

# PENGEMBANGAN MODEL INTEGRASI PERSEDIAAN PEMASOK-PEMBELI TUNGGAL PADA PRODUK UMUR PENDEK DENGAN PERMINTAAN STOKASTIK

Paramita Setyaningrum<sup>1</sup>, Iwan Vanany<sup>2</sup>, I Nyoman Pujawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus Keputih Sukolilo Surabaya, 60111

Email : [paramita.setyaningrum@gmail.com](mailto:paramita.setyaningrum@gmail.com), [iwan.vanany@gmail.com](mailto:iwan.vanany@gmail.com), [pujawan@ie.its.ac.id](mailto:pujawan@ie.its.ac.id)

## Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan model inventori yang terintegrasi antara pembeli-pemasok tunggal. Produk yang digunakan sebagai obyek pada penelitian ini merupakan produk umur pendek yang mempunyai masa hidup terbatas. Pola permintaan diasumsikan bersifat stokastik pada *retailer* sedangkan produsen mengetahui permintaan dengan pasti. Tujuan penelitian ini adalah meminimasi total biaya pembeli dan pemasok dimana biaya yang dipertimbangkan adalah biaya operasional dan biaya yang ditimbulkan karena karakter produk yang memiliki umur terbatas. Pada model ini, pengiriman dapat dilakukan setelah seluruh proses produksi selesai dilakukan dengan tujuan untuk menguji kualitas produk dan proses pelabelan. Pengiriman untuk satu kali produksi dilakukan beberapa kali karena biaya simpan di *retailer* lebih tinggi dibandingkan dengan biaya simpan di pabrikan. Produk yang berasal dari satu *batch* produksi memiliki umur produk yang sama. Proses produksi berikutnya harus selesai pada akhir pengiriman dari proses produksi sebelumnya. Pada penelitian ini, diterapkan metode LIFO dimana kecenderungan konsumen akan memilih produk yang sisa umurnya lebih panjang. Jadi, apabila terjadi pengiriman *batch* produk berikutnya sedangkan *batch* produk sebelumnya belum habis terjual, maka sisa produk dari *batch* produk sebelumnya akan langsung dibuang walaupun belum mencapai masa *expired date*. Produk yang terbuang akan menimbulkan biaya bagi *retailer*. Oleh karena itu, penentuan waktu siklus produksi dan ukuran lot pengiriman yang tepat sangat penting dilakukan untuk meminimasi total biaya pada manufaktur dan *retailer*. Berdasarkan hasil perhitungan dengan model yang dikembangkan, waktu siklus produksi optimal terjadi sebelum masa akhir umur hidup produk dan juga menunjukkan bahwa pengambilan keputusan terintegrasi lebih baik dibandingkan dengan keputusan diambil secara parsial.

**Keywords:** Integrasi Inventori, Stokastik, *Perishable Product*, LIFO

## 1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk yang sangat cepat memicu peningkatan kebutuhan masyarakat. Hal ini menjadi peluang bagi perusahaan untuk meningkatkan keuntungan perusahaan karena jumlah permintaan yang meningkat. Namun, muncul tingkat persaingan yang cukup tinggi dalam menarik konsumen. Oleh karena itu, perusahaan membutuhkan strategi untuk dapat menjaga bahkan meningkatkan jumlah permintaan dengan meningkatkan tingkat pelayanan kepada konsumen. Salah satu contoh dari kebutuhan masyarakat yang meningkat adalah produk makanan.

Jenis produk diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu *perishable product* dan *non-perishable product*. Perbedaan mendasar dari kedua jenis produk ini adalah umur produk tersebut, dimana kategori *perishable product* memiliki umur yang lebih pendek (Donselaar, et al., 2006). Produk makanan merupakan salah satu kategori produk yang bersifat tidak tahan lama (*perishable product*). *Perishable product* mengalami kerusakan dengan berjalannya waktu terhitung sejak produk tersebut diproduksi.

