

Proceedings

ISBN 978-979-17756-0-1

Joint Seminar

Japan-Indonesia Seminar on Technology Transfer &

National Seminar on Industrial Systems Planning 2008

Technology Transfer and Industrial Competitiveness

Institut Teknologi Bandung
March 27-28, 2008



Kelompok Keahlian
Sistem Industri dan Tekno Ekonomi
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Bandung



Graduate School of Engineering
Graduate School for International Development and
Cooperation Collaborative Research Center
Hiroshima University





SAMBUTAN KETUA KELOMPOK KEAHLIAN SISTEM INDUSTRI DAN TEKNO-EKONOMI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI - INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Pertama-tama atas nama seluruh panitia *Joint Seminar Japan-Indonesia Seminar on Technology Transfer & National Seminar on Industrial System Planning 2008* (JITT & SNPSI 2008) kami mengucapkan selamat datang kepada seluruh peserta JITT & SNPSI 2008. Berbeda dengan penyelenggaraan sebelumnya, pada tahun ini kami sangat berbahagia bahwa JITT & SNPSI 2008 diselenggarakan secara bersama oleh KK Sistem Industri dan Tekno Ekonomi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung dengan *Graduate School of Engineering, Graduate School for International Development and Cooperation* dan *Collaborative Research Center*, Hiroshima University – Japan. Penyelenggaraan JITT & SNPSI 2008 ini adalah salah satu bentuk tindak lanjut dari *Memorandum of Understanding* antara Institut Teknologi Bandung dan Hiroshima University yang ditandatangani pada tahun 2006.

Motivasi dari penyelenggaraan JITT & SNPSI 2008 ini adalah penguasaan dan penerapan teknologi merupakan salah satu faktor utama pencapaian daya saing sektor industri. Mengingat Sektor Industri merupakan salah satu penggerak utama dalam pertumbuhan ekonomi. Fakta menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan yang kuat antara pertumbuhan ekonomi masyarakat dan pertumbuhan sistem industri-nya. Oleh sebab itu sistem industri perlu didorong dan dikembangkan agar mampu untuk menjadi penggerak perekonomian yang handal dalam menciptakan pertumbuhan ekonomi. Menghadapi kompleksitas masalah perencanaan dan pengelolaan sistem industri yang dipicu oleh perubahan mendasar dalam tatanan politik, ekonomi dan sosial budaya di tengah proses globalisasi dan menguatnya tuntutan lokal di Indonesia seperti otonomi daerah, terdapat suatu kebutuhan akan suatu pendekatan yang lebih pro-aktif dan komprehensif serta inovatif untuk membangun kemampuan dan memperkuat sistem industri sehingga mampu bersaing secara global.

Dalam konteks seperti ini JITT & SNPSI 2008 diharapkan dapat menjadi salah satu media interaksi antara praktisi, akademisi dan *stakeholder* sistem industri. Dari para praktisi, baik dari sektor swasta maupun pemerintah, diharapkan dapat dipaparkan pengalaman praktis, dan dari para akademisi diharapkan dapat dipaparkan ide-ide kreatif dan inovatif dalam menangani masalah pembangunan, perencanaan dan pengelolaan sistem industri. Sedangkan para *stakeholder* diharapkan dapat memberikan masukan kebijakan dan dukungan sehingga tercipta suatu lingkungan yang kondusif bagi tumbuh dan berkembangnya sistem industri yang produktif dan inovatif di Indonesia.

Akhir kata, kami ucapkan terima kasih atas bantuan dari seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelenggaraan JITT & SNPSI 2008 dan mohon maaf atas segala kekurangan dan ketidaknyamanan yang terjadi. Semoga JITT & SNPSI 2008 dapat memberikan kontribusi dalam khasanah Perencanaan Sistem Industri Nasional.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Bandung, 27 Maret 2008

Prof. Dr. Senator Nur Bahagia
Ketua KK Sistem Industri & Tekno Ekonomi
Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Bandung



KATA PENGANTAR KETUA PANITIA

Joint Seminar Japan-Indonesia Seminar on Technology Transfer & National Seminar on Industrial System Planning 2008 (JITT & SNPSI 2008) diselenggarakan atas kerjasama KK Sistem Industri dan Tekno Ekonomi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung dengan *Graduate School of Engineering, Graduate School for International Development and Cooperation dan Collaborative Research Center, Hiroshima University - Japan*. Dalam penyelenggaraan kali ini JITT & SNPSI 2008 mengambil tema “*Technology Transfer & Industrial Competitiveness*”.

Tujuan dan sasaran yang hendak dicapai dalam JITT & SNPSI 2008 ini adalah menggali dan mempertemukan pemikiran-pemikiran kreatif dari akademisi, praktisi, dan *stakeholder* sistem industri yang diperlukan untuk pengembangan pendekatan inovatif dalam perencanaan dan optimasi sistem industri. Pendekatan ini diharapkan mampu mengantisipasi dinamika kompetisi dan dilandaskan pada pendekatan sistemik untuk membangun keunggulan kompetitif sistem industri nasional yang berkelanjutan.

Proceedings JITT & SNPSI 2008 berisi makalah-makalah penelitian dengan topik-topik umum sebagai berikut:

1. Pemodelan dan Perancangan Kebijakan Sistem Industri
2. Supply Chain Management
3. Manajemen Teknologi dan Pengetahuan
4. Sistem Produksi
5. Manajemen Organisasi
6. Topik-topik lainnya

Panitia JITT & SNPSI 2008 mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan serta partisipasi dalam terselenggaranya *joint seminar* ini dan mohon maaf atas segala kekurangan yang terjadi. Semoga *Proceedings* seminar ini bermanfaat bagi pengembangan keilmuan dan penerapan dalam kehidupan nyata terhadap berbagai masalah yang berkaitan dengan transfer teknologi dan perencanaan sistem industri.

Bandung, 27 Maret 2008

Ketua Panitia Joint Seminar
Japan-Indonesia Seminar on Technology Transfer
and National Seminar on Industrial System Planning 2008



SUSUNAN PANITIA

Panitia Pengarah

1. Dr. Dwiwahju Sasongko
2. Prof. Dr. Ir. Senator Nur Bahagia
3. Prof. Dr. Ir. Abdul Hakim Halim
4. Prof. Dr. Ir. Bermawi P. Iskandar
5. Dr. Ir. Alibasyah Siregar
6. Ir. Sundari, M.Si.

Panitia Pelaksana

Ketua	Dr. Andi Cakravastia, ST, MT
Wakil Ketua	Dr. Suprayogi, ST, MT
	Dr. Rajesri Govindaraju, ST, MT
Anggota	Dr. Ir. Lucia Diawati
	Dr. Ir. Tota Simatupang
	Ir. Aso Kusuma, M.Eng.
	Dr. Ir. Muhammad Sutarno, SHI, M.Sc., M.Ag.
	Dr. Ir. Iwan Inrawan Wiratmadja
	Dr. Ir. Anas Ma'ruf
	Ir. Amelia Santoso, MT
	Wahyudi, ST, MT
	Tatang Sumantri, ST
	Aprinavan Nurcahyo, ST
	Dedih Hermana, SE
	Mashuri, ST

