

ISSN : 1412-3525

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SURABAYA**

PROCEEDINGS
6th
**NATIONAL
INDUSTRIAL
ENGINEERING
CONFERENCE**
2 0 1 1



Surabaya, 20 Oktober 2011



**LPPM
UBAYA**



*"Industrial Engineering in a
Competitive and Borderless World:
Logistics and Supply Chain Applications
for Disaster Recovery"*

Kata Pengantar

Selamat bertemu kembali di 6th National Industrial Engineering Conference 2011! Event rutin dua tahunan yang diselenggarakan Jurusan Teknik Industri Universitas Surabaya kali ini mengambil tema *Logistics and Supply Chain Applications for Disaster Recovery* dengan tujuan menggali pemikiran dari kalangan akademik maupun praktisi dalam hal penanganan bencana alam yang beberapa tahun belakangan melanda berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia. Bidang ini termasuk dalam rumpun *supply chain*, karena saat bencana alam besar terjadi, putusnya *supply chain network* mempengaruhi proses penanggulangan bencana. Diperlukan berbagai strategi untuk merancang sebuah *supply chain* yang fleksibel dalam menghadapi bencana besar. Beberapa pemikiran termuat dalam rumpun *supply chain management* pada prosiding ini.

Selain tema di atas, juga terdapat bahasan pada cabang keilmuan lain teknik industri. Total makalah yang disertakan dalam prosiding adalah 52, terbagi ke dalam beberapa rumpun ilmu, yaitu: *ergonomi & desain* (5), *manufaktur* (4), *performance measurement* (6), *quality* (7), *supply chain management* (12), *sistem produksi* (10), dan *strategi bisnis* (8).

Semoga sajian berbagai pemikiran dan sudut pandang yang tertuang dalam makalah-makalah pada prosiding ini dapat memperkaya wawasan dan bermanfaat bagi pembaca, khususnya sebagai inspirasi ide-ide baru bagi karya-karya selanjutnya.

Terima kasih dan sampai jumpa di NIEC-7 2013!

Surabaya, 20 Oktober 2011

Editor

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii

ERGONOMI & DESAIN

Implementasi Nasa Task Load Index dan Analisis Multivariat pada Pengukuran Beban Kerja Ketua Program Studi (Studi Kasus pada Universitas X)	1
Choirul Bariyah, Utaminingsih Linarti, Arfinda Nurfadli Gustanto	
Perancangan Desain dan Features ‘The Camouflage Mobile Phone’ untuk Anak-anak Usia 6-12 Tahun	10
Linda Herawati, Yenny Sari, Devina	
Evaluasi Risk Faktor Ergonomi Beserta Desain Perbaikannya untuk Pekerja Wanita Hamil di Rumah Sakit Surabaya Internasional (RSSI) (Studi Kasus: Divisi General, Medical, Obstetric, dan Pediatric)	20
Linda Herawati, Theresia Pawitra, Aris Pratama	
Perancangan Ulang Fasilitas Kerja pada Alat Setel Velg Sepeda Motor Guna Memperbaiki Posisi Kerja Operator	28
Isana Arum Primasari dan Rahmat Fajri Sutrisno	
Analisis Hubungan Kemampuan Kerja Terhadap Keluhan Otot Manusia (Studi Kasus di PT Industri Telekomunikasi Indonesia)	35
Henny Aditya, Hardianto Iridiastadi dan Iftikar Z. Sutralaksana	

MANUFAKTUR

Pendekatan Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) untuk Pemilihan Competitive Priorities dalam Strategi Manufaktur Perusahaan	43
Muhammad Shodiq Abdul Khannan	
Model Optimisasi Multiobjektif pada Proses Milling CNC Single-Pass	52
Lisyani Nafari Susana, Cucuk Nur Rosyidi, Azizah Aisyati	
Rendahnya Tingkat Kekerasan Selang Radiator pada Industri Part Otomotif	59
Indra Almahdy, Purnanto	
Pendekatan RCFA dalam Perbaikan Faktor Mesin pada Bagian Body Preparation Industri Keramik	67
Indra Almahdy, Hery Pramono	

