan bahwa setiap produk hanya memiliki satu bahan baku utama dan satu unit akhir produk memerlukan satu unit bahan baku. Dalam hal kebijakan produksi dan persediaan, pemasok perlu menentukan panjang siklus produksi  $C$  (atau ukuran lot produksi) dan interval kedatangan bahan baku dari pemasok bahan baku ( $t$ ), sementara distributor harus menentukan interval pengiriman  $ct_i$  (atau ukuran lot pengiriman). Tujuan yang ingin dicapai adalah total ongkos dari sistem rantai pasok yang minimum. Ketiga variabel keputusan tersebut perlu dikoordinasikan dan diintegrasikan sehingga hasil yang dicapai akan optimal. Koordinasi sistem rantai pasok dilakukan dengan mengadopsi mekanisme pengali *integer* (*integer multiplier*). Dengan kata lain, variabel keputusan dibuat sedemikian rupa sehingga  $C = n_i ct_i$  dan  $C = mt$  dimana  $n_i$  dan  $m$  merupakan bilangan *integer* sedangkan  $ct_i$  dan  $t$  masing-masing adalah interval pengiriman untuk distributor ke- $i$  dan interval kedatangan bahan baku ke pemasok.

Sebagai ilustrasi, Gambar 1 menunjukkan profil persediaan produk jadi di tiga distributor serta seluruh rantai pasok dan persediaan bahan baku di pemasok. Di contoh ini terdapat tiga distributor, pada rentang waktu siklus produksi ( $C$ ) pesanan untuk distributor 1, 2 dan 3 masing-masing dikirim sebanyak  $n_1$ ,  $n_2$  dan  $n_3$  dimana masing-masing adalah 3, 2 dan 6. Kemudian selama interval pengiriman  $ct_i$ , level persediaan di tiap-tiap distributor berkurang dengan kecepatan  $D_i$ . Untuk memenuhi permintaan bahan baku selama waktu siklus produksi, pemasok mendatangkan bahan baku sebanyak  $m=3$  kali dengan interval waktu  $t$ . Pada keseluruhan sistem rantai pasok, terdapat *dead stock* sebesar  $I_0$ . Pada kasus ini dapat diartikan bahwa pemasok harus memiliki persediaan awal digudang sebesar  $I_0$  pada awal produksi untuk menjamin bahwa pesanan ke semua distributor dapat terpenuhi tanpa terjadi *stock out*. Pada level rantai pasok, persediaan produk jadi

akan meningkat dengan kecepatan  $P-D_T$  pada kurun waktu pemasok melakukan produksi dan berkurang dengan kecepatan  $D_T$  saat tidak berproduksi.



### Gambar 1. Profil persediaan produk jadi dan bahan baku

Masalah pada kasus ini adalah bagaimana membuat formulasi matematis yang menghubungkan tiga variabel keputusan yaitu  $C$ ,  $n_i$  dan  $m$  sehingga menghasilkan total ongkos dari sistem yang minimal. Pada bagian selanjutnya akan disajikan prosedur untuk merumuskan persamaan matematika hingga menghasilkan rumusan total ongkos dari seluruh rantai pasok.

Pada distributor, komponen ongkos yang relevan dengan permasalahan meliputi ongkos pesan, ongkos transportasi dan ongkos simpan. Jika ongkos sekali pesan, ongkos transportasi setiap pengiriman dan ongkos simpan per unit per tahun masing-masing ditunjukkan dengan  $A_i$ ,  $A_{Ti}$  dan  $H_{bi}$ , maka total ongkos rata-rata per tahun dari seluruh distributor adalah

$$TC_b = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^Y A_i + n_i A_{Ti} + 0.5C \sum_{i=1}^Y \frac{H_{bi} D_i}{n_i} \quad (1)$$