DAFTAR ISI



Kelompok A: Sistem Industri

A-1	Analisis Keterserapan Tenaga Kerja Pada Industri Kecil Dan Rumah Tangga (IKRT) di Wilayah Kabupaten Sleman Dengan Pendekatan Sistem Dinamik Agus Mansur, Farida Wulandari	1
A-2	Perencanaan Sistem Industri Kelapa Sawit Dengan Pendekatan Sistem Manajemen Terintegrasi Wawan Kurniawan	13
A-3	Model Peningkatan Daya Saing Industri Garam dengan Pendekatan Sistem Dinamis Ericha Fatma Yuniati, Dradjad Irianto	24
A-4	Pengembangan Model Logit Peningkatan Nilai Tambah Industri Pengolahan Kulit R. Bagus Seno Wulung, Lucia Diawati	34
A-5	Kajian Pengaruh Kenaikan Harga Energi Pada Pertumbuhan dan Efisiensi Industri Manufaktur di Indonesia Dengan Pendekatan Sistem Dinamis T. M. A. Ari Samadhi, Frelly R. M. Kaunang	44
A-6	Pendekatan Non Parametrik Dan Artificial Neural Network Untuk Sistem Peringatan Dini Krisis Komoditas Crude Palm Oil (Cpo) Ulil Hamida, Suprayogi	59
A-7	Analisis Rantai Nilai Industri Perikanan Laut (Studi Kasus: Klaster Industri Perikanan Tuna Kota Padang) Zelfiarti, Ali Basyah Siregar	71
A-8	Pengembangan Model Kebijakan Produktivitas dan Efisiensi Pada Industri Komponen Otomotif Dengan Pendekatan Model Dinamika Sistem Mursiti, Andi Cakravastia	82
A-9	Analisis Nilai Tambah Agroindustri Kelapa Studi Kasus: Agroindustri Kelapa di Kabupaten Ciamis Herry Rinaldi, Ali Basyah Siregar	97
A-10	Model Keterkaitan Nilai Tambah dan Kandungan Teknologi pada IKM Mebel di Propinsi DI.Yogyakarta Siti Rohmatul Umah, Iwan Inrawan Wiratmadja	107
A-11	Pengembangan Model Prediksi Daya Saing Ekspor Indonesia Dengan Menggunakan Indeks RCA (Revealed Comparative Advantage) Studi Kasus: Industri Pakaian Jadi (ISIC 181) dan Industri Kertas (ISIC 210) Triana Fatmawati, Lucia Diawati	117
A-12	Analisis Kontribusi Teknologi Pada Industri Komponen Elektronika Tri Sutanti, Ali Basyah Siregar	131
A-13	Usulan Kebijakan Peningkatan Efisiensi Industri Baja Studi Kasus: Produksi Crude Steel Indonesia & China Erwin Reynold Silalahi, Senator Nur Bahagia	144
A-14	Kebijakan Pengembangan Industri Tepung Tapioka Dengan Mempertimbangkan Aspek Ekonomi dan Lingkungan Studi Kasus : Industri Tepung Tapioka di Propinsi Lampung Dyah Wahyu P, Bermawi P. Iskandar	157
A-15	Pengembangan Model Analisis Kebijakan Industri Pengolahan Buah Menggunakan Metodologi Dinamika Sistem Riris Marito, Andi Cakravastia	169
A-16	Model Regresi Logit Biner untuk Sistem Peringatan Dini Krisis Ekonomi Suprayogi, Senator Nur Bahagia, Ali Basyah Siregar, Andi Cakravastia, Titah Yudhistira	181

Kelompok B: Manajemen Pengetahuan dan Teknologi

B-1	Evaluasi Efektivitas Implementasi Manajemen Pengetahuan Pada Sebuah Organisasi Penelitian & Pengembangan Badan Usaha Milik Negara Budhi Prihartono	193
B-2	Hubungan Antara Knowledge Sharing Capability Dan Absorptive Capacity (Kasus Industri Teknologi Informasi dan Komunikasi di Indonesia) Luciana Andrawina, Rajesri Govindaraju, TMA Ari Samadhi, Iman Sudirman	208
B-3	Information Sharing Dalam Offshore IT Outsourcing (Analisis Studi Kasus di Indonesia) Rajesri Govindaraju, Diah Priharsari	219
B-4	Model Keterkaitan Antara Kapabilitas Teknologi Dengan Penerapan Standardisasi Pada Sektor Industri Manufaktur (Studi Kasus IKM Komponen Otomotif) Ni Made Parmiasih, Iwan Inrawan Wiratmadja	231

Kelompok C: Sistem Rantai Suplai

C-1	Pengembangan Rancang Bangun Perangkat Lunak Untuk Penyelesaian Permasalahan Pemuatan Truk Dengan Multi Sumber Dan Multi Tujuan Ahmad Rusdiansyah, Titik Purnamawati, Nizar Firmansyah	240
C-2	Integrasi Perancangan Produksi-Distribusi-Transportasi dengan Pengiriman Langsung Amelia Santoso , Senator Nur Bahagia, Suprayogi, Dwiwahju Sasongko	252
C-3	Model Integrasi Sistem Logistik Gula Kristal Putih Leni Herdiani, Alibasyah Siregar	266
C-4	Analisis Sistem Supply Chain Dengan Pendekatan Thinking Process of Theory of Constraints pada PT. X Rosnani Ginting, Oktofriady Saragih	278
C-5	Dampak Penerapan Manajemen Rantai Pasokan Terhadap Kinerja Pelaku Industri Teh Tomy Perdana, E. Gumbira-Sa'id, Syamsul Ma'arif, Muhammad Tasrif	291
C-6	Analisis Kebijakan Pengembangan Sistem Rantai Pasokan Industri Perberasan Dengan Pendekatan Sistem Dinamik Tomy Perdana, Teten W. Avianto	302
C-7	Perancangan Model Pengukuran Kinerja Supply Chain Untuk Meminimasi Keterlambatan Pemenuhan Pesanan di RBDH Wahyudi Sutopo, Yuniaristanto, Devi Fatmawati	314
C-8	Pengembangan Model dan Metode Heuristik untuk Penyelesaian Dynamic Integrated Inventory And Distribution Problem Pada Jaringan Pengecer Yaniar Isnarti, Ahmad Rusdiansyah	324
C-9	Integrasi Pemilihan Supplier dan Ukuran Pembelian Untuk Multi Periode Dengan Menggunakan Multi-Objective Programming Dina Natalia Prayogo	338
C-10	Pengembangan Model Distribusi Barang Bantuan Penanggulangan Bencana Alam Rienna Oktarina, Lucia Diawati	351
C-11	Analisis Penerapan Time Window Dalam Penentuan Rute Kendaraan Pengangkutan Sampah Suprayogi, Lisye Fitria	364

Kelompok D: Sistem Produksi

D-1	Aplikasi Cellular Manufacturing System (CMS) Pada Industri Timbangan Sentisimal Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Memperbaiki Aliran Material Handling Buyung Eko Frediyanto, Azizah Aisyati, Susy Susmartini	376
-----	---	-----

D-2	Rekayasa Kualitas Dalam Penentuan Parameter Permesinan Yang Optimal Pada Proses Permesinan Ulir Pengangkat Kneerest Daniel Setiawan, Singgih Saptadi	387
D-3	Rancangan Sistem Pakar untuk Perawatan dan Perbaikan Mesin Produksi Studi Kasus : PT. Indofood Sukses Makmur, Tbk Cabang Medan Nazaruddin, Suharmiko	399
D-4	Perencanaan dan Pengendalian Bahan Baku untuk Meminimasi Total Biaya Persediaan di PT. Djitoe Indonesian Tobacco Coy (ITC) Yuniaristanto, Wahyudi Sutopo, Anita Asmorowati	411
D-5	Model Kemitraan Kooperasi Antara Pemasok Dan Pemanufaktur Dalam Penentuan Ukuran Lot Gabungan Docki Saraswati, Andi Cakravastia, Bermawi P. Iskandar, A. Hakim Halim	422
D-6	Implementasi Lean Sigma di Instalasi Farmasi Rumah Sakit PHC Surabaya Anantasari, Joniarto Parung, Nur Fadly Sudirman	433
D-7	Analisis Sistem Persediaan Metode Q dan P Untuk Cairan Infus Ringer Laktat (Studi Kasus: Di Instalasi Farmasi Rumah Sakit Islam Samarinda) Juli Nurdiana, Laode Ahmad Safar, Maryam Jamilah	445
D-8	Aturan Keuangan Syariah Terhadap Model Persediaan Continuous Review Dengan Pembayaran Tertunda Dede Kurnia Setyawan, Syafaruddin Alwi, Chairul Saleh	461
D-9	Model Insentif Untuk Mendukung Program Peningkatan Produktivitas Eka Permana	469
D-10	Perancangan Alat Bantu Perakitan Komponen Pada Pengelasan Untuk Mengurangi Waktu, Permasalahan Operator dan Biaya Produksi Dengan Pendekatan Ergonomi Serta Studi Gerakan dan Waktu (Studi Kasus Pada PT. HIBA, Surabaya, Jawa Timur) Puspo Utomo, Linda Herawati Gunawan, Joehan Wijaya	482

Kelompok E: Strategi dan Organisasi

E-1	Analisis Kinerja Pelaksanaan Corporate Social Responsibility (CSR) Menggunakan Metode MHCI di PT Apac Inti Corpora, Semarang Arfan Bakhtiar; Hery Suliantoro	496
E-2	Hubungan Antara Pernyataan Misi, Kepemimpinan Transformasional dan Kesuksesan Implementasi Prinsip-Prinsip Good Corporate Governance Aries Susanty, ST, MT, Dr.Ir.Ubuh Buchara Hidajat	505
E-3	Usulan Strategi Perusahaan untuk Automatic Meter Reading Wilis Pada PT. Elektrindo Nusantara Rina Fitriana, Aditya Maheswara	517
E-4	Penentuan Prioritas Indikator Kinerja Kunci Berdasarkan Sistem Manajemen Strategi Pada Usaha Mikro Dan Kecil Rakhma Oktavina, M. Syamsul Ma'arif, Eriyatno	528

C-2

**INTEGRASI PERENCANAAN PRODUKSI-DISTRIBUSI-TRANSPORTASI
DENGAN PENGIRIMAN LANGSUNG**



Amelia Santoso^{a,c},
Senator Nur Bahagia^a,
Suprayogi^a,
Dwiwahju Sasongko^b

^a Department of Industrial Engineering, Institut Teknologi Bandung

^b Department of Chemical Engineering, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung - Indonesia