PERFORMANCE MEASUREMENT

Integrasi Model Analytics dan Performance Dashboard dalam Pengukuran Kinerja Menggunakan Balanced Scorecard Eric Wibisono, Lisa Mardiono, Priskila Stefani Wijaya	76
Usulan Framework Peningkatan Daya Saing Industri Minyak Kelapa Sawit Indonesia dengan Pendekatan Rantai Nilai Roland Y.H. Silitonga, Senator Nur Bahagia	84
Peta Penelitian Penilaian Daya Saing dan Peluang Penelitian Daya Saing Industri Mebel di Indonesia Eko Liquiddanu, Senator Nur Bahagia, Lucia Diawati, Iwan Inrawan Wiratmadja	92
Kajian tentang Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Industri Mebel yang Berlokasi di Kabupaten Situbondo Jawa Timur Lasman P. Purba dan Joepan Pramana	100
Pengukuran Kinerja Menggunakan Model <i>Performance Prism</i> (Studi Kasus di Perusahaan Makanan) Lisa Mardiono, Eric Wibisono, Christien Jolanda	108
Pengukuran Maintenance Performance dengan Pendekatan Balanced Scorecard (Studi Kasus di PT. Semen Gresik, Tbk) Isnain Ardiansyah	116

QUALITY

Optimasi Parameter Vertical Injection Moulding Menggunakan Metode Taguchi untuk Data Persentase Cacat M. Rosiawan, Bella Alvina D.C. dan M. Arbi Hadiyat	128
Investigasi Kualitas Produk Pisau Potong di PT X I Wayan Sukania, Willy Thamrin	137
Analisis Proses Produksi di PT Pertamina (Persero) Production Unit Gresik-Pelumas Menggunakan Lean Six Sigma Nurul Puspasari, Wakhid Ahmad Jauhari, Cucuk Nur Rosyidi	145
Perbaikan Proses Produksi Keramik untuk Meminimasi Jumlah Produk Cacat pada Hasil Pengglasiran Reni Dwi Astuti dan Amin Nur Hakim	154
Peningkatan dan Pengembangan Mutu Pelayanan Perpustakaan Dengan Metode <i>Quality Function Deployment (QFD)</i> Leli Deswindi dan Christin	162

Usulan Waktu Perawatan Berdasarkan Keandalan Suku Cadang Kritis Bus di Perum Damri Bandung Yani Iriani, Ema Septisari Rahmadi	171
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Keefektifan Neural Network dalam Memprediksi Respon Eksperimen Ortogonal Array Sebagai Alternatif Pendekatan Taguchi Klasik M. Arbi Hadiyat, Kestrilia Rega Prilianti	179
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Pemetaan Kompetensi Logistik sebagai Masukan dalam Penyusunan Kurikulum Program Logistik dan Supply Chain Management Siti Rahayu	186
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Studi Deskriptif Persepsi Kualitas Layanan Logistik PT Pos Indonesia Surabaya Selatan pada Layanan Paket Pos Fitri Novika Widjaja	195
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Perancangan Model Optimasi Sistem Distribusi Multi Produk Untuk Korban Bencana Alam dengan Fuzzy Goal Integer Programming Dina Natalia Prayogo	203
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Penentuan Lokasi Jalan Untuk Penempatan ATM Drive Thru di Kota Bandung Dengan Menggunakan Metoda Analytic Hierarchy Process (AHP) Agus Riyanto	210
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

An Agri-food Supply Chain Model to Empower Farmers as Supplier for Modern Retailer Using Corporate Social Responsibility Activities Wahyudi Sutopo, Muh. Hisjam, dan Yuniaristanto	216
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Peta Penelitian Logistik Tanggap Darurat Bencana dan Peluang Penelitiannya di Indonesia Rienna Oktarina, Senator Nur Bahagia, Lucia Diawati, Krishna S. Pribadi	225
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Pengembangan Model Untuk Menjaga Stabilitas Pasokan Bahan Baku CPO (Crude Palm Oil) dan Harga Produk Akhir Pada Komoditas Minyak Goreng Inaki Maulida Hakim dan Andi Cakravastia	233
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Simulated Annealing untuk Pemecahan Masalah Rute Kendaraan dengan Trip Majemuk dan Jendela Waktu Suprayogi, Yosi A. Hidayat dan Diah Imawati	242
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Modularisasi dan Rancangan Siklus Hidup Produk pada Industri Manufaktur dan Pengaruhnya pada Supply Chain Dira Ernawati, I Nyoman Pujawan, Maria Anityasari, I Made Londen Batan	250
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Pengembangan Model Pengukuran Kinerja Supply Chain Berbasis Balanced Scorecard (Studi Kasus di PT. Indocement Tunggal Prakarsa) Christine Natalia, Dyah Rainy Putri	258
Penentuan Prioritas Supplier dengan Metode <i>Analytic Network Process</i> (ANP) Vivi Triyanti dan Ariando Manulang	270
Pengembangan Metode CODEQ Untuk Vehicle Routing Problem with Time Windows Satya Sudaningtyas dan Budi Santosa	278
<i>SISTEM PRODUKSI</i>	
Inventory Optimization at PT Badak NGL by Material Management Application Grace Intan Melania	286
Perbaikan Sistem Persediaan Tinta Fotokopi di CV NEC, Surabaya Indri Hapsari, Jerry Agus Arlianto dan Albert Sutanto	294
Perancangan Tata Letak Gudang Bahan Baku Menggunakan Metode <i>Throughput-based Dedicated Storage</i> di PT Coronet Crown Dian Trihastuti dan Margaretha Srikandini	303
Analisis Lead Time Aliran Informasi Dokumen Teknik di Perusahaan Otomotif X Sriwulan Larasati, Cucuk Nur Rosyidi, dan Azizah Aisyati	311
Usulan Perbaikan Lintasan Produksi Dengan Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus di CV. Watttoo-Wattoo Garment, Bandung) Santoso, Fenndy Halim	320
Sistem Persediaan Periodic Review dengan Pendekatan Geometric Programming Adriani, Iveline Anne Marie dan Docki Saraswati	329
Pengujian Sistem Pengukuran untuk Sistem Manufaktur Berbasis Pesanan Nandang Rusmana, Dradjad Irianto, Isa Setiasyah Toha	337
Perbaikan Sistem Persediaan Berdasarkan Fluktuasi Harga Beli Bahan Baku Kertas di PT. Hersome Indonesia, Sidoarjo Indri Hapsari, Dina N. Prayogo, Grace Chandra	345
Model Penjadwalan Mesin Paralel Identik untuk Meminimasi Biaya Manufaktur dan <i>Weighted Tardiness</i> Luh Ariani Budiadnja dan Anas Ma'ruf	354

