

ISSN : 1412-3525

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS SURABAYA



7th
NATIONAL
INDUSTRIAL
ENGINEERING
CONFERENCE
2 0 1 3



UBAYA
UNIVERSITAS SURABAYA



BSN **mastan**
Masyarakat Standardisasi Indonesia

PROCEEDING

**"Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World:
Enhancing Innovation & Sustainability Through Standards "**



KATA PENGANTAR

Selamat berjumpa kembali di *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013*. Kegiatan ilmiah rutin dua tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya, tahun ini bertemakan: *Industrial Engineering in a Competitive and Borderless World: Enhancing Innovation & Sustainability through Standards*.

Dalam menghadapi era perdagangan bebas dan globalisasi, inovasi menjadi salah satu kunci keberhasilan organisasi/perusahaan/industri di dalam meningkatkan daya saing, melalui berbagai terobosan inovasi produk, proses maupun strategi. Di samping itu, organisasi/perusahaan/industri perlu mengembangkan suatu upaya dan strategi penerapan Standar dalam meningkatkan inovasi dan keberlanjutan organisasi/perusahaan/industri. Dalam rangka menyebarkan informasi dan hasil-hasil kajian terkait peranan keberadaan Standar terhadap peningkatan inovasi dan keberlanjutan suatu organisasi, maka *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013* membahas *Enhancing Innovation & Sustainability through Standards* sebagai tema utama.

Seminar nasional ini menyajikan 62 makalah terpilih yang berasal dari partisipasi para peneliti, akademisi dan praktisi dari institusi pendidikan, industri dan pemerintah. Topik makalah yang dibahas meliputi rumpun ilmu: desain dan ergonomi, sistem manufaktur, rekayasa dan manajemen kualitas, *performance measurement*, *logistics and supply chain management* dan *technopreneurship*.

Kiranya melalui Seminar nasional ini, para peserta memperoleh kesempatan meningkatkan wawasan, membangun kerja sama antar para akademisi, praktisi industri dan pemerintah, serta menginspirasi berkembangnya ide-ide kreatif dan inovatif bagi kemajuan dan kesejahteraan bersama.

Terima kasih atas segala usaha dan partisipasi seluruh pihak yang telah mendukung penyelenggaraan *The 7th National Industrial Engineering Conference 2013*.

Surabaya, 10 Oktober 2013

Editor



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Evaluasi dan Pemetaan Safety Behavior Pekerja di Industri Manufaktur (Studi kasus : Industri Cat di Surabaya)	1
Linda Herawati Gunawan	
Evaluasi Desain Antar Muka (<i>Interface</i>) dengan Menggunakan Pendekatan Kemudahan Penggunaan (Studi Kasus Portal Mahasiswa Universitas X)	8
Dino Caesaron, Andrian dan Cyndy Chandra	
Model Simulasi Alternatif Penambahan Mesin Pengolah Serat Non-Kayu untuk Meningkatkan Produksi Kertas: Studi Kasus	15
Levinia Dian Laraswati, Yuniaristanto dan Wahyudi Sutopo	
Analisis Penguasaan Teknologi Pada Perusahaan Sepatu dengan Pendekatan Metoda Teknometrik	22
Agus Riyanto	
Model Alokasi dan Penugasan Pada Produksi Semen dengan Mempertimbangkan Biaya Distribusi dan Pemenuhan Pasar: Studi Kasus	28
Rina Wiji Astuti, Muh. Hisjam dan Wahyudi Sutopo	
Strategi Pemilihan Material dalam Desain Low Cost Anthropomorphic Prosthetic Hand	35
Fitri Purnamasari, Ilham Priadythama dan Susy Susmartini	
Integrasi <i>Kansei Engineering</i> dan <i>Customer Relationship Management</i> untuk Meningkatkan Kepuasan dan Loyalitas Konsumen Rumah Makan Kelas Menengah Atas di Surabaya	42
Andrew Octavianus Winardi, Markus Hartono dan Rosita Meitha Surjani	
Identifikasi Permasalahan Proses Bisnis Pengolahan Bahan Baku Obat Tradisional Klaster Biofarmaka Karanganyar dengan Metode <i>Root Cause Analysis</i> (RCA)	48
Fakhrina Fahma, Retno Wulan Damayanti dan Esti Koco Susilowati	
Model Perencanaan Rantai Pasok untuk <i>Consumer Goods</i> di PT. XYZ	55
Cynthia Ayuningtyas, Yuniaristanto dan Wakhid Ahmad Jauhari	