Sementara itu pada pemasok komponen ongkos yang relevan adalah ongkos setup, ongkos persediaan bahan baku dan produk jadi, serta ongkos transportasi dan ongkos pemesanan bahan baku. Jika  $S$  merupakan ongkos sekali setup di pemasok, maka rata-rata ongkos pemasok per unit waktu adalah  $S/C$ . Dengan menggunakan pendekatan Hill (1997) maka rata-rata persediaan pemasok dapat diperoleh dengan mengurangi rata-rata persediaan di distributor dari rata-rata persediaan pada sistem rantai pasok. Berdasarkan Gambar 1, dan mengingat bahwa  $D_T = \sum_{i=1}^Y D_i$ , maka rata-rata persediaan di dalam sistem rantai pasok adalah:

$$I_0 + 0.5CD_T(1 - D_T/P) \quad (2)$$

Dari persamaan (2) dan mengingat rata-rata persediaan di setiap distributor adalah  $0.5C \sum_{i=1}^Y D_i/n_i$ , maka rata-rata persediaan di pemasok adalah:

$$I_0 + 0.5CD_T(1 - D_T/P) - 0.5C \sum_{i=1}^Y \frac{D_i}{n_i} \quad (3)$$

Jika  $H_v$  menunjukkan ongkos simpan per unit produk per tahun, maka total ongkos simpan produk jadi rata-rata per tahun di pemasok dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_v \left( I_0 + 0.5CD_T(1 - D_T/P) - 0.5C \sum_{i=1}^Y \frac{D_i}{n_i} \right) \quad (4)$$

Dimana berdasarkan Gambar 1 diperoleh

$$I_0(Z) = \min \left\{ \sum_{i=1}^Y \frac{q_{ij}}{P} \left( \sum_{j=k}^Y D_{[j]} \right) \right\} \quad (5)$$

Perlu diketahui bahwa nilai  $i$  dan  $j$  dalam tanda [ ] di persamaan (5) merupakan indeks yang menunjukkan urutan pengiriman ke distributor atau disimbolkan dengan  $Z$ . Untuk contoh di Gambar 1, urutan pengirimannya adalah distributor 3, kemudian distributor 2 dan distributor 1 atau dapat dituliskan  $Z=3-2-1$ .

Untuk ongkos pengadaan bahan baku terdapat dua komponen utama yaitu ongkos transportasi, ongkos pemesanan dan ongkos simpan. Berdasarkan Gambar 1, pada kurun waktu  $C$  terdapat  $m$  kali pengiriman bahan baku. Jika  $B$  dan  $B_T$  masing-masing merupakan biaya pemesanan dan biaya transportasi per sekali pengiriman, maka total ongkos pesan dan transportasi per tahun adalah:

$$(B + mB_T)/C \quad (6)$$

Selama satu siklus produksi, lama waktu pemasok berproduksi adalah  $D_T C/P$ , selama itu bahan baku datang sebanyak  $m$  kali masing-masing sejumlah  $D_T C/m$  unit. Sehingga total bahan baku

dalam kurun waktu satu siklus produksi adalah  $0.5(D_T C)^2/(mP)$ . Maka, rata-rata persediaan selama  $C$  adalah  $0.5(D_T)^2 C/(mP)$ . Jika  $H_f$  menunjukkan ongkos simpan bahan baku per unit per tahun, maka total ongkos simpan bahan baku rata-rata per tahun di pemasok dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$0.5H_f D_T^2 C/(mP) \quad (7)$$

Sehingga total ongkos relevan di pemasok dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$TC_v = \frac{S+B+mB_T}{C} + H_v \left( I_0(\mathbf{Z}) + 0.5CD_T(1 - D_T/P) - 0.5C \sum_{i=1}^y \frac{D_i}{n_i} \right) + 0.5H_f D_T^2 C/(mP) \quad (8)$$

Total ongkos relevan dari sistem rantai pasok ( $JTRC$ ) merupakan penjumlahan dari total ongkos di pemasok (1) dan di distributor (8) dan disajikan pada persamaan (9).

$$\begin{aligned} JTRC &= TC_v + TC_b \\ JTRC(m, C, \mathbf{n}, \mathbf{Z}) &= \frac{1}{C} (S + B + mB_T + \sum_{i=1}^y A_i + n_i A_{Ti}) + 0.5C \sum_{i=1}^y \frac{H_{bi} D_i}{n_i} + \\ &H_v \left( I_0(\mathbf{Z}) + 0.5CD_T(1 - D_T/P) - 0.5C \sum_{i=1}^y \frac{D_i}{n_i} \right) + 0.5H_f D_T^2 C/(mP) \end{aligned} \quad (9)$$

Pada persamaan (9) terdapat empat variabel keputusan yang meminimalkan total ongkos dari sistem rantai pasok, yaitu  $m$  yang merupakan frekuensi kedatangan bahan baku selama satu siklus produksi,  $C$  yang menunjukkan panjang siklus produksi, vektor  $\mathbf{n}$  yang menunjukkan jumlah pengiriman ke setiap distributor dalam kurun waktu  $C$  dan yang terakhir adalah  $\mathbf{Z}$  yang menunjukkan urutan pengiriman.