Model <i>Mixed Integer Programming</i> Penentu <i>Due Date</i> dan Harga untuk Penerimaan Pesanan Perusahaan <i>Make-To-Order</i> Rossa Fadilla dan Anas Ma'ruf	362
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

STRATEGI BISNIS

Studi Kelayakan Pendirian Pabrik Mie Jagung di Sumatera Barat Ahmad Syafruddin Indrapriyatna	371
Validasi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Implementasi Manajemen Pengetahuan Tri Joko Wibowo	377
Kepemimpinan, Pengendalian Organisasi, dan Keamanan Kerja serta Dampaknya pada Kualitas Pelayanan Rumah Sakit di Bandung Ina Ratniamasih, Rajesri Govindaraju, Iman Sudirman, Budhi Prihartono	384
Adopsi E-Commerce di UMKM Jawa Barat Yen Yen Maryeni, Rajesri Govindaraju, Budhi Prihartono, Iman Sudirman	393
Pengukuran dan Hubungan Modal Intelektual dengan Efektivitas Organisasi di Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti Didien Suhardini, Adi Praja	403
Kunci Sukses 50-INKRE di Jawa Timur Surya Putra Taruk Allo, Lasman Parulian Purba	415
Government Support on Industrial Cluster Development: Some Lessons Gunawan	421
Analisis Kelayakan Ekonomi Rancangan Perbaikan Perumahan Kumuh Menjadi Perumahan Sehat Sri-Bintang Pamungkas, Amalia Suziant, Yulia Widhianti	430

Perbaikan Sistem Persediaan Tinta Fotokopi di CV. NEC, Surabaya

Indri Hapsari, Jerry Agus Arlianto, dan Albert Sutanto
Teknik Industri – Universitas Surabaya
Jl. Raya Kalirungkt Surabaya
Email: indri@ubaya.ac.id

Abstrak

CV. Never Ending Copier memiliki tiga jenis gudang yaitu gudang sparepart, gudang mesin fotocopy dan gudang toner yang menyimpan 9 jenis toner. Permasalahan pada gudang toner adalah sering terjadinya kekurangan persediaan atau kelebihan persediaan pada produk toner yang mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian akibat lost sales atau over stock. Untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi perusahaan maka dilakukan perbandingan total inventory cost antara metode awal perusahaan dengan metode usulan yang menggunakan Fixed Order Quantity Multi-item Single Supplier untuk periode yang sama. Hasil perbandingan menunjukkan dengan metode usulan terjadi penghematan biaya persediaan sebesar Rp24.979.914 atau sebesar 62,07%. Langkah berikutnya adalah menyusun rencana persediaan pada periode selanjutnya dengan melakukan peramalan, menentukan jumlah pemesanan optimal, menghitung safety stock sehingga diperoleh batas reorder point yang sesuai bagi perusahaan.