Aplikasi NIOSH <i>Lifting Equation</i> pada Simulasi <i>Manual Lifting Task</i> Air Minum Kemasan Galon	62
Aloysius Sujarwadi	
Kajian Model Kualitas Layanan, Kepuasan Pelanggan, dan Loyalitas Pelanggan dengan Aplikasi <i>Structural Equation Modeling</i> serta Upaya Peningkatan Kualitas Layanan di Fitness Centre	69
Yenny Sari, Rosita Meitha Surjani, dan Rita Tang	
Usulan Penjadwalan untuk Minimasi <i>Lateness</i> di Industri <i>Make-to-Order</i> (Studi Kasus pada PT X)	77
Istiadi Prasetio dan Anas Ma'ruf	
Analisis Potensi Utilisasi Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kota Metropolitan: Suatu Pendekatan Model Berbasis Sistem Dinamik (<i>Study Kasus: TPA Kota Surabaya</i>)	84
Bing An, Lusi Mei Cahya W, dan Ahmad Fatih Fudhla	
Integrasi <i>Grey Relational Analysis</i> dan <i>Steepest Ascent</i> untuk Eksperimen Taguchi dalam Kasus Multirespon	91
Rahman Dwi Wahyudi	
Evaluasi dan Perancangan Kursi Kuliah dan Tata Letak Fasilitas Ruang Kuliah yang Ergonomis	98
Silviani dan Johanna Renny Octavia Hariandja	
Perancangan Klasifikasi Pelanggan sebagai Dasar bagi Pengembangan <i>Customer Relationship Management</i> di PT 'X' Pasuruan	106
Esti Dwi Rinawiyanti	
Perbaikan Sistem Produksi Menggunakan <i>Methods-Time Measurement</i> dan Pengukuran <i>Learning Curve</i> di PT. Catur Pilar Sejahtera	113
Donna Donny Natalio Santoso, Markus Hartono dan Linda Herawati Gunawan	
Perancangan Tata Letak Gudang Tepung Terigu di PT. X, Sidoarjo	121
Jane Thirza Kwenusland, Indri Hapsari dan Jerry Agus Arlianto	
Model Penjadwalan Tenaga Kerja untuk Perawatan Pesawat Terbang <i>Line Maintenance</i>	130
Geby Amanda Putri dan Anas Ma'ruf	
Usulan Metode Perhitungan Peramalan Nilai Eskalasi Biaya PT Dirgantara Indonesia Menggunakan Model Peramalan Struktural dan Model ARIMA	137
Emil Zola Farkhan dan Rachmawati Wangsaputra	