Menurut Nahmias (1982), umur *perishable product* dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu *fixed lifetime* dan *random lifetime*. Faktor lain yang menjadi karakteristik *perishable product* selain umur produk yang pendek adalah tingkat konsumsi *perishable product* tersebut bersifat tidak pasti. Adanya ketidakpastian permintaan konsumen, umur produk yang pendek dan target untuk memenuhi permintaan konsumen secara tepat diperlukan suatu perencanaan inventori yang tepat karena kelebihan produk tidak bisa disimpan dalam waktu lama.

Penelitian ini menggunakan acuan model Wang, et al. (2010), namun akan dilakukan integrasi antara pemasok-pembeli tunggal, seperti pada penelitian Pujawan dan Kingsman (2002) dimana model integrasi yang digunakan adalah produk akan dikirimkan saat seluruh produksi selesai dilakukan. Pola permintaan yang digunakan adalah permintaan stokastik, tetapi dengan asumsi bahwa jumlah pengiriman dari pemasok tetap, artinya risiko adanya *lost sales* maupun *overstock* akan ditanggung oleh *retailer*.

Perencanaan model inventori *perishable product* pada manufaktur hanya mempertimbangkan faktor operasional dan *shelf-*

*life* produk. Manufaktur akan mengirim produk dalam *batch* kecil dengan interval waktu dan jumlah pengiriman tetap. *Retailer* menginginkan produk jadi dikirim dalam *batch* kecil karena biaya penyimpanan pada retail lebih tinggi dari manufaktur (Hill, 1997).

*Retailer* menanggung risiko adanya *lost sales* pada tiap periode ataupun produk yang tersisa saat masa akhir hidup produk. Pada penelitian ini akan menerapkan kebijakan LIFO karena konsumen cenderung memilih produk yang baru diproduksi karena sisa masa hidupnya lebih panjang. Hal ini menyebabkan adanya produk yang tersisa tidak dipilih oleh konsumen sehingga akan terbuang walaupun masa hidup produk belum habis. Penentuan kuantitas dan waktu *replenishment* yang tepat diperlukan untuk mengurangi adanya biaya *overstock* yang muncul akibat kelebihan produk yang terjadi saat masa hidup produk habis ataupun saat terjadi *replenishment* berikutnya. Oleh karena itu, integrasi antara manufaktur dan *retailer* sangat diperlukan untuk meminimasi total biaya pada kedua pihak.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Perishable Product

Suatu produk diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu *perishable product* dan *non-perishable product*. Menurut Donselaar, et al. (2006), perbedaan utama antara keduanya adalah mengenai umur dari produk tersebut, dimana umur dari produk tersebut dihitung saat proses produksi selesai dilakukan sampai produk tersebut sudah tidak bisa dikonsumsi lagi. Jenis produk yang sifatnya *perishable* mempunyai *lifetime* yang lebih pendek jika dibandingkan dengan *non-perishable product*. Suatu produk bisa dikategorikan sebagai *perishable product*, apabila memiliki salah satu dari karakteristik berikut :

1. Produk tersebut akan cepat rusak apabila tidak disimpan dalam ruang penyimpanan tertentu. Contohnya adalah ruang penyimpanan dengan suhu dingin dapat mengurangi kecepatan rusaknya suatu *perishable product*.
2. Suatu produk yang tidak bisa digunakan lagi pada waktu yang berbeda, contohnya adalah koran dan majalah.
3. Suatu produk dilihat dari masa hidupnya karena pengaruh adanya model baru atau teknologi baru yang sifatnya *fast moving*, seperti produk *fashion* dan teknologi (Xu dan Sarker, 2003).

*Perishable product*, seperti produk makanan yaitu roti, sayuran, buah-buahan, obat-obatan, dan makanan untuk hewan peliharaan mempunyai *lifetime* yang pendek dimana produk tersebut akan mulai mengalami penurunan

kualitas setelah proses produksi dan akan semakin menurun saat pengiriman produk tersebut sampai ke tangan konsumen (Chen et al., 2009). *Perishable product* dibagi menjadi dua kategori, yaitu produk yang secara simultan menjadi rusak pada akhir periode/ *expiring date*. Kedua, yaitu produk yang akan mengalami kerusakan seiring bertambahnya waktu sampai tiba masa *expiring date*. Untuk kategori yang kedua, dibagi lagi menjadi dua bagian, yaitu produk yang mempunyai *lifetime* tetap, artinya produk tersebut hanya bisa dikonsumsi sebelum masa *expiring date* tanpa mengurangi kualitas produk, contohnya seperti persediaan darah di bank darah dan yang kedua adalah produk yang kualitasnya akan semakin menurun sampai masa *expiring date* yaitu saat produk sudah tidak bisa dikonsumsi, seperti produk makanan, sayuran, bunga dan pakan hewan (Chen et al., 2009).