Kata Kunci: Fixed Order Quantity, Multi-item Single Supplier, Safety Stock

Abstract

CV. Never Ending Copier has three warehouses for photocopy spare parts, used photocopy machines and photocopy toners. The owner always orders products without good consideration that makes overstock and stock out. Product supply comes from some suppliers, which a supplier can supply some products. To solve these problems, it was needed to compare the total inventory cost between company's method and applied probabilistic inventory method. FOQ Multi-item Single Supplier will be used and the cost will be compare for the same historic period. Comparison's result show the applied probabilistic inventory method more cost efficient, it was showed by saving in total inventory cost about Rp24.979.914 or in percentage 62,07%. Saving can be achieved because order cost in Multi-item Single Supplier is minimized. Next step was plan inventory method for the next period by forecasting, taking decision for the optimal order quantity and safety stock, which will be gained reorder point for the company.

Keyword: Fixed Order Quantity, Multi-item Single Supplier, Safety Stock

1. Pendahuluan

CV. Never Ending Copier (NEC) adalah perusahaan distributor yang bergerak dalam bidang mesin fotokopi bekas (rekondisi), penjualan *sparepart*, dan tinta fotokopi serta menerima *service* bagi mesin fotokopi yang rusak. CV. NEC menyediakan sekitar 1300 jenis *spare part* mesin yang disimpan dalam gudang *spare part*. Adapun gudang tinta saat ini memiliki persediaan 9 jenis tinta yang berbeda, dengan total persediaan mencapai 2-3 ton. Permasalahan yang sering terjadi pada gudang tinta ini adalah perusahaan kurang memperhatikan posisi jumlah *stock toner* dan tidak memperhitungkan *lead time* datangnya *toner* dari *supplier*. Hal ini mengakibatkan persediaan perusahaan menjadi kosong dalam beberapa hari sehingga perusahaan mengalami banyak kerugian akibat *lost sales*. Perusahaan

menyadari akan perlunya suatu sistem persediaan agar kerugian perusahaan akibat *lost sales* dan *overstock* dapat ditekan.

2. Kajian Literatur dan Metodologi

Persediaan merupakan sumber daya yang paling penting bagi suatu perusahaan, karena persediaan itu digunakan untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan pada masa yang akan datang. Adapun komponen-komponen dari biaya yang berkaitan dengan sistem persediaan adalah biaya pembelian (*purchased cost*), biaya pemesanan (*order cost*), biaya penyimpanan (*holding cost*), dan biaya kekurangan bahan (*stockout cost*) [2].

Biaya pembelian adalah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pembelian. Data harga beli untuk masing-masing jenis *inventory* diperoleh dari data harga beli untuk pembelian 9 jenis *toner* kepada pihak *supplier* selama bulan Oktober 2007-September 2008. Sedangkan biaya pemesanan merupakan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan setiap kali melakukan pemesanan. Pemesanan kepada *supplier* dapat dilakukan setiap saat melalui telepon apabila perusahaan membutuhkan barang tersebut. Dari hasil wawancara dengan pemilik CV. NEC diperoleh persentase biaya simpan selama ini berupa bunga deposito sebesar 7% (Oktober 2008) dan bunga implisit yang berasal dari depresiasi bangunan gudang sebesar 3,94%, sehingga total persentase biaya simpan adalah 10,94%.

Ada beberapa model persediaan yang dapat digunakan, salah satunya adalah model persediaan dengan menggunakan *Multi-Item Single Supplier*, yaitu metode untuk menentukan waktu pemesanan dari barang-barang yang hendak dipasok di gudang serta jumlah pemesanan yang ekonomis [1].

Jika interval waktu antar pemesanan bersama *Multi-item*, T , dan menggunakan kelipatan integer, m_i , terhadap interval waktu T untuk masing-masing jenis produk i , maka jumlah pemesanan Q untuk jenis produk i dengan laju permintaan R_i per periode, adalah:

$$Q_i = R_i m_i T \quad (1)$$

Total *inventory* relevan per periode dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$TRC(t, m_i 's) = \frac{C + \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{m_i}}{T} + \sum_{i=1}^n \frac{P_i F R_i m_i T}{2} \quad (2)$$

Biaya pemesanan gabungan yang dilakukan setiap interval waktu T adalah C , sedangkan biaya pesan untuk masing-masing jenis produk yang terjadi setiap interval waktu $m_i T$ adalah c_i . P adalah harga beli per unit dan F adalah fraksi biaya simpan per unit per tahun. Kondisi optimal diperoleh dengan melakukan derivatif total biaya *inventory* relevan terhadap interval waktu pemesanan gabungan, T , dan tetapkan sama dengan nol, sehingga untuk mendapatkan T optimal sebagai berikut:

$$T^*(m_i 's) = \sqrt{\frac{2 \left(C + \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{m_i} \right)}{F \sum_{i=1}^n P_i R_i m_i}} \quad (3)$$