^c Department of Industrial Engineering, University of Surabaya – Indonesia
Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya - Indonesia

amelia@ubaya.ac.id; senator@mail.ti.itb.ac.id;
yogi@mail.ti.itb.ac.id; sasongko@che.itb.ac.id

INTEGRASI PERENCANAAN PRODUKSI-DISTRIBUSI- TRANSPORTASI DENGAN PENGIRIMAN LANGSUNG

INTEGRATED PRODUCTION-DISTRIBUTION-TRANSPORTATION PLANNING CONSIDERING DIRECT SHIPPING

Amelia Santoso^{a,c}, Senator Nur Bahagia^a, Suprayogi^a, and Dwiwahju Sasongko^b

^a Department of Industrial Engineering, Institut Teknologi Bandung

^b Department of Chemical Engineering, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung - Indonesia

^c Department of Industrial Engineering, University of Surabaya – Indonesia

Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya - Indonesia

amelia@ubaya.ac.id; senator@mail.ti.itb.ac.id;

yogi@mail.ti.itb.ac.id; sasongko@che.itb.ac.id

Abstract

The product availability can be guaranteed with managing the material or product flow, started from supplier, manufacturer, distributor, until retailer. Coordination among manufacturer, distributors and retailers is needed for distributing their product included transporting the product from an echelon to its successive echelons. Their transportation policy will affect their production and replenishment policies so the inventory policy (production and replenishment policies) and transportation policy have to be integrated. This paper developed the integrated inventory and transportation policies for 4-echelon supply chain systems that consist of a manufacturer using a continuous production process, a distribution center, distributors and retailers. In addition, this model also consider customer's demand at all retailer depend on time and are not identical. Products are transferred directly from one echelon to its successive echelons. The purpose of this paper is to determine production policy at the manufacturer, replenishment policies at the distribution center, distributors and retailers, and transportation policies at the manufacturer, distribution center and distributors in order to minimize annually total system cost. The annually total system cost consists of the annually total costs at the manufacturer, distribution centers, distributors and retailers. In developing this model, three approaches are used, i.e.: coordinated policy, echelon inventory concept, and single cycle time policy. Due to the model is classified as a mixed integer non-linear programming, the solution can be found out using branch and bound method.

Keyword: *integration, inventory policy and transportation policy*

1. PENDAHULUAN

Dalam konsep *supply chain management* (SCM), ketersediaan produk saat konsumen memerlukannya dapat dijamin dengan mengatur aliran material atau produk mulai dari *supplier*, pabrik, distributor sampai pengecer (Chopra dan Meindl, 2004). Lokasi setiap eselon (pabrik, distributor dan pengecer) yang berbeda mengakibatkan perlu koordinasi aliran produk antar eselon termasuk pemindahan produk dari satu eselon ke eselon di bawahnya. Pengaturan pemindahan produk atau yang dikenal dengan kebijakan transportasi ini akan mempengaruhi aliran produk (kebijakan produksi dan pemesanan) di pabrik dan distributor. Hal ini menunjukkan bahwa dalam SCM, penetapan kebijakan persediaan (produksi dan pemesanan) dan transportasi perlu dilakukan secara terintegrasi.

Sebagian besar penelitian kebijakan persediaan di sistem rantai pasok multi eselon, seperti yang dikembangkan oleh Santoso et al. (2007a, 2007b), Routroy dan Kodali (2005), Weng (2004), Abdul-Jalbar et al. (2003), Nur Bahagia dan Toruan, (2001), serta Nur Bahagia (1999) belum terintegrasi dengan kebijakan transportasi. Gaur dan Fisher (2004), Nur Bahagia dan Sofitra (2001), Chan dan Simchi-Levi (1998), Chan et al. (1998) serta Viswanathan dan Mathur (1997) telah mengembangkan model kebijakan persediaan yang terintegrasi dengan kebijakan transportasi. Dalam penelitian-penelitian tersebut, pengembangan model kebijakan persediaan dan kebijakan transportasi masih ditetapkan secara berurutan (*sequential*), tidak secara simultan. Paper ini mengembangkan model integrasi kebijakan persediaan dengan kebijakan transportasi secara simultan yang ditandai dengan penetapan kebijakan persediaan akan mempengaruhi penetapan kebijakan transportasi dan sebaliknya.

Model ini akan dikembangkan untuk sistem rantai pasok 4-eselon yang terdiri atas pabrik yang menggunakan proses produksi kontinu, gudang penyangga, distribusi dan pengecer. Model ini mempertimbangkan sistem pengiriman secara langsung (*direct shipping*) untuk memindahkan produk (transportasi) dari satu eselon ke eselon berikutnya. Selain itu, seperti Santoso et al (2007a, 2007b), model ini mempertimbangkan proses produksi di pabrik bersifat kontinu dengan permintaan konsumen yang terjadi hanya di pengecer bergantung pada waktu. Perbedaan utama model ini dengan model Santoso et al (2007a, 2007b) adalah pengintegrasian kebijakan persediaan dengan kebijakan transportasi di sistem rantai pasok 4-eselon.

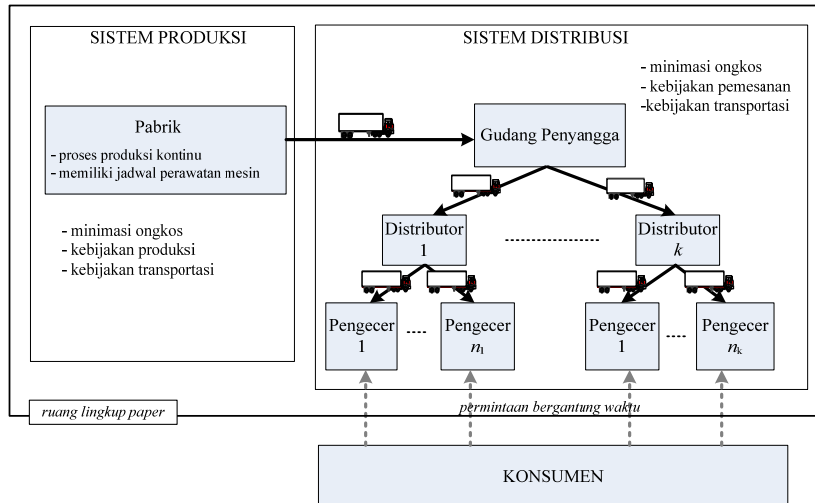
Dengan tetap memperhatikan penetapan kebijakan persediaan dan kebijakan transportasi saling mempengaruhi, model di paper ini bertujuan untuk menetapkan kebijakan produksi di pabrik, kebijakan pemesanan (*replenishment*) di gudang penyangga, semua distributor dan pengecer serta kebijakan transportasi untuk memindahkan produk dari pabrik ke gudang penyangga, dari gudang penyangga ke distributor dan dari distributor ke pengecernya agar ongkos total sistem selama satu horison perencanaan minimum. Ongkos total sistem terdiri atas ongkos set-up/pesan, ongkos simpan, ongkos *outsource* dan ongkos transportasi di semua eselon.

2. METODOLOGI

Model integrasi kebijakan persediaan dan kebijakan transportasi ini dikembangkan untuk sistem rantai pasok 4-eselon yang terdiri dari sebuah pabrik, satu gudang penyangga, sejumlah distributor dan pengecer seperti yang ada pada Gambar 1. Kebijakan persediaan meliputi kebijakan produksi di pabrik yang menggunakan proses produksi kontinu dan kebijakan pemesanan di gudang penyangga, semua distributor dan pengecer. Permintaan konsumen yang bergantung pada waktu tetapi deterministik hanya terjadi di pengecer saja. Setiap distributor memasok sejumlah pengecer tertentu yang lokasinya berbeda. Agar dapat meminimumkan ongkos total sistem, diperlukan koordinasi dalam penetapan kebijakan persediaan dan transportasi antara pabrik, gudang penyangga, distributor dan pengecer.

Dalam paper ini, model integrasi kebijakan persediaan dan transportasi ini dikembangkan berdasarkan model integrasi produksi dan distribusi yang dikembangkan oleh Santoso et al. (2007b) serta model kebijakan transportasi dengan pengiriman secara langsung yang dikembangkan oleh Gallego dan Simchi-Levi (1990). Seperti Santoso et al (2007), pengembangan model yang dilakukan menggunakan pendekatan perencanaan terkoordinasi (*coordinated policy*), konsep *echelon inventory* dan kebijakan waktu siklus tunggal (*single cycle time policy*).