### 2.2 Inventori Perishable Product

Perbedaan mendasar antara model inventori *perishable product* dan *non-perishable product* adalah adanya batasan umur produk dan terjadi kerusakan selama masa hidup produk. Pada *perishable product* pengurangan produk dari persediaan tidak hanya untuk memenuhi permintaan, namun juga dipengaruhi adanya produk yang tidak laku terjual. *Newsboy* model adalah model inventori stokastik untuk *perishable product* dengan *fixed lifetime* untuk satu periode. Pada model ini memperhatikan pola perilaku penjualan koran. Pihak penjual koran harus menentukan berapa jumlah koran yang dipesan untuk memenuhi permintaan pada hari tersebut dengan tingkat permintaan yang sifatnya tidak pasti. Dengan adanya permintaan yang tidak pasti, penjual menanggung risiko apabila persediaan tidak sesuai dengan permintaan.

Penentuan jumlah persediaan pada *perishable product* merupakan hal yang penting untuk direncanakan dengan baik. Hal ini dikarenakan faktor umur produk yang terbatas dan kerusakan yang dialami produk hingga masa hidup produk berakhir. Jumlah permintaan, batasan hidup produk, serta tingkat kerusakan produk per satuan waktu merupakan faktor pertimbangan dalam menentukan tingkat persediaan dan strategi *replenishment* perusahaan.

Jenis permintaan dibagi menjadi dua, deterministik dan stokastik. Pada artikel ini akan dibahas mengenai permintaan stokastik. Keputusan *replenishment* pada permasalahan inventori dengan pola permintaan stokastik dikategorikan ke dalam 2 basis dasar, yaitu *periodic review* dan *continous review*. Pada umumnya penelitian mengenai permasalahan inventori mengasumsikan *review* persediaan dilakukan secara periodik. Artinya level

inventori dicek pada periode yang tetap, setiap hari, setiap minggu, setiap bulan, dll. Perencanaan dengan *periodic review* dengan permintaan stokastik memungkinkan terjadinya 3 kondisi, yaitu :

1. Jumlah persediaan (Q) = permintaan (D)
2. Jumlah persediaan (Q) < permintaan (D), maka akan muncul *backorder* atau *lost sales*
3. Jumlah persediaan (Q) > permintaan, maka akan menimbulkan kelebihan inventori

Perbedaan antara *backorder* dan *lost sales* menurut Silver dan Peterson (1985) adalah :

1. *Backorder* terjadi jika permintaan melebihi persediaan, namun konsumen mau menunggu kekurangan produk tersebut pada *replenishment* berikutnya.
2. *Lost sales* terjadi apabila konsumen tidak mau menunggu pemenuhan kekurangan produk dan mencari alternatif produk lain untuk memenuhi kebutuhannya. Pada produk yang sifatnya *consumer goods*, pada umumnya pihak produsen akan menanggung *lost sales* jika kehabisan persediaan.

Dengan adanya sistem pengendalian persediaan otomatis, *review* mulai dilakukan secara kontinu. Dengan adanya *continues review* jumlah persediaan lebih terjaga karena jika diketahui persediaan telah mendekati batas minimum persediaan, secara langsung dilakukan pemesanan. Biasanya pada kasus *continues review*, waktu antar *replenishment* tidak tetap, namun pada jumlah lot pemesanan yang sama. Sedangkan pada kasus *periodic review*, pada umumnya sudah ditetapkan level inventori maksimum, sehingga terdapat kemungkinan jumlah pemesanan pada tiap periode tidak sama.