Dengan mensubstitusi interval waktu pemesanan gabungan ke fungsi total biaya *inventory* relevan, maka akan menghasilkan minimum total biaya *inventory* relevan.

$$TCR(m_i's) = \sqrt{2 \left(C + \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{m_i} \right) F \sum_{i=1}^n P_i R_i m_i} \quad (4)$$

Selanjutnya perlu ditentukan besarnya m_i untuk masing-masing jenis produk yang dapat meminimalkan $TRC(m_i's)$. Pada nilai rasio m_j terhadap m_k , jika $\frac{c_j}{P_j R_j} < \frac{P_k R_k}{c_k}$, maka nilai m_j

akan lebih kecil dari nilai m_k . Oleh karena itu untuk jenis produk i yang memiliki nilai $\frac{c_j}{P_j R_j}$ terkecil, akan memiliki nilai m_i terkecil pula. Dalam hal ini, nilai m_i dibatasi harus integer, sehingga memungkinkan akan terdapat beberapa jenis produk dengan nilai $m_i = 1$. Jika jenis produk 1 memiliki nilai $\frac{c_j}{P_j R_j}$ terkecil, maka $m_i = 1$ dan untuk jenis produk yang lain,

$$m_j = \sqrt{\frac{c_j}{P_j R_j} \frac{P_1 R_1}{C + c_1}} \quad ; j = 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

Karena ada *constraint* yang mengharuskan adanya *minimum order*, maka ada perubahan mengenai perhitungan formulasi Q dengan mengambil nilai m dari hasil iterasi *Solver.xla*.

$$\text{Formulasi awal: } Q_i = R_i m_i T \quad (6)$$

Constraint : $Q_i \geq \text{minimum order}$

Dengan mempertimbangkan keberadaan persediaan awal (I_0), maka dapat dicari Q dengan mempertimbangkan minimum order atau Q_{adjust_i}

$$Q_{adjust_i} = (R_i - I_0) \times m_i \times T \quad (7)$$

Karena adanya perubahan formulasi dari $Q_i = R_i m_i T$ menjadi Q_{adjust} maka formulasi *total relevan cost* menjadi:

$$TRC = \frac{C + \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{m_i}}{T} + \sum_{i=1}^n P_i F \left(\frac{Q_{adjust_i}}{2} \right) \quad (8)$$

Safety stock merupakan persediaan lebih yang disimpan untuk mengantisipasi terjadinya kekurangan karena adanya gangguan (*fluktuasi*) yang terjadi secara acak [1]. *Safety stock* diperlukan karena peramalan atau estimasi kurang sempurna dan *supplier* seringkali gagal dalam mengirimkan produknya tepat waktu, sehingga seharusnya *safety stock* dapat menanggung kondisi laju kebutuhan yang lebih tinggi dari prediksi dan keterlambatan pengiriman barang.

Distribusi Normal, Poisson, dan Eksponensial Negatif merupakan distribusi probabilitas yang paling umum untuk menggambarkan permintaan. Jika permintaan dianggap kontinu, maka distribusi yang paling sering digunakan adalah distribusi Normal. *Reorder point* dapat diperoleh dengan formulasi berikut:

$$B = \bar{M} + SS = \bar{M} + z \cdot \sigma_M = \text{reorder point dalam unit} \quad (9)$$

di mana \bar{M} adalah rata-rata permintaan selama *lead time* dalam unit, SS merupakan *safety stock* dalam *unit*, z adalah deviasi normal standar, dan σ_M merupakan standar deviasi permintaan selama *lead time*.

Pada umumnya perusahaan tidak mengetahui besarnya biaya kekurangan atau merasa sangat kesulitan untuk mengestimasi. Pada kondisi ini, biasanya pihak manajemen menetapkan

tingkat pelayanan (*service level*) untuk menentukan besarnya *reorder point*. Tingkat pelayanan menunjukkan kemampuan memenuhi permintaan dari persediaan yang tersedia, atau dengan beberapa cara lainnya. Umumnya ada dua tingkat pelayanan yang digunakan, yaitu pelayanan per siklus pemesanan dan pelayanan per unit permintaan. Tingkat pelayanan berdasarkan unit yang dibutuhkan menunjukkan persentase permintaan yang akan dipenuhi dan mengizinkan perlakuan yang seragam untuk produk yang berbeda.