Pendekatan perencanaan terkoordinasi menyebabkan pabrik, gudang penyangga, distributor dan pengecer berkoordinasi dalam penetapan kebijakan persediaan yang meliputi kebijakan produksi dan pemesanan serta kebijakan transportasi. Dengan menggunakan pendekatan ini, jumlah permintaan di distributor dapat dihitung dari total permintaan di semua pengecer yang dipasoknya. Hal ini berlaku juga di gudang penyangga dan pabrik. Kebijakan persediaan dan kebijakan transportasi yang diputuskan secara terkoordinasi ini harus dipatuhi oleh semua entitas dalam sistem rantai pasok tersebut.



Gambar 1. Metode Penelitian

Pada prinsipnya, Clark dan Scarf (1960) menyatakan bahwa dalam konsep *echelon inventory*, total persediaan di sebuah entitas dalam satu eselon merupakan jumlah persediaan yang dimiliki di entitas tersebut dan semua persediaan yang ada di semua eselon yang mengikutinya (*downstream echelons*). Konsep ini menyebabkan cara perhitungan ongkos simpan yang berbeda dari umumnya yang menggunakan rata-rata persediaan di setiap eselon.

Penggunaan konsep waktu siklus tunggal (Nur Bahagia, 1999 dan Abdul-Jalbar et al., 2006) berarti semua entitas akan mulai produksi atau pesan produk di saat yang sama. Hal ini menyebabkan panjang horison perencanaan (T) merupakan kelipatan bilangan bulat dari siklus pemesanan gudang penyangga (T_g) sehingga $T = N_g T_g$ dengan N_g adalah kelipatan bilangan bulat siklus persediaan gudang penyangga dalam satu horison perencanaan produksi. Dengan cara yang sama, siklus pemesanan gudang penyangga sama dengan kelipatan bilangan bulat dari panjang siklus pemesanan distributor k (T_{d_k}) dan panjang siklus pemesanan distributor k merupakan kelipatan bilangan bulat dari panjang siklus pemesanan pengecer j ; $j \in k$ ($T_{r_{kj}}$). Secara umum, kebijakan waktu siklus tunggal dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$T = N_g T_g = N_g N_{d_k} T_{d_k} = N_g N_{d_k} N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} \quad (1)$$

dengan

N_{d_k} kelipatan siklus pemesanan distributor k dalam satu siklus pemesanan gudang penyangga

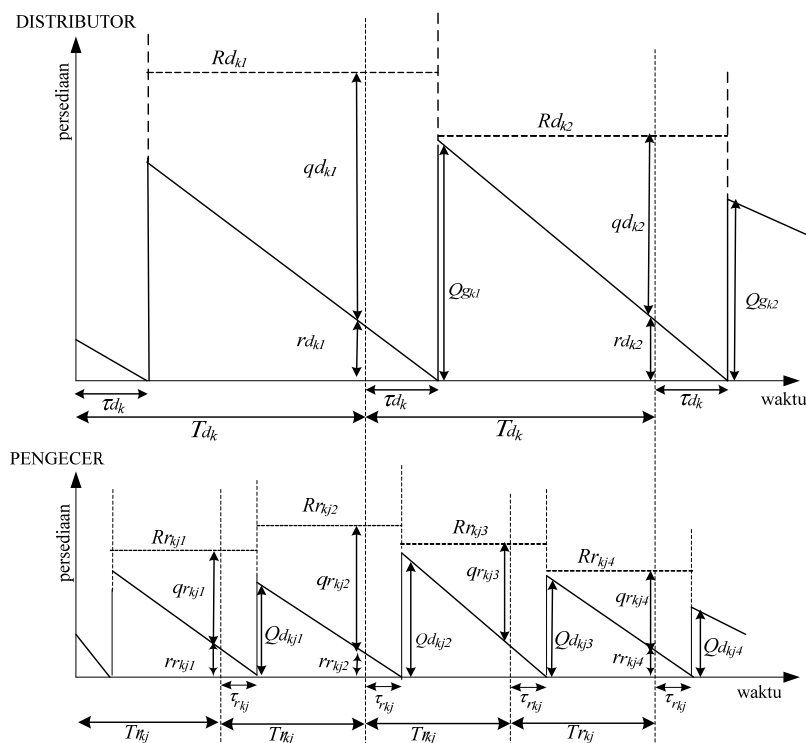
$N_{r_{kj}}$ kelipatan siklus pemesanan pengecer j dalam satu siklus pemesanan distributor k ; $j \in k$

3. PENGEMBANGAN MODEL

Model integrasi kebijakan persediaan dan kebijakan transportasi ini dikembangkan untuk menetapkan kebijakan produksi dan pemesanan serta kebijakan transportasi untuk meminimumkan ongkos total sistem selama satu horison perencanaan. Ongkos total sistem selama horison perencanaan (C) merupakan penjumlahan ongkos total selama horison perencanaan di pabrik (C_o), gudang penyangga (C_{gp}), distributor (C_d) dan pengecer (C_r). Penggunaan proses produksi kontinu di pabrik menyebabkan produksi dilakukan secara kontinu sampai tiba saat fasilitas produksi dirawat atau semua permintaan konsumen selama satu horison perencanaan dipenuhi. Hal ini berarti dalam satu horison perencanaan hanya ada satu siklus produksi (*production run*). Panjang horison perencanaan dapat ditentukan dari penjumlahan waktu yang tersedia untuk produksi sebelum saat dilakukan perawatan pencegahan (w_r) dan waktu yang diperlukan untuk merawat fasilitas produksi (w_p)

$$T = w_t + w_p \tag{2}$$

Dalam pengembangan model ini diasumsikan permintaan produk di semua pengecer bergantung pada waktu dan deterministik sehingga tidak diijinkan terjadi kekurangan. Semua permintaan di pabrik diasumsikan dapat dipenuhi dari produksi dan *outsource*. *Outsource* hanya dapat dilakukan jika waktu yang diperlukan untuk produksi semua permintaan selama horison perencanaan lebih besar dari interval perawatan pencegahan. Jika terjadi kelebihan kapasitas produksi diasumsikan hasil produksinya dipergunakan untuk memenuhi permintaan non subsidi atau ekspor. Selain itu juga diasumsikan tidak pernah terjadi kerusakan mesin mendadak dan bahan baku selalu tersedia. Dengan menggunakan pengiriman produk secara langsung (*direct shipping*) maka setiap kendaraan segera kembali ke eselon asal jika telah selesai mengirim sebuah eselon yang mengikutinya (*downstream echelon*). Produk yang ada di sebuah distributor tidak dapat dipindahkan ke distributor lain, demikian juga untuk produk yang ada di sebuah pengecer. Asumsi yang terakhir adalah ongkos produksi per unit, ongkos sekali pesan baik di gudang penyangga, distributor dan pengecer konstan



Gambar 2. Sistem Persediaan di Distributor k dan Pengecer j

Permintaan konsumen yang bergantung pada waktu (*time-dependent*) di pengecer menyebabkan tingkat persediaan maksimum berbeda di setiap siklus pemesanan baik di gudang penyangga, distributor maupun di pengecer. Seperti pada model yang dikembangkan oleh Santoso et al (2007a, 2007b), dalam model di paper ini, permintaan konsumen yang bergantung pada waktu akan didekati dengan menggunakan fungsi polinomial. Jumlah yang dipesan oleh sebuah eselon merupakan selisih dari tingkat persediaan maksimum yang dikehendaki dan posisi persediaan saat itu. Karena menerapkan konsep *echelon inventory* maka posisi persediaan di sebuah distributor adalah posisi persediaan di distributor itu sendiri (rd_{ki}) dan semua pengecer yang dipasoknya (rr_{kjs}). Implikasi penggunaan konsep kebijakan waktu siklus tunggal menyebabkan saat sebuah distributor melakukan pemesanan ke gudang penyangga maka di saat itu juga semua pengecer yang mengikutinya juga melakukan pemesanan kepadanya. Hal ini menyebabkan pada saat pemesanannya, posisi persediaan di distributor harus dapat memenuhi jumlah yang harus dikirim ke pengecer pada siklus tersebut (Gambar 2). Cara perhitungan posisi persediaan ini juga

berlaku di gudang penyangga dan pabrik. Semua persamaan yang dipergunakan untuk menghitung tingkat persediaan maksimum, jumlah yang dipesan dan posisi persediaan terdapat di Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat Persediaan Maksimum dan Jumlah yang Dipesan