Perlu diketahui bahwa berdasarkan Siajadi *et al.* (2006) nilai  $\mathbf{Z}$  dapat diperoleh secara terpisah dari variabel lainnya. Urutan pengiriman yang optimal didasarkan pada waktu interval pengiriman terpendek. Algoritma heuristik ini telah dibuktikan secara analitik oleh Prasetyo (2014). Dengan asumsi bahwa  $\mathbf{Z}$  telah didapatkan dan menjadikan  $I_0(\mathbf{Z})$  sebagai konstanta, nilai optimal persamaan (9) bergantung pada tiga variabel yaitu  $m$ ,  $C$  dan  $\mathbf{n}$ . Jika persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \alpha 1 &= (S + B + mB_T + \sum_{i=1}^y A_i + n_i A_{Ti}) \\ \alpha 2 &= 0.5 \sum_{i=1}^y \frac{H_{bi} D_i}{n_i} \\ \alpha 3 &= 0.5H_v \left( D_T \left( 1 - \frac{D_T}{P} \right) - \sum_{i=1}^y \frac{D_i}{n_i} \right) \\ \alpha 4 &= 0.5H_f D_T^2/(mP) \\ \beta &= H_v I_0(\mathbf{Z}) \end{aligned}$$

kemudian diasumsikan  $\mathbf{n}$  dan  $m$  adalah konstan maka persamaan (9) dapat dituliskan menjadi:

$$JTRC(C) = \frac{\alpha 1}{C} + C(\alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4) + \beta \quad (10)$$

Dengan menurunkan fungsi  $JTRC$  terhadap variabel  $C$  kemudian memberikan nilai 0 diperoleh:

$$C = \sqrt{\alpha 1/(\alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4)} \quad (11)$$

Persamaan (11) menunjukkan bahwa fungsi  $JTRC$  merupakan fungsi konveks terhadap variabel  $C$ . Hal ini menjamin bahwa terdapat nilai tunggal  $C$  yang akan meminimalkan fungsi  $JTRC$ . Dengan mengulang prosedur di atas untuk variabel  $m$  dan  $\mathbf{n}$  dengan catatan nilai kedua variabel diasumsikan kontinu maka dapat ditemukan bahwa fungsi  $JTRC$  juga konveks terhadap kedua

variabel. Artinya, terdapat nilai  $m$  dan  $n$  yang meminimalkan fungsi  $JTRC$ . Jadi, walaupun secara analitik akan sulit menemukan nilai optimal ketiga variabel secara simultan (perlu diingat di sini ada dua variabel bernilai integer) namun berdasarkan analisa dari persamaan (10) dan (11) dapat diketahui bahwa terdapat satu set solusi yang mampu meminimalkan fungsi persamaan (9).

### 3. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dibahas pembuatan model matematika yang merepresentasikan koordinasi kebijakan produksi dan persediaan antara satu pemasok dengan beberapa distributor dengan tujuan untuk meminimalkan total ongkos sistem rantai pasok. Model yang dibuat merupakan perbaikan atau penyempurnaan dari penelitian sebelumnya dengan memasukkan kebijakan pemesanan bahan baku. Persamaan matematika yang merepresentasikan sistem yang dikaji berhasil dirumuskan. Terdapat empat variabel keputusan yang mampu meminimalkan kebijakan produksi dan persediaan dalam rantai pasok yaitu panjang siklus produksi, frekuensi pemesanan bahan baku, frekuensi pengiriman produk ke setiap distributor dan urutan pengiriman. Dari proses penurunan rumus matematis juga ditemukan bahwa urutan pengiriman dapat diselesaikan secara terpisah dari model dengan menggunakan pendekatan Sijadi *et al.* (2006). Selain itu, telah dibuktikan bahwa fungsi tujuan yang telah dirumuskan merupakan fungsi konveks terhadap setiap variabel keputusan artinya telah dibuktikan bahwa terdapat nilai optimal yang mampu meminimalkan persamaan (9).