Tingkat pelayanan per unit untuk kasus *backorder*:

$$Sl_u = 1 - \frac{E(M > B)}{Q} \quad (10)$$

$$E(M > B) = \sigma_M \times E(z) \quad (11)$$

Tingkat pelayanan per unit per permintaan untuk kasus *lost sales*:

$$Sl_u = 1 - \frac{E(M > B)}{Q + E(M > B)} \quad (12)$$

Oleh karena jumlah pemesanan Q pada umumnya jauh lebih besar dari pada ekspektasi jumlah unit kekurangan selama siklus pemesanan $E(M > B)$, maka hasil dari formulasi untuk kasus *lost sales* tidak jauh berbeda dibandingkan dengan pada kasus *backorder*.

Biaya kekurangan merupakan komponen biaya persediaan yang paling sulit untuk ditentukan. Biaya kekurangan mungkin dapat diakibatkan oleh *backorder* atau *lost sales*, dan dapat dinyatakan dalam per unit atau per kejadian, atau dasar yang lainnya. Pada distribusi permintaan selama *lead-time* adalah kontinu, ekspektasi total biaya *safety stock* per tahun dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$TC_{SS} = H(B - \bar{M}) + A \frac{R}{Q} E(M > B) \quad (13)$$

dengan nilai
$$P(M > B) = \frac{HQ}{AR} \quad (14)$$

A adalah biaya *backorder* per unit.

Pada kasus *lost sales*, semua unit kekurangan tidak akan dipenuhi. Rata-rata jumlah siklus per tahun tidak lagi $\frac{R}{Q}$ tetapi $\frac{R}{[Q + E(M > B)]}$ dimana $E(M > B)$ adalah ekspektasi dari jumlah unit kekurangan per siklus pemesanan. Biasanya $E(M > B)$ relatif sangat kecil dibandingkan dengan jumlah pemesanan sehingga rata-rata jumlah siklus per tahun diasumsikan tetap $\frac{R}{Q}$.

Ekspektasi total biaya *safety stock* per tahun untuk kasus *lost sales* dengan biaya kekurangan per unit adalah:

$$TC_{SS} = H(B - \bar{M}) + \left[A \frac{R}{Q} + H \right] E(M > B) \quad (15)$$

dengan nilai
$$P(M > B) = \frac{HQ}{AR + HQ} \quad (16)$$

A adalah biaya *lost sales* per unit.

Untuk mencari titik *reorder point* didapatkan dengan menurunkan formulasi *total cost safety stock* terhadap *reorder point*.

$$P(M > B) = \frac{PFQ}{AR} \quad (17)$$

3. Hasil dan Diskusi

Perhitungan total biaya persediaan metode perusahaan yang akan dilakukan meliputi satu periode yaitu Oktober 2007-September 2008, sehingga semua data yang digunakan juga berasal dari periode tersebut. Perhitungan biaya pesan diperoleh berdasarkan biaya telepon dalam sekali pesan. Dalam perhitungan yang menggunakan sistem *Multi-item Single Supplier* dibutuhkan adanya biaya pemesanan individu untuk tiap jenis *toner*. Untuk menghitung biaya pemesanan individu diperlukan data gaji karyawan gudang dan jumlah frekuensi kedatangan *toner*. Karyawan gudang bertanggung jawab atas ketiga gudang yang ada di perusahaan sehingga dapat diasumsikan bahwa proses penerimaan *toner* hanya menggunakan 20% dari total aktivitas karyawan gudang karena rata-rata frekuensi penerimaan *toner* setiap bulan diperoleh 5-6 kali per bulan. Biaya pemesanan individu dianggap sama dengan biaya per kedatangan untuk tiap jenis *toner*. Perhitungan biaya simpan diperoleh dengan mengalikan rata-rata persediaan dengan harga aktual dan fraksi biaya simpan per unit/bulan.

Untuk nilai T , Q , dan TC *Multi-item Single Supplier* yang didapat dari integrasi nilai m dari *Solver.xla* dapat dilihat selengkapnya pada tabel 1. Nilai m yang ada merupakan kelipatan untuk nilai interval pada masing-masing jenis *toner*.

Output Solver menghasilkan nilai interval pemesanan untuk masing-masing jenis barang dalam satu *supplier* yang sama. Interval pemesanan untuk *toner* IR 5000, *toner* selex black, *toner* EOP abu-abu, *toner* EOP merah adalah 0,0476 tahun = 18 hari. Pemesanan untuk *toner* IR 5000, *toner* selex black, *toner* EOP abu-abu, *toner* EOP merah dilakukan secara bersama setiap 18 hari sekali. Dengan nilai m dan T diatas, maka didapatkan nilai Q dengan adanya *constraint* lebih besar sama dengan minimal order seperti pada tabel 2.