Eselon	Tingkat persediaan maksimum	Jumlah yang dipesan/durasi produksi dan posisi persediaan
Pengecer j pada siklus pemesanan ke- s	$R_{r_{kjs}} = \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt$	$q_{r_{kjs}} = R_{r_{kjs}} - r_{r_{kjs}}; \quad r_{r_{kjs}} = \int_{sT_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt$
Distributor k pada siklus pemesanan ke- l	$R_{d_{kl}} = \sum_{j \in k} \int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt$	$q_{d_{kl}} = R_{d_{kl}} - \left(r_{d_{kl}} + \sum_{j \in k} r_{r_{kj}}(lN_{r_{kj}}) \right);$ $r_{d_{kl}} = \sum_{j \in k} Q_{d_{kj}(lN_{r_{kj}})} = \sum_{j \in k} \left(\int_{(lN_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right)$ <p>dan</p> $r_{r_{kj}}(lN_{r_{kj}}) = \int_{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt$
Gudang penyangga di siklus pemesanan ke- p	$R_{g_p} = \sum_k \sum_{j \in k} \int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt$	$q_{g_p} = R_{g_p} - \left(r_{g_p} + \sum_k r_{d_k}(pN_{d_k}) + \sum_k \sum_{j \in k} r_{r_{kj}}(pN_{d_k}N_{r_{kj}}) \right)$ $r_{g_p} = \sum_k Q_{g_k(pN_{d_k})}$ $= \sum_k \sum_{j \in k} \left(\int_{(pN_{d_k}-1)T_{d_k}}^{pN_{d_k}T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{pN_{d_k}N_{r_{kj}}-1}^{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right)$ $r_{d_k}(pN_{d_k}) = \sum_{j \in k} Q_{d_k(pN_{d_k}N_{r_{kj}})}$ $= \sum_{j \in k} \left(\int_{(pN_{d_k}N_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}}}^{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right)$ <p>dan</p> $r_{r_{kj}}(pN_{d_k}N_{r_{kj}}) = \int_{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}}}^{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt$
Pabrik	$R_o = \int_0^T z_o(t) dt - \int_0^{t_p} z_o(t) dt + r_{g_1} + r_{d_{k1}} + r_{r_{kj1}}$	$t_p = \min \left[\frac{1}{\psi} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \int_{(p-1)N_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}}}^{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt, w_t \right]$ $r_{g_1} = \sum_k \left(\int_0^{N_{d_k}T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{d_k}(t) dt - \sum_j \int_0^{N_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right)$ $r_{d_{k1}} = \sum_j \int_0^{N_{r_{kj}}T_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \quad \text{dan} \quad r_{r_{kj1}} = \int_0^{N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt$

Ongkos total di pengecer selama satu horison perencanaan terdiri atas ongkos pesan dan ongkos simpan selama satu horison perencanaan di semua pengecer j ; $j \in k$. Ongkos pesan dihitung dari frekuensi pesan selama satu horison perencanaan dan ongkos sekali pesan. Sedangkan ongkos simpan per horison perencanaan dihitung dari rata-rata persediaan per horison perencanaan dan ongkos simpan per unit per horison perencanaan. Rata-rata persediaan dipengaruhi oleh jumlah produk yang dikirim distributor k ke pengecer j pada siklus pemesanan ke- s ($Q_{d_{kjs}}$). Setiap siklus

pemesanan ke- s , distributor k hanya satu kali mengirim produk ke pengecer j dengan jumlah produk yang dikirim sebesar jumlah yang dipesan pengecer tersebut (qr_{kjs}).

$$Q_{d_{kjs}} = q_{r_{kjs}} \quad (3)$$

Dengan menggunakan persamaan jumlah yang dipesan, posisi persediaan (rr_{kjs}) dan tingkat persediaan maksimum ($R_{r_{kjs}}$) pada Tabel 1, secara keseluruhan ongkos total di pengecer per horison perencanaan dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$C_r = \sum_k \sum_{j \in k} \left\{ \frac{A_{r_{kj}} T}{T_{r_{kj}}} + \frac{H_{r_{kj}}}{2N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \sum_{s=1}^{N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right\} \quad (4)$$

dengan

- $z_{r_{kj}}$ fungsi permintaan di pengecer j ; $j \in k$ yang merupakan fungsi polinomial dari waktu
- $\tau_{r_{kj}}$ *leadtime* dari distributor k ke pengecer j ; $j \in k$ (tahun)
- $A_{r_{kj}}$ ongkos per sekali pesan untuk pengadaan produk di pengecer j yang dipasok oleh distributor k (rupiah)
- $H_{r_{kj}}$ ongkos simpan produk per unit per tahun pada pengecer j yang dipasok oleh distributor k (rupiah)

Sebuah distributor mengirim produk ke beberapa pengecer dengan menggunakan sistem pengiriman secara langsung (*direct shipping*). Kendaraan yang dipergunakan untuk mengirim produk ke sebuah pengecer akan segera kembali ke distributor. Semua kendaraan di distributor memiliki kapasitas yang sama (ϕ). Ongkos pengiriman yang disebut dengan ongkos transportasi ini merupakan salah satu komponen ongkos total distributor selain ongkos pesan dan ongkos simpan.

Ongkos pesan di distributor ditentukan oleh frekuensi pesan dalam satu horison perencanaan dan ongkos sekali pesan. Sedangkan ongkos simpan dihitung berdasarkan rata-rata persediaan selama horison perencanaan di distributor dan ongkos simpan per unit per horison perencanaan. Karena menerapkan konsep *echelon inventory*, total persediaan di distributor k adalah total persediaan di distributor tersebut dan total persediaan di semua pengecer j yang dipasoknya. Rata-rata persediaan di distributor k ditentukan oleh jumlah yang dikirim gudang penyangga pada siklus ke- l ($Q_{g_{kl}}$). Setiap siklus pemesanan ke- l , gudang penyangga hanya satu kali mengirim produk ke distributor k dengan jumlah produk yang dikirim sebesar jumlah yang dipesan distributor tersebut (qd_{kl}).

$$Q_{g_{kl}} = q_{d_{kl}} \quad (5)$$

Ongkos transportasi di distributor k dipengaruhi oleh jumlah kendaraan yang diperlukan untuk mengirim produk dari distributor k ke masing-masing pengecer j yang dipasoknya dan ongkos penggunaan sebuah kendaraan (*fixed cost*) serta ongkos perjalanan ke setiap pengecer (*variable cost*). Jumlah kendaraan yang diperlukan tergantung pada kapasitas setiap kendaraan yang tersedia dan jumlah produk yang dikirim. Jumlah kendaraan yang diperlukan distributor k untuk mengirim produk ke pengecer j pada siklus pemesanan ke- s dihitung berdasarkan model Gallego dan Simchi-Levi (1990). Pengiriman produk ke setiap pengecer j hanya dilakukan satu kali oleh distributor k di awal siklus pemesanan ke- s pengecer tersebut sehingga jumlah yang dikirimkan oleh distributor k pada setiap siklus pemesanan sama dengan jumlah pesan pengecer tersebut.

Berdasarkan rumus tingkat persediaan maksimum ($R_{d_{kl}}$), jumlah yang dipesan (qd_{kl}) dan posisi persediaan di distributor (rd_{kl}) dan di pengecer yang mengikutinya ($rr_{kj(lN_{r_{kj}})}$) pada siklus pemesanan ke- l seperti pada Tabel 1, ongkos total di distributor selama satu horison perencanaan diformulasikan sebagai berikut:

$$= \sum_k \left\{ \frac{A_{d_k} T}{T_{d_k}} + \frac{H_{d_k}}{2N_g N_{d_k}} \sum_{l=1}^{N_g N_{d_k}} \sum_{j \in k} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(lN_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt + \frac{1}{N_{r_{kj}}} \sum_{s=N_{r_{kj}}(l-1)+1}^{lN_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right\} + \sum_{j \in k} \sum_s \left(C^{kd} + C^k 2J_{kj} \right) \left[\frac{1}{\varphi} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right] \quad (6)$$

dengan

- $\tau_{d_{kj}}$ *leadtime* dari gudang penyangga ke distributor k (tahun)
- A_{d_k} ongkos per sekali pesan untuk pengadaan produk di distributor k (rupiah)
- H_{d_k} ongkos simpan produk per unit per tahun di distributor k (rupiah)
- C^{kd} ongkos tetap transportasi di distributor (rupiah/kendaraan)
- C^k ongkos variabel transportasi per km jarak tempuh (rupiah/km)
- φ kapasitas per kendaraan di distributor (ton)
- J_{kj} Jarak dari distributor k ke pengecer j (km)