### 2.3 Model Ukuran Lot Ekonomis Gabungan (*Joint Economic Lot Size*)

Model inventori terintegrasi akan menghasilkan total biaya yang lebih rendah. Koordinasi antar pihak pada *supply chain* salah satunya adalah penentuan ukuran *batch*, frekuensi pengiriman, dan waktu pengiriman. Model ini lebih dikenal dengan *joint economic lot size* (JELS), dimana dua pihak atau lebih pada struktur *supply chain* menentukan ukuran lot bersama.

Thomas dan Griffin (1996) mengemukakan bahwa dalam suatu rantai pasok terdiri dari 3 *stage* yaitu pengadaan (*procurement*), produksi (*production*), dan distribusi (*distribution*) dimana untuk setiap *stage* mungkin terdiri dari beberapa fasilitas yang memiliki lokasi berbeda. Oleh sebab itu, kordinasi dalam rantai pasok dapat dibedakan menjadi 3 kategori kordinasi operasional yaitu: (i) koordinasi pembeli-pemasok (*buyer-vendor coordination*), (ii) kordinasi produksi-distribusi (*production-distribution coordination*), dan (iii) kordinasi

inventori-distribusi (*inventory-distribution coordination*). Dalam koordinasi pembeli dan pemasok, JELS dapat ditemukan pada permasalahan (i) integrasi pemasok-pembeli untuk menentukan ukuran lot pemesanan dari pembeli ke pemasok dan ukuran *batch* produksi pemasok yang meminimumkan total biaya gabungan dari kedua pihak, dan (ii) integrasi pengadaan-produksi untuk menentukan ukuran *batch* produksi dan ukuran lot pemesanan bahan baku untuk meminimumkan total biaya gabungan dari kedua aktivitas.

Secara tradisional masing-masing pihak pada *supply chain* bekerja secara independen. Hal ini memang bisa menguntungkan satu pihak tertentu karena adanya pertentangan keinginan antar pihak. Namun seiring berkembangnya pertumbuhan ekonomi yang pesat serta meningkatnya persaingan bisnis dan tingkat ketidakpastian yang tinggi, memicu seluruh pihak pada *supply chain* saling menjalin kerjasama.

Penelitian mengenai model JELS sudah cukup banyak dilakukan. Glock (2012) melakukan *review* terhadap penelitian mengenai model JELS mulai dari model paling dasar dimana koordinasi terjalin antar *two-stage* dan *multi-stage* hingga model yang dikembangkan dengan mempertimbangkan permintaan dan *lead time* stokastik, pengurangan biaya pesan, set-up, *lead time*, kualitas produk, dan *perishable product*.

Goyal (1976) merupakan salah satu peneliti yang mengawali penelitian mengenai JELS. Penelitian ini mengembangkan model integrasi *single-vendor single-buyer* dengan permintaan yang konstan. Tujuan model ini adalah meminimasi biaya dari pemasok dan pembeli dengan mencari interval waktu pemesanan yang optimal. Hasil perhitungan model integrasi dibandingkan dengan model perhitungan apabila pemasok dan pembeli memutuskan secara independen.

Goyal membuktikan bahwa model integrasi memberikan penghematan secara keseluruhan *supply chain*, tetapi tidak tiap pihak pada *supply chain*. Pembeli menanggung biaya lebih tinggi dan pemasok memperoleh keuntungan. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal ini pemasok dapat memberikan diskon agar pembeli tidak merasa dirugikan.

### 3. Perumusan Masalah

Pada penelitian ini akan dilakukan integrasi antara dua pihak, yaitu manufaktur dan *retailer*, dengan pola permintaan stokastik. Produk yang diteliti bersifat *perishable*. Produk *perishable* mempunyai karakteristik khusus yaitu umur produk (*shelf-life*) yang pendek. Menurut Nahmias (1982) umur produk dikategorikan