Perancangan Sistem Pemeriksaan Kondisi Klem Sambungan Transformator 150/20 KV untuk Implementasi <i>Condition Based Maintenance</i> dengan <i>Graphical User Interface</i>	143
Prasidhi Artono dan Rachmawati Wangsaputra	
Identifikasi Variabel Cost Driver dalam Model Perhitungan Biaya Desain Assembly menggunakan Perangkat Lunak CAD	152
M Qomarul Huda dan Anas Ma'ruf	
Perancangan Alternatif Desain Tata Letak Hanggar 4 pada PT X dengan Pendekatan <i>Robust Layout</i>	159
Shafa Atrining Probosari dan Anas Ma'ruf	
Peningkatan Performansi Sistem Produksi Melalui Perbaikan Tata Letak Fasilitas dengan Pendekatan Sistem <i>Hybrid Cellular Manufacturing</i>	166
Citra Astari dan Rachmawati Wangsaputra	
Perancangan Proses Produksi Tarik pada Departemen Produksi <i>Pipe Frame Head</i> PT Sinar Terang Logamjaya	174
Enggar Yuwandani dan Rachmawati Wangsaputra	
Usulan Model Penjadwalan <i>Job-shop</i> dengan Fleksibilitas <i>Routing</i> untuk Meminimasi <i>Makespan</i> dan Meningkatkan Nilai <i>Leanness</i> di PT Sinar Terang Logamjaya	183
Zafira Putrid dan Rachmawati Wangsaputra	
Studi dan Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Minat Berwirausaha di Kalangan Mahasiswa: Kerangka Teoritis dan Model Konseptual Awal	190
Esti Dwi Rinawiyanti dan Linda Herawati Gunawan	
Perancangan Model Pengukuran Tingkat Kesiapan Technoware dan Humanware Laboratorium dalam Memenuhi Persyaratan SNI ISO/IEC 17025	197
Saeful Islam dan Dradjad Irianto	
Usulan Perbaikan Utilitas Mesin Produksi Di PT X	207
I Wayan Sukania dan Marcella	
Simulasi Desain Hasil Usulan Perancangan Konsep Kontainer Plastik Pada Perusahaan Ritel Menggunakan <i>Finite-Element Analysis Method</i> Dan <i>Motion Study</i> Pada <i>Software Solidworks 2012</i>	213
Althofulkarim Zahid	
Rancangan Perbaikan <i>Stopkontak</i> Melalui Pendekatan Metode DFMA dengan Integrasi TRIZ pada PT. XYZ	229
Rosnani Ginting dan Yogi Khairi Hasibuan	



Identifikasi Faktor Resiko Dalam Mengantisipasi Kecelakaan Kerja	236
Niluh Putu Hariastuti	
Peningkatan Kualitas Pasir Cetak Hitam dengan Metode <i>Split Plot Design</i>	245
Debora Anne Yang Aysia	
The Indonesian Anthropometry Revisited: An Empirical Study Involving University Students	252
Markus Hartono	
Perancangan Sistem Estimasi Biaya Menggunakan Metode <i>Activity-Based Costing</i> untuk Produk <i>Progressive Dies</i> (Studi Kasus PT X)	258
Indah Irdianti Rochandhi dan Anas Ma'ruf	
Pemetaan dan Penguatan Potensi Wisata Kuliner di Yogyakarta	265
Dewi Hajar, Anas Hidayat dan Agus Mansur	
Optimasi Biaya Distribusi Beras Dengan Menggunakan Metode Linear Programming (Studi Kasus Perum Sub Divisi Regional I Bandung)	273
Yani Iriani dan Ketut Adi Sudarma	
Usulan Alat Bantu untuk Meminimasi Pemborosan Pada Proses Produksi Kantong Semen Padang	280
Yesmizarti Muchtiar, Aidil Ikhsan dan Ivan Fadli	
Model Konseptual Implementasi Lean Manufacturing antara <i>Operational</i> dan <i>Dynamic Capability</i> Perusahaan	287
Didit Damur Rochman, Hana Suryana dan Agus Rahayu	
Perancangan Tata Letak Pabrik dengan Menggunakan <i>Virtual Cellular Manufacturing System</i> (Studi kasus PT X)	294
Bernard Muljadi dan Anas Ma'ruf	
Perbaikan Proses Perakitan Produk Di PT. Almendo	303
Iis kartika	
Penentuan Pola Data Pembangkit <i>Fuzzy Failure Mode Effect Analysis</i> Dalam Rangka Perbaikan Kualitas Proses Perakitan <i>Transfer Case</i> (Studi Kasus:PT X)	309
Johnson Saragih, Dedy Sugiarto dan Rina Fitriana	
Simulasi Pemodelan Segmented Autoregressive Untuk Peramalan Data Interrupted Time Series	316
M. Arbi Hadiyat	