Dalam model ini, hanya ada satu gudang penyangga memasok semua distributor dengan sistem transportasi langsung (*direct shipping*) di setiap siklus pemesanan distributor. Gudang penyangga hanya melakukan satu kali pengiriman pada satu siklus pemesanan distributor. Gudang penyangga melakukan pemesanan produk ke pabrik secara periodik. Ongkos total di gudang penyangga terdiri atas ongkos pesan, ongkos simpan dan ongkos transportasi. Ongkos pesan ditentukan oleh frekuensi pesan dalam satu horison perencanaan dan ongkos sekali pesan. Ongkos simpan ditentukan oleh rata-rata persediaan yang dihitung menggunakan konsep *echelon inventory* dan ongkos simpan per unit. Dengan mengacu pada model Gallego dan Simchi-Levi (1990), jumlah kendaraan dihitung untuk dipergunakan dalam perhitungan ongkos transportasi. Secara umum, ongkos total di gudang penyangga dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$C_{g_p} = \frac{A_g T}{T_g} + \frac{H_g}{2N_g} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \left(\int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(pN_{d_k}-1)T_{d_k}}^{pN_{d_k}T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt + \frac{1}{N_{d_k}} \sum_{l=(p-1)N_{d_k}+1}^{pN_{d_k}} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(lN_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt + \frac{1}{N_{d_k} N_{r_{kj}}} \sum_{s=(p-1)N_{d_k}N_{r_{kj}}+1}^{pN_{d_k}N_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right) + \sum_k \sum_{l=1}^{N_g N_{d_k}} \left[\frac{1}{\varphi_g} \sum_{j \in k} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(lN_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right] \left(C^g + C_d^g Jrk_{d_k}^g \right) \quad (7)$$

dengan

- τ_g *leadtime* dari gudang penyangga ke distributor k (tahun)
- A_g ongkos per sekali pesan untuk pengadaan produk di distributor k (rupiah)
- H_g ongkos simpan produk per unit per tahun di distributor k (rupiah)
- C^g ongkos tetap transportasi di distributor (rupiah/kendaraan)
- C_d^g ongkos variabel transportasi per km jarak tempuh di gudang penyangga (rupiah/km)
- φ_g kapasitas per kendaraan di gudang penyangga (ton)
- $Jrk_{d_k}^g$ Jarak dari gudang penyangga ke distributor k (km)

Proses produksi produk di pabrik dilakukan secara kontinu dan baru berhenti jika semua permintaan telah selesai diproduksi atau tiba saat fasilitas produksi dirawat. Hal ini menyebabkan hanya ada satu siklus produksi dalam satu horison perencanaan dan berarti hanya ada satu kali *set-up* dan satu kali perawatan pencegahan fasilitas produksi selama horison perencanaan. Panjang

horison perencanaan ditentukan oleh jumlahan waktu yang tersedia untuk produksi sebelum fasilitas dirawat dan waktu yang diperlukan untuk merawat fasilitas.

Jika produksi diberhentikan karena tiba saat perawatan fasilitas produksi sebelum semua permintaan terpenuhi, pabrik diijinkan untuk melakukan pembelian ke pabrik lain (*outsource*) sejumlah selisih hasil produksi dan permintaan. Di awal horison diasumsikan tersedia sejumlah persediaan yang menjamin permintaan di siklus pemesanan pertama gudang penyangga tersedia. Hal ini menyebabkan tingkat persediaan maksimum tidak saja ditentukan oleh selisih permintaan dan hasil produksi tetapi juga ditentukan oleh posisi persediaan pada siklus pertama di gudang penyangga, distributor dan pengecer (Tabel 1). Mengacu pada situasi ini, ongkos total di pabrik per horison perencanaan terdiri atas ongkos *set-up*, ongkos perawatan, ongkos *outsource*, ongkos simpan dan ongkos transportasi. Dengan pengiriman dari pabrik ke gudang penyangga yang dilakukan secara langsung (*direct shipping*) maka ongkos total di pabrik dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 C_o = & (A_o + A_p) + \frac{H_o}{2} \sum_k \sum_{j \in k} \left(\int_0^T z_{r_{kj}}(t) dt - \int_0^{t_p} z_{r_{kj}}(t) dt + \int_0^{N_{d_k} T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_0^{N_{d_k} N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt + \right. \\
 & \int_0^{N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt + \frac{1}{N_g} \sum_{p=1}^{N_g} \left(\int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(pN_{d_k}-1)T_{d_k}}^{pN_{d_k} T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + \frac{1}{N_g N_{d_k}} \sum_{l=1}^{N_g N_{d_k}} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \right. \\
 & \left. \int_{(N_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + \frac{1}{N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \sum_{s=1}^{N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \Big) + P_{os} \max \left(0, \sum_k \sum_{j \in k} \int_{w_i}^{BTS} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + \\
 & \sum_{p=1}^{N_g} \left[\frac{1}{\varphi_o} \sum_k \sum_{j \in k} \left(\int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(pN_{d_k}-1)T_{d_k}}^{pN_{d_k} T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{pN_{d_k} N_{r_{kj}} T_{r_{kj}}}^{pN_{d_k} N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right] \left(C^o + C_g^o Jrk_g^o \right)
 \end{aligned}$$

dengan $BTS = \frac{1}{\psi} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt$ (8)

- A_o ongkos per sekali *set-up* di pabrik (rupiah)
- A_p ongkos per sekali perawatan fasilitas produksi (rupiah)
- H_o ongkos simpan produk per unit per tahun di pabrik (rupiah)
- C^o ongkos tetap transportasi di pabrik (rupiah/kendaraan)
- C_g^o ongkos variabel transportasi per km jarak tempuh di pabrik (rupiah/km)
- φ_o kapasitas per kendaraan di gudang penyangga (ton)
- Jrk_{kj}^o Jarak dari pabrik ke gudang penyangga (km)

Berdasarkan persamaan ongkos total di pabrik (8), di gudang penyangga (7), distributor (6) dan pengecer (4) maka fungsi tujuan model yang dikembangkan dapat diformulasikan sebagai berikut:

FUNGSI TUJUAN:

Minimasi

$$C = C_o + C_{gp} + C_d + C_r$$

$$\begin{aligned}
 C = & (A_o + A_p) + \frac{H_o}{2} \sum_k \sum_{j \in k} \left(\int_0^T z_{r_{kj}}(t) dt - \int_0^{t_p} z_{r_{kj}}(t) dt + \int_0^{N_{d_k} T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_0^{N_{d_k} N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt + \int_0^{N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt + \right. \\
 & \left. \frac{1}{N_g} \sum_{p=1}^{N_g} \left(\int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(pN_{d_k}-1)T_{d_k}}^{pN_{d_k} T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + \frac{1}{N_g N_{d_k}} \sum_{l=1}^{N_g N_{d_k}} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(N_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right) +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left. \frac{1}{N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \sum_{s=1}^{N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + P_{os} \max \left(0, \sum_k \sum_{j \in k} \int_{w_t}^{BTS} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + \\
 & \sum_{p=1}^{N_g} \left[\frac{1}{\varphi_o} \sum_k \sum_{j \in k} \left(\int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(pN_{d_k}-1)T_{d_k}}^{pN_{d_k}T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}}}^{pN_{d_k}N_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right] \left(C^o + C_g^o J r k_g^o \right) + \frac{A_g T}{T_g} + \\
 & \frac{H_g}{2N_g} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \left(\int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(pN_{d_k}-1)T_{d_k}}^{pN_{d_k}T_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt + \frac{1}{N_{d_k}} \sum_{l=(p-1)N_{d_k}+1}^{pN_{d_k}} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(lN_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right) + \\
 & \left. \frac{1}{N_{d_k} N_{r_{kj}}} \sum_{s=(p-1)N_{d_k} N_{r_{kj}}+1}^{pN_{d_k} N_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + \sum_k \sum_{l=1}^{N_g N_{d_k}} \left[\frac{1}{\varphi_g} \sum_{j \in k} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(lN_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) \right] \\
 & \left(C^g + C_d^g J r k_d^g \right) + \sum_k \left(\frac{A_{d_k} T}{T_{d_k}} + \frac{H_{d_k}}{2N_g N_{d_k}} \sum_{l=1}^{N_g N_{d_k}} \sum_{j \in k} \left(\int_{(l-1)T_{d_k}}^{lT_{d_k} + \tau_{d_k}} z_{r_{kj}}(t) dt - \int_{(lN_{r_{kj}}-1)T_{r_{kj}}}^{lN_{r_{kj}}T_{r_{kj}} + \tau_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt + \right. \right. \\
 & \left. \left. \frac{1}{N_{r_{kj}}} \sum_{s=N_{r_{kj}}(l-1)+1}^{lN_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right) + \sum_{j \in k} \sum_s \left(C^{kd} + C^k 2J_{kj} \right) \left[\frac{1}{\varphi} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right] \right) + \\
 & \sum_k \sum_{j \in k} \left(\frac{A_{r_{kj}} T}{T_{r_{kj}}} + \frac{H_{r_{kj}}}{2N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \sum_{s=1}^{N_g N_{d_k} N_{r_{kj}}} \int_{(s-1)T_{r_{kj}}}^{sT_{r_{kj}}} z_{r_{kj}}(t) dt \right)
 \end{aligned}$$

dengan $BTS = \frac{1}{\psi} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt$ (9)