Total inventory cost untuk gabungan metode *Multi-item Single Supplier* dengan metode FOQ sebesar Rp15.262.475. Dengan membandingkan total biaya persediaan periode 1 Oktober 2007-30 September 2008 untuk metode awal perusahaan sebesar Rp40.033.739 maka diperoleh nilai penghematan biaya persediaan sebesar Rp24.979.914 atau penghematan sebesar 62,07% dari total biaya persediaan metode awal perusahaan.

Dengan menggunakan langkah-langkah perhitungan dengan sistem *Multi-item Single Supplier* dengan bantuan program *Solver*, maka dapat direncanakan interval waktu pemesanan gabungan dan jumlah pemesanan yang ekonomis untuk masing-masing jenis barang pada tiap *supplier* untuk periode selanjutnya. *Total inventory cost* untuk jumlah barang yang dipesan selama perencanaan persediaan periode 1 Oktober 2008-30 September 2009 adalah sebesar Rp14.246.969.

Tabel 1. Perhitungan T, Q dan TC Multi-item Single Supplier

No	Nama Barang	Supplier	Jumlah Ri	Io	Ri-Io	P	c	C	k	Q	mi
1	TONER IR 5000	M	7177	276	6901	69000	33.684	4200	200	237	1
2	TONER SELEX BLACK	M	80	0	80	155000	33.684	4200	50	50	8
3	TONER EOP ABU-ABU	M	6052	1132	4920	74000	33.684	4200	200	200	1
4	TONER EOP MERAH	M	2462	884	1578	92000	33.684	4200	200	200	3
5	TONER BLACK PANTHER	A	17507	2826	14681	67000	33.684	750	500	500	1
6	TONER EXCEL	A	550	58	492	56000	33.684	750	100	100	6
7	TONER SGN	SGN	3969	124	3845	66000	33.684	4200	100	202	1
8	TONER HQ BLACK AF	SGN	134	0	134	63000	33.684	4200	50	50	6
9	TONER OPC SUPER GL	SGN	1235	139	1096	46500	33.684	4200	100	100	2

No	Nama Barang	ci/mi	Pi Ri mi	T	(Pi F Ri mi T) / 2	TC
1	TONER IR 5000	33.684,21	476.169.000	0,034232	1067763,95	7.353.267
2	TONER SELEX BLACK	4.210,53	99.200.000		423780,95	
3	TONER EOP ABU-ABU	33.684,21	364.080.000		1572710,35	
4	TONER EOP MERAH	11.228,07	435.528.000		1747326,33	
		82.807,02	1.374.977.000		4811581,58	
5	TONER BLACK PANTHER	33.684,21	983.627.000	0,0254066	3557408,69	5.469.519
6	TONER EXCEL	5.614,04	165.312.000		335816,78	
		39.298,25	1.148.939.000		3893225,47	
7	TONER SGN	33.684,21	253.770.000	0,0524393	803598,05	2.439.689
8	TONER HQ BLACK AF	5.614,04	50.652.000		172246,45	
9	TONER OPC SUPER GL	16.842,11	101.928.000		313174,12	
		56140,35	406.350.000		1289018,62	Rp 15.262.475

Tabel 2. Perhitungan Q_{adjust} untuk supplier M

Nama Barang	Ri-Io	mi	T	Min. Order	Q_{adjust}
TONER IR 5000	6292	1	0,0476	200	200
TONER SELEX BLACK	520	2		50	50
TONER EOP ABU-ABU	6344	1		200	200
TONER EOP MERAH	2392	1		200	200

Untuk kasus *overstock* dapat diminimasi dari perhitungan jumlah pemesanan ekonomis di atas. Sedangkan untuk kasus *stockout* pada titik waktu tertentu akan diminimasi dengan adanya *service level* yang diharapkan oleh perusahaan. Perusahaan menetapkan *service level* sebesar 95% sebagai tolak ukur kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan dari persediaan yang telah tersedia. Biaya kekurangan yang ditanggung oleh perusahaan untuk pengadaan *safety stock* adalah sebesar 80% dari biaya kekurangan kasus *backorder*, dan 20% dari biaya kekurangan kasus *lost sales*. Besarnya bobot diberikan oleh perusahaan berdasarkan data penjualan masa lalu.

Dengan menggunakan formulasi (10) dan (11) untuk menghitung tingkat pelayanan per unit untuk kasus *backorder*, formulasi (14) untuk menghitung biaya kekurangan yang dikenakan untuk pengadaan *safety stock* pada kasus *backorder*, dan formulasi (12) dan (16) untuk kasus *lost sales*, maka akan didapatkan biaya kekurangan total untuk satu jenis toner. Selanjutnya akan dapat diketahui *total cost* untuk pengadaan *safety stock* di gudang dengan menggunakan formulasi (13). Dari hasil perhitungan, didapatkan *total cost* untuk *safety stock* periode 1 Oktober 2008-30 September 2009 sebesar Rp3.269.183. Ringkasan proses perhitungan *total cost* untuk *safety stock* periode Oktober 2008-September 2009 dapat dilihat pada tabel 3.