Pengaruh Aktivitas Kolaborasi terhadap Manajemen dan Daya Kolaborasi antar-UKM di Sentra Batik Studi Kasus di Sentra Batik Pesindon	323
Amalia dan Iwan Inrawan Wiraatmadja	
Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) pada Sistem Pemeliharaan Transformator	330
Iveline Anne Marie, Docki Saraswati, Sumiharni Batubara dan Amal Witonohadi	
Peningkatan Performansi Perencanaan Produksi Operasional <i>Pipe Frame Head</i> Melalui Model <i>Update Kapasitas Heuristik Berbasis Mixed Strategy</i>	338
Devy Nurmalia Sari dan Rachmawati Wangsaputra	
Ekstrapolasi Tren Substitusi Teknologi antara Teknologi MILC dan DSLR	345
Faisal Adiprabowo Widyanto dan Iwan Inrawan Wiratmadja	
Penyusunan Rencana Pengembangan Energi Terbarukan Indonesia dengan Metode <i>Logical Framework Approach</i>	352
Rahmadani Dian Pratiwi dan Tota Simatupang	
Studi dan Analisis Kelayakan Finansial Alternatif Peluang Usaha Industri Daur Ulang Plastik	360
Ferdy Kosashi, Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
Penerapan Sistem Pakar dengan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) pada CV. Ari	367
Rina Fitriana, Johnson Saragih dan Andrew Kurnia Setiawan	
Sistem Pemadam Kebakaran Kendaraan Berpenumpang	374
Yuwono B Pratiknyo, Amelia Santoso, Hudiyo F, Sunardi Tjandra, Yon H dan Susila Candra	
Pengembangan Model Optimasi <i>Multi objective</i> untuk VRPTW dengan Kebijakan Sistem Persediaan (s,S)	381
Dina Natalia Prayogo	
Pembuatan Alat Bantu Simulasi Dalam Rangka Perancangan <i>Reconfigurable Manufacturing System</i> Di Industri Manufaktur	389
Inaki Maulida Hakim dan Ilham Winoto	
Rantai Nilai Inovasi Terpadu: Sebuah model konseptual dan hipotesa awal	396
Benny Lianto dan Esti Dwi Rinawiyanti	
Pengendalian Potensi Bahaya Berdasarkan Pendekatan <i>Participatory Ergonomics</i> dalam Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan di Tempat Kerja (Studi Kasus di PT.Grandtex)	404
Paulus Sukapto, Harjoto Djojsubroto dan Zuelfandy	



Penerapan <i>Lean Manufacturing</i> Dalam Mengidentifikasi Dan Meminimasi Waste Produk Granit Di Divisi Produksi Pada PT. Impero Granito Utama	414
Muhammad Kholil dan Kukuh Wilujeng	
Modifikasi Waktu Standard Pelayanan Untuk Meminimumkan Jumlah Antrian (Studi Kasus : Gerbang Tol Ancol Barat)	427
Hendy Tannady, Riyan dan Wahyu Eka	
Rancangan Pengembangan Sistem Informasi Distribusi Obat Untuk Pasien Rawat Inap Berbasis <i>Integrated System</i> (Studi Kasus Rumah Sakit XYZ)	434
Septy Waldania Lestari dan Erlangga Fausa	
Penjadwalan Produksi <i>Flow Shop</i> Sax Keypost Dengan <i>Mixed Integer Programming</i>	442
Nina Maratus Sholikhah, Ilyas Masudin dan Dana Marsetya Utama	
Evaluasi Implementasi Perangkat Lunak Sistem Pengukuran Kinerja dengan Menggunakan <i>Technology Acceptance Model</i>	449
Syarifa Hanoum, Chandra Budiman dan Effi Latiffianti	
Perancangan Konten E-Learning Software Solidcam Sebagai Alat Bantu Ajar Proses Manufaktur Untuk Mahasiswa Teknik Industri IT Telkom Menggunakan Model Addie Tahap Analisis Dan Desain	456
M Rizki Hadyan F	
Membangun Aplikasi <i>E-Learning</i> Software Solidcam Untuk Mahasiswa Teknik Industri Ittelkom Dengan Menggunakan Metode <i>Addie Instructional Design Model</i>	472
Asep Berna Saefullah, Rino Andias Anugraha dan M. Nashir Ardiansyah.	