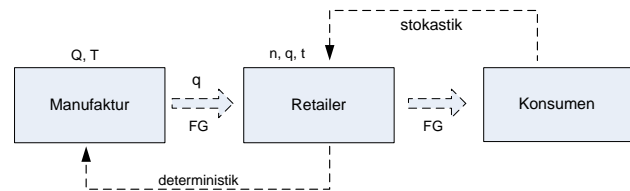
menjadi dua, yaitu *fixed lifetime* dan *random lifetime*. Pemenuhan permintaan pada produk dengan karakter *fixed lifetime* dapat dilakukan dengan menerapkan kebijakan FIFO atau LIFO. Penelitian ini membahas tentang model inventori pada produk *fixed lifetime* dan menerapkan kebijakan LIFO untuk memenuhi permintaan. Oleh karena itu, permasalahan inventori yang muncul sangat kritis. Stok yang masih tersisa pada akhir umur produk ( $S_L$ ) tersebut tidak bisa dikonsumsi lagi. Apalagi dengan penerapan kebijakan LIFO, stok yang tersisa sudah tidak dapat dikonsumsi lagi saat terjadi *replenishment batch* berikutnya walaupun belum mencapai masa akhir hidup produk. *Replenishment* dilakukan saat seluruh produk dari *batch* sebelumnya telah terkirim seluruhnya. Hal ini dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Pada permasalahan ini manufaktur berperan sebagai pemasok dan *retailer* sebagai pembeli. *Retailer* melakukan sejumlah pemesanan sebesar  $Q$  kepada manufaktur dan dikirimkan dalam *batch* kecil sebesar  $q$  sebanyak  $n$  kali dan pengiriman dilakukan dalam interval waktu  $t$  konstan. Biaya pengiriman ditanggung oleh *retailer*. Pada kasus ini permasalahan tentang bahan baku tidak dipertimbangkan dengan asumsi bahwa *supplier* dapat menyediakan bahan baku secara tidak terbatas. Manufaktur memproduksi sejumlah  $Q$  produk dan penyelesaian proses produksi *batch* berikutnya selesai bersamaan dengan habisnya produk *batch* sebelumnya.

Produk yang diproduksi pada *batch* yang sama mempunyai masa hidup yang sama. Penerapan aturan LIFO menyebabkan sisa produk yang tersisa saat terjadi *replenishment* dibuang walaupun belum mencapai masa akhir umur produk, maka penentuan keputusan waktu *replenishment* dan ukuran lot pengiriman akan lebih baik jika dilakukan secara terintegrasi. Keputusan secara terintegrasi akan menghasilkan total biaya rantai pasok yang minimum. Pada penelitian ini tidak ada biaya penalti atas keterlambatan pengiriman manufaktur yang melebihi waktu kontrak yang ditentukan, seperti pada penelitian Wang et al. (2010). Hal ini disebabkan waktu maksimal suatu produk berada dalam sistem adalah saat *replenishment* dilakukan. Sedangkan pada penelitian Wang et al. (2010) kontrak tersebut dibuat agar produk segera terkirim seluruhnya sebelum masa hidup produk berakhir.

Pada penelitian ini permintaan diasumsikan bersifat stokastik. Apabila penentuan keputusan tetap dilakukan secara independen seperti pada model Wang, maka akan ada salah satu pihak yang dirugikan. Dalam kasus ini pihak yang dirugikan adalah *retailer*, karena dengan adanya permintaan yang bersifat stokastik, *retailer* yang

akan menanggung risiko adanya *lost sales* atau *overstock*. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibuat pengembangan model integrasi antara manufaktur dan *retailer*. Permintaan konsumen diasumsikan bersifat stokastik, namun manufaktur menerima permintaan deterministik dari *retailer*. Gambar 3.4 menunjukkan ilustrasi integrasi antara *retailer* dan manufaktur.



Gambar 3.1 Model Integrasi Inventori

*Retailer* memesan satu *batch* produk sejumlah  $Q$  kepada manufaktur. Satu *batch*  $Q$  dikirimkan sebanyak  $n$  kali dalam jumlah  $q$ . Biaya penyimpanan pada *retailer* lebih besar dibandingkan dengan manufaktur. Adanya permintaan stokastik menyebabkan *retailer* mempunyai risiko terjadinya *lost sales* tiap siklus waktu. Selain itu, pada tiap akhir periode *batch* pengiriman ( $nt$ ) memungkinkan terjadinya *overstock*. Hal ini disebabkan pada periode  $nt$ , *batch* produk berikutnya akan tiba dan diasumsikan konsumen akan lebih memilih produk dengan masa hidup produk yang lebih panjang (LIFO).