Perencanaan *total cost* untuk periode 1 Oktober 2008-30 September 2009 adalah jumlah dari *total inventory cost* dari proses pengadaan barang dan penyimpanan periode 1 Oktober 2008-30 September 2009 serta *total cost* untuk *safety stock* periode 1 Oktober 2008-30 September 2009, yaitu sebesar Rp17.516.152.

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan metode FOQ *Multi-item Single Supplier* diharapkan akan dapat diketahui interval waktu pemesanan bersama serta jumlah pemesanan yang ekonomis untuk tiap jenis persediaan dengan mempertimbangkan *constraint* yang ada, yaitu *minimum order*. Jumlah pemesanan berdasarkan sistem *Multi-item Single Supplier* memberikan nilai lebih ekonomis karena pemesanan dilakukan secara bersama-sama untuk frekuensi pemesanan tiap jenis barang dalam satu *supplier* yang sama pada interval waktu tertentu. Interval waktu pemesanan bersama akan meminimasi *total inventory cost* dari segi biaya pesan.

Indikator jumlah pemesanan ekonomis *adjustable* yang didapat dari formulasi sistem FOQ *Multi-item Single Supplier* bersifat konstan untuk setiap melakukan pemesanan. Jika permintaan pada suatu waktu lebih besar dari persediaan yang ada di gudang, maka

Tabel 3. Perhitungan biaya *safety stock* periode Oktober 2008-September 2009

P (Rp)	Q	A (B)	A (LL)	A	P(M>B)	z	stdev L	L (bulan)	StDev M	rata2 Ri	Rata2 M	B	A
69000	200	1587	6544	2578.4	0.13042	1.15	149	0.28	78.84	374	105	254	1734
155000	50	3260	6520	3912	0.416648	0.25	5	0.28	2.65	44	13	18	6520
74000	200	1376	5332	2167.2	0.163639	1	119	0.28	62.97	381	107	226	2004
92000	200	2465	5587	3089.4	0.320073	0.5	63	0.28	33.34	170	48	111	3956
67000	500	1367	3756	1844.8	0.241716	0.75	543	0.04	108.60	685	28	571	1784
56000	100	3366	6731	4039	0.416565	0.25	42	0.04	8.40	31	2	44	6731
66000	100	3368	26866	8067.6	0.044117	1.75	171	0.28	90.48	169	48	219	1424
63000	50	3313	6625	3975.4	0.416616	0.25	7	0.28	3.70	18	6	13	6625
46500	100	969	2101	1195.4	0.340875	0.45	29	0.28	15.35	104	30	59	1630

No	Nama Barang	SS	Rata2 M	B	E(z)	E(M>B)	TC (Rp)
1	TONER IR 5000	91	105	196	0	4.8962	Rp 694,235
2	TONER SELEX BLACK	1	13	14	0	0.7575	Rp 33,902
3	TONER EOP ABU-ABU	63	107	170	0	5.2453	Rp 517,942
4	TONER EOP MERAH	17	48	65	0	6.5940	Rp 181,105
5	TONER BLACK PANTHER	82	28	110	0	14.2483	Rp 608,167
6	TONER EXCEL	3	2	5	0	2.4049	Rp 24,497
7	TONER SGN	159	48	207	0	1.4659	Rp 1,154,871
8	TONER HQ BLACK AF	1	6	7	0	1.0605	Rp 13,780
9	TONER OPC SUPER GL	7	30	37	0	3.2793	Rp 40,683
							Rp 3,269,183

perusahaan diijinkan untuk melakukan pemesanan barang ke *supplier* sebelum interval waktu yang ditentukan. Pemesanan yang dilakukan sejumlah Q . Jika pada suatu waktu tertentu posisi persediaan di gudang sudah menyentuh batas *reorder point* dimana batas interval waktu pemesanan gabungan belum dicapai, maka perusahaan diijinkan untuk melakukan pemesanan barang ke *supplier* sebelum interval waktu yang ditentukan. Pemesanan yang dilakukan sejumlah Q , dan dengan tetap memesan barang sejumlah Q pada interval waktu berikutnya.

5. Daftar Rujukan

- [1] Silver, E.A, Pyke D.F. & Peterson R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, 3rd ed., Wiley, NY.
- [2] Tersine, R.J. (1994). *Principle of Inventory and Material Management*, 4th ed., Prentice-Hall, NJ.