Walaupun rumusan matematis dari permasalahan yang dibahas telah berhasil diformulasikan dan keberadaan solusi optimal berhasil dibuktikan, penelitian ini belum membahas mengenai metode yang akan digunakan untuk mencari solusi optimal. Oleh karena itu pada penelitian selanjutnya akan dibahas metode untuk mendapatkan solusi optimal tersebut. Selain itu, implementasi model yang dibuat pada sebuah kasus dan membandingkannya dengan capaian dari penelitian sebelumnya akan dapat menggambarkan tingkat potensi benefit yang dihasilkan. Hal ini juga dapat menjadi bagian dari penelitian selanjutnya demi menyempurnakan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arshinder, Kanda, A. & Deshmukh, S. G., 2007, Supply chain coordination issues: an SAP-LAP framework. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 19, 240–264.
- Banerjee, A., 1986, A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor. *Decision Sciences*, 17, 292–311.
- Banerjee, A. & Kim, S.-L., 1995, An integrated JIT inventory model. *International Journal of Operations & Production Management*, 15, 237–244.
- Ben-Daya, M., 2002, The economic production lot-sizing problem with imperfect production processes and imperfect maintenance. *International Journal of Production Economics*, 76: 257-264.
- Ben-Daya, M., Darwish, M. & Ertogral, K., 2008, The joint economic lot sizing problem: Review and extensions. *European Journal of Operational Research*, 185, 726–742.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B., 2012, *Supply chain logistics management*, 4<sup>th</sup> Ed. New York: McGraw-Hill.
- Chung, C.J. and Wee, H.M., 2008, Scheduling and replenishment plan for an integrated deteriorating inventory model with stock-dependent selling rate. *The International of Advanced Manufacturing Technology*, 35(7-8): 665-679.
- Goyal, S. K., 1977, An integrated inventory model for a single product system. *Operational Research Quarterly*, 539–545.
- Goyal, S. K., 1995, A one-vendor multi-buyer integrated inventory model: A comment. *European Journal of Operational Research*, 82, 209–210.
- Goyal, S. K. & Nebebe, F., 2000, Determination of economic production-shipment policy for a single-vendor single-buyer system. *European Journal of Operational Research*, 121, 175–178.
- Glock, C. H., 2012, The joint economic lot size problem: A review. *International Journal of Production Economics*, 135, 671–686.
- Hill, R. M., 1997, The single-vendor single-buyer integrated production–inventory model with a generalized policy. *European Journal of Operational Research* 97, 97, 493–499

- Hoque, M. A., 2008, Synchronization in the single-manufacturer multi-buyer integrated inventory supply chain. *European Journal of Operational Research*, 811–825.
- Huang, C.K., 2004, An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production–inventory problem with process unreliability consideration. *International Journal of Production Economics*, 91: 91-98.
- Khouja, M., 2000, The economic lot and delivery scheduling problem: Common cycle, rework, and variable production rate. *IIE Transactions*, 32: 715-725.
- Kim, S.-L. & Ha, D., 2003, A JIT lot-splitting model for supply chain management: Enhancing buyer–supplier linkage. *Int. J. Production Economics*, 86, 1–10.
- Lin, G.C., Kroll, D.E. and Lin, C.J., 2006, Determining a common production cycle time for an economic lot scheduling problem with deteriorating items. *European Journal of Operational Research*, 173: 669-682.
- Mahapatra, N.K., Das, K. and Maiti, M., 2007, Production-inventory policy for a deteriorating item with a single vendor-buyer system. *Optimization and Engineering*, 8(4): 431-448.
- Prasetyo, H., 2014, *Pendekatan sederhana untuk formulasi model ukuran lot gabungan single-vendor multi-buyer*. Prosiding Seminar Nasional IENACO ke-2, Surakarta, Indonesia.
- Prasetyo, H., Luong, L. and Lee, S.H., 2010, *Integrated Vendor-Buyer Production and Inventory Policy: A Critical Review*, International Journal of Business and Management Science, 3(2), 215-230.
- Saadany, A.M.A.E. and Jaber, M.Y., 2008, Coordinating a two-level supply chain with production interruptions to restore process quality. *Computers & Industrial Engineering*, 95-109.
- Siajadi, H., Ibrahim, R. N. & Lochert, P. B., 2006, A single-vendor multiple-buyer inventory model with a multiple-shipment policy. *Int J Adv Manuf Technol*, 27, 1030–1037.
- Tersine, R. J., 1994, Principles of inventory and materials management, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
- Wilson, R., 2011, 22nd annual state of logistics report. Council of Supply Chain Management Professionals.