*Batch* produksi awal dinyatakan dengan  $S_{L1}$  artinya produk tersebut mempunyai masa hidup hingga  $S_{L1}$ . *Batch* produksi berikutnya dinyatakan dengan  $S_{L2}$  artinya masa hidup produk tersebut adalah  $S_{L2}$ . Pada saat terjadi *replenishment* produk dengan masa hidup  $S_{L2}$ , nilai  $S_{L2}$  lebih panjang jika dibandingkan dengan  $S_{L1}$ . Jadi, pada waktu yang sama terdapat dua tipe produk dengan umur yang berbeda maka konsumen akan memilih produk dengan masa hidup  $S_{L2}$ . Saat produk  $S_{L2}$  tiba sedangkan masih terdapat sisa produk  $S_{L1}$ , maka produk  $S_{L1}$  akan dibuang dan muncul biaya *overstock*.

#### 4. Pengembangan Model

Penelitian ini akan mengembangkan model integrasi inventori *perishable product* dengan permintaan stokastik menerapkan aturan LIFO. Tujuan dari pengembangan model ini adalah menghitung total biaya inventori gabungan antara manufaktur dan *retailer* ( $TC_{chain}$ ) selama satu tahun dan membandingkan antara sistem koordinasi dan tanpa koordinasi.  $TC_{chain}$  terdiri dari 7 elemen biaya, yaitu biaya set-up manufaktur, biaya penyimpanan manufaktur, biaya pemesanan *retailer*, biaya pengiriman *retailer*, biaya penyimpanan *retailer*, biaya *lost sales retailer*, biaya *overstock retailer*.

Variabel keputusan yang ingin dicari pada pengembangan model adalah ukuran lot pengiriman ( $q$ ), interval waktu *replenishment*

(T). Variabel-variabel keputusan memiliki hubungan yang saling interdependen sehingga model sistem menjadi kompleks dan tidak bisa diselesaikan dengan cara analitik. Asumsi yang digunakan dalam model ini adalah permintaan bersifat stokastik di *retailer* selama jangka waktu tertentu (tahun) yang diketahui oleh manufaktur. Selain itu permintaan berdistribusi normal dengan rata-rata permintaan ( $\mu$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ). Notasi yang digunakan pada pengembangan model adalah sebagai berikut :

- **Indeks**

- v manufaktur
- b *retailer*
- i pengiriman pada periode ke i, dimana  $i = 1, 2, 3, 4, \dots$

- **Parameter**

- D banyaknya permintaan pembeli (unit/ tahun)
- P tingkat produksi (unit/ tahun)
- $A_v$  biaya set-up produksi (\$/ set-up)
- $A_b$  biaya pemesanan *retailer* (\$/ pesan)
- $H_v$  biaya penyimpanan manufaktur (\$/ unit/ tahun)
- $H_b$  biaya penyimpanan *retailer* (\$/ unit/ tahun)
- $S_b$  biaya transportasi *retailer* (\$/ pengiriman)
- $S_L$  *shelf-life* produk
- $C_u$  biaya *lost sales*
- $C_o$  biaya *overstock*
- F(s) *cumulative density function*
- f(s) *probability density function*

- **Variabel Model Dasar**

- q ukuran lot tiap pengiriman
- T waktu siklus *replenishment*

Perumusan total biaya rantai pasok dirumuskan sebagai berikut :

Total biaya rantai pasok = total biaya manufaktur + total biaya pembeli

$$TC = \frac{D}{nq}A + \frac{q}{2}\left(\frac{nD}{P} + (n-1)\right)H_v + \frac{D}{nq}A_b + \frac{D}{q}S_b + H_b\left(\frac{q}{2} + Z\sigma\sqrt{\frac{q}{D}}\right) + H_b\sigma\sqrt{\frac{q}{D}}\psi(Z) + \frac{D}{q}C_u\sigma\sqrt{\frac{q}{D}}\psi(Z) + \frac{D}{nq}C_oE(O) \quad (4.1)$$

**5. Uji Numerik dan Algoritma**

Penyelesaian model koordinasi adalah penentuan keputusan dilakukan oleh manufaktur dan *retailer* secara terintegrasi. Variabel keputusan yang dihasilkan adalah  $q^*$  dan  $T^*$  dengan tujuan untuk meminimasi biaya total dalam rantai pasok.