PEMBATAS

Kebijakan waktu siklus tunggal

$$T = N_g T_g$$

$$T = N_g N_{d_k} T_{d_k}$$

$$T = N_g N_{d_k} N_{r_{kj}} T_{r_{kj}} \quad (10)$$

Jumlah permintaan produk di pabrik sama dengan jumlah permintaan produk di distribusi utama sama dengan jumlah permintaan produk di semua distributor sama dengan jumlah permintaan produk di semua pengecer selama horison perencanaan

$$\int_0^T z_o(t) dt = \int_0^T z_g(t) dt = \sum_k \int_0^T z_{d_k}(t) dt = \sum_k \sum_{j \in k} \int_0^T z_{r_{kj}}(t) dt \quad (11)$$

Tidak diijinkan melakukan produksi saat perawatan mesin

$$t_p = \begin{cases} \frac{1}{\psi} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt & \text{jika } \frac{1}{\psi} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt < T - w_p \\ w_t & \text{jika } \frac{1}{\psi} \sum_k \sum_{j \in k} \sum_{p=1}^{N_g} \int_{(p-1)T_g}^{pT_g + \tau_g} z_{r_{kj}}(t) dt \geq T - w_p \end{cases} \quad (12)$$

Jaminan permintaan gudang penyangga terutama pada periode pemesanan terakhirnya dapat terpenuhi.

$$T_g \leq T - t_p \tag{13}$$

$$N_g, Nd_k, Nr_{kj} \geq 1 \text{ dan bilangan bulat} \tag{14}$$

4. CONTOH NUMERIK

Contoh numerik dilakukan dengan sistem rantai pasok yang terdiri dari sebuah pabrik, dengan proses produksi yang bersifat kontinu, sebuah gudang penyangga, dua buah distributor dan 5 pengecer. Semua pengecer menghadapi permintaan konsumen yang bergantung dengan waktu. Pengecer 1 dan 2 dipasok oleh distributor 1 (D1), sedangkan pengecer 3, 4 dan 5 dipasok oleh distributor 2 (D2). Pabrik yang menggunakan fasilitas produksi bersifat kontinu ini yang dirawat secara berkala (w_i) yaitu setiap 0,8 tahun dan memerlukan waktu perawatan sebesar 0,1 tahun untuk setiap kali perawatan. Setiap pengecer memiliki pola permintaan yang bergantung pada waktu dan tidak selalu identik untuk semua pengecer seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Polinomial Permintaan di Semua Pengecer

Pengecer	Fungsi permintaan
1	$f(t) = 82.590t^4 - 144.900t^3 + 79.830t^2 - 16.690t + 2.885$
2	$f(t) = 56.580t^4 - 91.310t^3 + 43.260t^2 - 6.067t + 2.071$
3	$f(t) = 92.310t^4 - 165.600t^3 + 93.850t^2 - 20.090t + 3.110$
4	$f(t) = 62.430t^4 - 115.300t^3 + 68.030t^2 - 16.170t + 3.236$
5	$f(t) = 8.927t^4 - 10.369t^3 + 2.562t^2 - 23,42t + 291,3$

Ada tiga skenario yang dikembangkan dalam contoh numerik ini, meliputi ongkos *setup* dan pemesanan serta ongkos simpan per ton per tahun seperti di Tabel 3.

Tabel 3. Ongkos per Sekali *Set-up*/Pesan dan Ongkos Simpan per Ton per Tahun

	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	
Kapasitas pabrik (ton)	8000	8000	7000	
Ongkos per sekali setup atau per sekali pesan (rupiah)	Pabrik: ongkos <i>start-up</i> (A_o)	6.500.000	6.500.000	6.500.000
	Pabrik: ongkos perawatan (A_p)	6.000.000	6.000.000	6.000.000
	Gudang penyangga (A_g)	4.000.000	400.000	400.000
	Distributor 1 (A_{d1})	4.500.000	4.500.000	4.500.000
	Distributor 2 (A_{d2})	4.000.000	4.000.000	4.000.000
	Pengecer 1 (A_{r11})	100.000	10.000.000	10.000.000
	Pengecer 2 (A_{r12})	110.000	11.000.000	11.000.000
	Pengecer 3 (A_{r21})	125.000	12.500.000	12.500.000
	Pengecer 4 (A_{r22})	120.000	12.000.000	12.000.000
Pengecer 5 (A_{r23})	120.000	12.000.000	12.000.000	
Ongkos simpan per ton per tahun (rupiah)	Pabrik (H_o)	149.200	149.200	149.200
	Gudang penyangga (H_g)	165.700	165.700	165.700
	Distributor 1 (H_{d1})	183.600	183.600	183.600
	Distributor 2 (H_{d2})	183.000	183.000	183.000
	Pengecer 1 (H_{r11})	195.000	195.000	195.000
	Pengecer 2 (H_{r12})	195.000	195.000	195.000
	Pengecer 3 (H_{r21})	195.500	195.500	195.500
	Pengecer 4 (H_{r22})	194.000	194.000	194.000
	Pengecer 5 (H_{r23})	195.500	195.500	195.500
Ongkos <i>outsource</i> per ton (rupiah)	Pabrik (Pos)	1.200.000	1.200.000	1.200.000

Terdapat dua jenis ongkos transportasi yaitu ongkos tetap transportasi dan ongkos transportasi per kilometer jarak tempuh serta jarak tempuh dari pabrik ke gudang penyangga dan gudang penyangga ke distributor seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Ongkos Transportasi dan Jarak Tempuh

Asal	Tujuan	Ongkos transportasi (rupiah)		Jarak tempuh (km)
		tetap	per kilometer	
Pabrik	Gudang penyangga	200.000	15.000	15
Gudang penyangga	Distributor 1	150.000	13.000	30
	Distributor 2	150.000	13.000	25
Distributor 1	Pengecer 1	100.000	10.000	
	Pengecer 2	100.000	10.000	
Distributor 2	Pengecer 3	100.000	10.000	
	Pengecer 4	100.000	10.000	
	Pengecer 5	100.000	10.000	

Sedangkan jarak tempuh dari satu lokasi ke lokasi lain baik di distributor 1 maupun distributor 2 seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Jarak Tempuh dari Sebuah Lokasi ke Lokasi Lain di Distributor

Lokasi asal	Jarak tempuh ke lokasi tujuan (km)			
	Distributor 1	Pengecer 1	Pengecer 2	
Distributor 1	0	10	15	
Pengecer 1	10	0	6	
Pengecer 2	15	6	0	
	Distributor 2	Pengecer 3	Pengecer 4	Pengecer 5
Distributor 2	0	12	15	18
Pengecer 3	12	0	8	10
Pengecer 4	15	8	0	7
Pengecer 5	18	10	7	0

Dengan melakukan enumerasi diperoleh solusi waktu produksi optimal, siklus pemesanan di pengecer dan kelipatan pemesanan di setiap eselon seperti pada Tabel 6. dan ongkos di setiap eselon seperti pada Tabel 7.

Tabel 6. Waktu Produksi, Siklus Pemesanan dan Kelipatan Siklus Ketiga Skenario

		skenario 1	skenario 2	Skenario 3
Waktu produksi optimal (tp)		0.7047	0.7047	0.8000
Siklus pesan (tahun)	Pengecer 1 (Tr11)	0.01875	0.0125	0.09
	Pengecer 2 (Tr12)	0.01875	0.0125	0.09
	Pengecer 3 (Tr21)	0.01875	0.0125	0.09
	Pengecer 4 (Tr22)	0.01875	0.0125	0.09
	Pengecer 5 (Tr23)	0.01875	0.0125	0.09
Kelipatan siklus	Gudang penyangga (Ng)	8	7	10
	Distributor 1 (Nd1)	1	1	1
	Distributor 2 (Nd2)	1	1	1
	Pengecer 1 (Nr11)	1	1	1
	Pengecer 2 (Nr12)	1	1	1
	Pengecer 3 (Nr21)	1	1	1
	Pengecer 4 (Nr22)	1	1	1
Pengecer 5 (Nr23)	1	1	1	

Tabel 7. Ongkos Total di Pabrik, Gudang Penyangga, Distributor dan Pengecer untuk Ketiga Skenario

		Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Pabrik	o setup	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00
	o simpan	188.391.261,44	205.070.887,10	147.562.238,85
	o <i>outsourc</i> e	0	0	15.323.221,28
	o transpor	131.950.000,00	115.050.000,00	165.100.000,00
	o total	332.841.261,44	332.620.887,10	340.485.460,13
Gudang penyangga	o pesan	32.000.000,00	2.800.000,00	4.000.000,00
	o simpan	62.550.806,29	70.888.716,89	50.883.948,43
	o transpor	365.180.000,00	318.170.000,00	456.020.000,00
	o total	459.730.806,29	391.858.716,89	510.903.948,43
Distributor	o pesan	6.800.000,00	59.500.000,00	85.000.000,00
	o simpan	68.308.437,80	77.533.791,77	55.398.293,00
	o transpor	1.912.560.000,00	1.911.860.000,00	1.914.360.000,00
	o total	1.987.668.437,80	2.048.893.791,77	2.054.758.293,00
Pengecer	o pesan	4.600.000,00	40.250.000,00	57.500.000,00
	o simpan	68.668.115,70	78.477.846,52	54.934.492,56
	o total	73.268.115,70	118.727.846,52	112.434.492,56
O total sistem		2.853.508.621,23	2.892.101.242,28	3.018.582.194,12

Dari Tabel 6 dapat disimpulkan keterbatasan kapasitas produksi meningkatkan frekuensi pengiriman dari pabrik ke gudang penyangga (N_g) selain harus melakukan *outsourc*e untuk memenuhi permintaan gudang penyangga. Makin tinggi biaya pesan di gudang penyangga akan meningkatkan frekuensi pemesanannya ke pabrik.