- **Variabel Keputusan T**

Pada penelitian ini T merupakan variabel keputusan dari model ini karena pada waktu *replenishment* sisa produk yang tersisa akan dibuang. Jadi, akan ditentukan kapan waktu *replenishment* yang tepat untuk meminimumkan

total biaya rantai pasok. Untuk memperoleh nilai  $T^*$  dilakukan dengan uji numerik dimana pengujian awal diasumsikan nilai  $T = S_L$ . Alasan diasumsikan bahwa nilai  $T = S_L$  karena waktu maksimal produk masih bisa dikonsumsi adalah saat mencapai *expired date*.

- **Variabel keputusan q**

Penentuan  $q^*$  diperoleh saat mencari nilai  $T^*$ . Saat melakukan uji numerik untuk mencari nilai  $T^*$  secara otomatis diketahui kombinasi nilai  $q^*$  dan  $n^*$  karena nilai  $T = \frac{nq}{D}$ .

- **Algoritma Pencarian Solusi Model**

Pencarian solusi untuk mencari variabel keputusan ( $q^*$  dan  $T^*$ ) yang dapat meminimumkan total biaya *retailer* dan manufaktur dapat dilakukan dengan menggunakan suatu algoritma. Algoritma yang digunakan pada penelitian ini untuk menyelesaikan model tanpa koordinasi dirumuskan sebagai berikut :

1. Melakukan *generate random* untuk mengetahui jumlah permintaan selama T. Hal ini dilakukan untuk mencari ekpektasi *overstock* selama T karena sulit mengetahui ekspektasi *overstock* menggunakan perumusan model matematis. *Generate random* dilakukan dengan menggunakan *software excel*, dimana permintaan tersebut mengikuti distribusi normal dengan parameter yang sudah diketahui.
2. Mencari nilai  $T^*$  dengan menguji seluruh nilai T dimana asumsinya adalah nilai  $n = 1$  menggunakan persamaan 4.1. Pengujian  $T^*$  dimulai dari nilai  $T = S_L$  dimana nilai tersebut sebagai T inisial. Pengujian dimulai dengan nilai  $T = S_L$  karena saat nilai T melebihi *lifetime* produk, maka produk tersebut tidak dapat dikonsumsi lagi. Jadi, nilai  $T \leq S_L$ .
3. Pengujian nilai  $T^*$  dilanjutkan dengan menggunakan nilai  $T = S_L - 1$ . Nilai T tersebut menjadi  $T'$ . Pengujian dilakukan hingga  $T = S_L - S_L + 1$ .
4. Ulangi langkah 3 dan pengujian berhenti dilakukan saat  $TC(T') \geq TC(T'+1)$ .
5. Setelah diperoleh  $T^*$  lalu dilanjutkan dengan mencari kombinasi nilai  $n^*$  dan  $q^*$  dengan menggunakan persamaan 4.1.
6. Jika nilai  $TC(q, T^* = S_L) \geq TC(q, T^* = S_L + 1)$  maka perhitungan dihentikan, jika belum ulangi langkah 4 hingga diperoleh nilai  $TC(q, T^* = S_L) \geq TC(q, T^* = S_L + 1)$ .

Hasil perhitungan total biaya ditunjukkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perhitungan Model Koordinasi Perishable Product

Model Koordinasi Perishable Product					
Variabel Keputusan			Total Biaya Manufaktur	Total Biaya Retailer	Total Biaya
n	q	T			
2	12,960	0.048	\$ 12,406	\$ 29,929	\$ 42,335
2	11,880	0.044	\$ 12,461	\$ 29,128	\$ 41,589
2	10,800	0.04	\$ 12,630	\$ 28,267	\$ 40,897
2	9,720	0.036	\$ 12,950	\$ 27,324	\$ 40,274
1	17,280	0.032	\$ 11,319	\$ 29,173	\$ 40,492
1	15,120	0.028	\$ 12,415	\$ 28,368	\$ 40,783
1	12,960	0.024	\$ 13,958	\$ 27,637	\$ 41,595
1	10,800	0.02	\$ 16,215	\$ 27,017	\$ 43,232
1	8,640	0.016	\$ 19,722	\$ 26,576	\$ 46,298
1	6,480	0.012	\$ 25,729	\$ 28,954	\$ 54,683
1	4320	0.008	\$ 37,986	\$ 34,519	\$ 72,505
1	2160	0.004	\$ 75,243	\$ 52,239	\$ 127,482

## 6. Kesimpulan

Penelitian ini membahas tentang pengembangan model integrasi inventori pada *product perishable* dengan permintaan stokastik. Model ini menerapkan metode LIFO, artinya konsumen memiliki kecenderungan mengkonsumsi produk yang memiliki sisa umur produk lebih panjang. Perishable product memiliki karakter unik, yaitu memiliki masa hidup yang terbatas. Saat produk mencapai masa akhir hidup dan masih ada sisa produk, maka produk tersebut sudah tidak bias dikonsumsi lagi.

Dengan diterapkannya metode LIFO ada kemungkinan sisa produk terbuang bukan saat mencapai masa akhir hidup produk, tetapi saat terjadi *replenishment*. Oleh karena itu, penentuan waktu *replenishment* dan ukuran lot pengiriman yang tepat sangat menentukan. Pada penelitian ini produk yang digunakan memiliki masa hidup selama 12 hari. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa waktu *replenishment* yang optimal terjadi saat masa akhir hidup produk, yaitu setiap 9 hari. Ukuran lot pengiriman optimal sebesar 9,720 unit dikirimkan sebanyak 2 kali untuk satu kali pemesanan. Selain itu, hasil perbandingan total biaya pada model koordinasi dan non-koordinasi menunjukkan bahwa model koordinasi menghasilkan total biaya yang lebih rendah.

Pada penelitian ini, integrasi yang terjadi antara pemasok-pembeli tunggal dengan asumsi *lead time* sama dengan nol. Saran untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan model dengan multi integrasi dan adanya *lead time* pengiriman.

## Acknowledgment

Penelitian ini sepenuhnya didukung oleh Beasiswa Unggulan dari Kementerian Pendidikan Nasional.

## References

Chen, H-K., Hsueh, C-F., Chang, M-S. (2009). Production scheduling and vehicle routing problem with time windows for perishable

food product. *Computers and Operations Research*, 36, 2311-2319

Donseclar, K., Woensel, T., Broekmeulen, R., Fransisco, K. (2006). Inventory control of perishables in supermarket. *International Journal of Production Economics*, 104, 462-472

Glock, C. (2012). The joint economic lot size problem: A review. *International Journal Production Economics*, 135: 671-686

Goyal, S.K. (1976). An integrated inventory model for a single supplier – single customer problem. *International Journal of Production Research*, 15:107-111

Hill R. (1997). The single-vendor single-buyer integrated production-inventory model with generalized policy. *European Journal of Operational Research*, 97: 493-499

Nahmias, S. (1982). Perishable inventory theory: A review. *Operations Research*, 30, 680–708.

Pujawan, I N. dan Kingsman B. G. (2002). Joint optimisation and timing synchronisation in a buyer supplier inventory system. *International Journal of Operation and Quantitative Management*, 2: 93-109

Thomas, D.J., dan Griffin, P.M. (1996). Coordinated supply chain management, *European Journal of Operational Research* 94:1-15

Wang X., Li D., O'brien C., Li Y. (2010). A production planning model to reduce risk and improve operations management. *International Journal of Production Economics*, 124:463-474

Xu Y. dan Sarker R. (2003). Models for a family of products with shelf life, and production and shortage costs in emerging markets. *Computers and Operations Research*, 30: 925-938