Tingkat persediaan maksimum per siklus di setiap eselon tidak selalu sama karena permintaan yang bergantung waktu. Tabel 8 menunjukkan tingkat persediaan di pabrik, gudang penyangga, distributor dan pengecer untuk skenario 2. Jumlah kendaraan yang diperlukan di pabrik, gudang penyangga dan distributor untuk skenario 2 seperti pada Tabel 9.

Tabel 8. Tingkat persediaan maksimum di Pabrik, Gudang Penyangga, Distributor dan Pengecer untuk Skenario 2

siklus ke-	Pabrik	Gudang Penyangga	Distributor		Pengecer				
			1	2	1	2	3	4	5
1	1139,998	1325,27	592,96	718,95	309,45	265,39	306,99	336,77	41,55
2		1134,51	548,93	572,33	252,14	276,84	234,99	260,52	44,06
3		1187,59	591,06	583,29	265,26	305,28	253,02	256,66	40,79
4		1098,27	553,55	534,30	242,87	293,54	239,47	238,50	29,95
5		777,33	406,25	363,66	157,70	237,07	156,66	174,77	17,88
6		422,67	254,59	165,61	61,16	183,99	50,78	89,53	19,02
7		539,26	339,60	190,27	83,31	235,09	51,91	62,22	55,91

Tabel 9. Jumlah Kendaraan yang Dipergunakan di Pabrik, Gudang Penyangga, Distributor dan Pengecer untuk Skenario 2

Siklus	Pabrik	Gudang Penyangga	Distributor	
			1	2
1	31	Dist 1 : 13 Dist 2 : 24	Pgcr 1 : 258 Pgcr 2 : 222	Pgcr 3 : 267 Pgcr 4 : 297 Pgcr 5 : 36
2	32	Dist 1 : 14 Dist 2 : 23	Pgcr 1 : 205 Pgcr 2 : 229	Pgcr 3 : 200 Pgcr 4 : 228 Pgcr 5 : 38
3	33	Dist 1 : 15 Dist 2 : 23	Pgcr 1 : 216 Pgcr 2 : 254	Pgcr 3 : 216 Pgcr 4 : 225 Pgcr 5 : 36
4	28	Dist 1 : 12 Dist 2 : 19	Pgcr 1 : 201 Pgcr 2 : 247	Pgcr 3 : 207 Pgcr 4 : 210 Pgcr 5 : 26
5	17	Dist 1 : 8 Dist 2 : 10	Pgcr 1 : 135 Pgcr 2 : 201	Pgcr 3 : 138 Pgcr 4 : 155 Pgcr 5 : 16
6	10	Dist 1 : 7 Dist 2 : 5	Pgcr 1 : 53 Pgcr 2 : 154	Pgcr 3 : 46 Pgcr 4 : 80 Pgcr 5 : 16
7	26	Dist 1 : 15 Dist 2 : 14	Pgcr 1 : 58 Pgcr 2 : 188	Pgcr 3 : 39 Pgcr 4 : 53 Pgcr 5 : 46

5. KESIMPULAN

Paper ini mengusulkan model integrasi produksi-distribusi dan transportasi yang mempertimbangkan pengiriman secara langsung untuk sistem rantai pasok 4-eselon. Dalam model ini, pabrik menggunakan sistem produksi kontinu dan permintaan di pengecer bergantung pada waktu tetapi tidak selalu identik untuk setiap pengecer. Permintaan yang bergantung pada waktu menyebabkan tingkat persediaan maksimum tidak selalu sama untuk setiap siklus pemesanan baik di pabrik, gudang penyangga, distributor maupun pengecer. Keterbatasan kapasitas produksi meningkatkan frekuensi pengiriman dari pabrik ke gudang penyangga (N_g) selain harus melakukan *outsourc*e untuk memenuhi permintaan gudang penyangga. Makin tinggi biaya pesan di gudang penyangga akan meningkatkan frekuensi pemesanannya ke pabrik.

Model ini hanya mempertimbangkan pengiriman produk secara langsung (*direct shipping*) dari satu eselon ke eselon berikutnya. Pada penelitian selanjutnya akan dipertimbangkan pengiriman secara berbagi (*sharing shipping*). Hal ini berarti perlu dipertimbangkan penentuan rute untuk menurunkan ongkos transportasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul-Jalbar, B., Gutierrez J., Puerto J. dan Sicilia, J., Policies for inventory/distribution systems: The effect of centralization vs. decentralization. *International Journal of Production Economics* 81-82, pp. 281-293, 2003.
2. Abdul-Jalbar, B., Gutierrez J.M. dan Sicilia, J., Single cycle policies for one-warehouse N-retailer inventory/distribution system. *Omega* 34, pp. 196-208, 2006.
3. Archetti, C., Speranza, M.G. dan Hertz, A., A tabu search algorithm for the split delivery vehicle routing problem. *Transportation Science* 40(1), pp. 64-73, 2006.

4. Chan, L. M. A., Federgruen, A., dan Simchi-Levi, D., Probabilistic analysis and practical algorithm for inventory routing models. *Operation Research* 46, pp. 96-106, 1998.
5. Chan, L.M.A. dan Simchi-Levi, D., Probabilistic analysis and algorithms for three-level distribution systems. *Management Science* 40 (11), pp. 1562-1576, 1998.
6. Chopra, S. dan Meindl, P., *Supply Chain Management: strategy, planning and operation*, 2nd Ed, Prentice Hall, 2004.
7. Clark, A.J., and Scarf, H.. Optimal policies for a multi-echelon inventory problem. *Management Science* 6, pp. 475-490, 1960.
8. Gallego, G. dan Simchi-Levi, D., On the effectiveness of direct shipping strategy for the one-warehouse multi-retailer R-systems. *Management Science* 36(2), pp. 240-243, 1990.
9. Gaur, V. dan Fisher, M. L., A periodic inventory routing problem at a supermarket chain. *Operations Research* 52(6), pp. 813-822, 2004.
10. Nur Bahagia, S., Model Optimasi Integral Sistem Rantai Nilai 3 Eselon, *Proceedings Seminar Sistem Produksi IV*, ITB-Bandung, 1999.
11. Nur Bahagia, S. dan Sofitra, M., Model Integrasi Sistem Logistik Tiga Eselon dengan Mempertimbangkan Jalur Distribusinya, *Jurnal Teknik dan Manajemen Industri* ITB-Bandung 21(2), pp. 1-19, 2001.
12. Nur Bahagia, S. dan Toruan, J.L., Pengembangan Model Optimasi Integral Sistem Rantai Nilai 3 Eselon (satu unit produksi, satu depot dan n pengecer dengan pasokan langsung dan tidak langsung), *Proceedings Seminar Sistem Produksi V*, ITB-Bandung, pp. 361-370, 2001.
13. Routroy, S. dan Kodali, R., Differential evolution algorithm for supply chain inventory planning, *Journal of Manufacturing Technology Management* 16(1), pp. 7-17, 2005.
14. Santoso, A., Nur Bahagia, S., Suprayogi and Sasongko, D., Integrated production-distribution planning with time dependent demand in multi-echelon supply chain. *Proceedings 2nd Operation and Supply Chain Management Conference*, Bangkok-Thailand, pp. 1037-1046, 2007a.
15. Santoso, A., Nur Bahagia, S., Suprayogi and Sasongko, D., Integrated production-distribution planning with considering preventive maintenance. *Proceedings 1st Asia Pasific Conference on Manufacturing Systems*, Bali-Indonesia, pp. 167-177, 2007b.
16. Viswanathan, S. dan Mathur, K., Integrating routing and inventory decision in one-warehouse multiretailer multiproduct distribution systems. *Management Science* 43(3), pp. 294-312, 1997.
17. Weng, Z.K., Coordinating order quantities between the manufacturer and the buyer: A generalized newsvendor model, *European Journal of Operational Research* 156, pp. 148-161, 2004.