Pengembangan Model Optimasi *Multi objective* untuk VRPTW dengan Kebijakan Sistem Persediaan (s,S)

Dina Natalia Prayogo
Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya
Raya Kalirungkut, Surabaya 60293, Indonesia
E-mail: dnprayogo@staff.ubaya.ac.id

Abstrak

Pada makalah ini membahas pengembangan model optimasi untuk pengaturan rute pengiriman barang dari single depot ke beberapa retailer dengan time window atau yang biasa dikenal dengan Vehicle Routing Problem with Time Window - VRPTW. Penentuan jumlah pengiriman ke masing-masing retailer yang menerapkan kebijakan sistem persediaan (s,S), sesuai jumlah permintaan dan minimum jumlah pemesanan. Pengembangan model optimasi multi objective VRPTW dengan beberapa armada heterogen, memperhitungkan 2 (dua) fungsi tujuan dengan prioritas: (1) Minimasi total biaya tetap dan biaya variabel transportasi dan (2) Minimasi maksimum waktu penyelesaian pengiriman. Hasil pengembangan model optimasi multi objective VRPTW diterapkan pada suatu ilustrasi numerik. Penyelesaian model optimasi multi objective VRPTW dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) menggunakan pendekatan Pre-emptive Goal Programming. Hasil pengembangan model optimasi multi objective VRPTW dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) bermanfaat bagi para manajer logistik dalam mengatur jumlah dan rute pengiriman produk secara efektif dan efisien.

Kata kunci: Model optimasi *multi objective* VRPTW, Sistem Persediaan (s,S)

Abstract

This paper discusses the development of an optimization model for delivering goods from a single depot to some retailers with time windows or usually we called as Vehicle Routing Problem with Time Window - VRPTW. Determination of order quantity for each retailer which uses inventory system policy (s,S) consider retailers' demand and the minimum of order quantity could be delivered. Development of multi- objective optimization model of VRPTW using heterogeneous fleets, taking into account two objective functions with the priority objectives: (1) Minimize the total cost of fixed and variable costs of transportation and (2) Minimize the maximum completion time of delivery. The results of the development of multi- objective optimization model VRPTW has been applied to a numerical illustration. Solution method for multi objective optimization model of VRPTW with inventory system policy (s,S) applied the pre - emptive Goal Programming approach. The results of the development of multi- objective optimization model of VRPTW with inventory policy (s,S) could be applied by logistics managers in deciding the amount of products to be delivered and vehicle routing effectively and efficiently.

Keywords: *Multi objective* optimization model of VRPTW, (s,S) inventory system policy.

1. Pendahuluan

Masalah pengaturan rute pengiriman produk secara efisien dan efektif menjadi penting bagi berbagai sektor industri, karena biaya transportasi memberikan kontribusi 15-40% harga jual produk. Oleh karena itu, banyak penelitian pengembangan model optimasi yang dilakukan untuk pengaturan rute pengiriman produk, yang kita kenal dengan sebutan Vehicle Routing Problem - VRP dengan berbagai



variannya [1]. Salah satu model VRP adalah VRP *with time window* – VRPTW. Pengaturan rute pengiriman dengan memperhatikan *range time window* pada setiap lokasi yang dikunjungi, dapat berdampak pada peningkatan waktu penyelesaian dalam mencapai solusi optimal, karena VRP merupakan *combinatorial optimization problem* yang termasuk dalam kategori NP-Hard.

Pada makalah ini dibahas pengembangan model optimasi VRPTW untuk pengaturan rute pengiriman produk dari distributor tunggal ke beberapa *retailer*. Masing-masing *retailer* menerapkan kebijakan sistem persediaan (s,S). Jika posisi persediaan mencapai minimum tingkat s maka *retailer* melakukan pemesanan untuk mencapai maksimum posisi stok sebesar S. Namun, seringkali distributor menerapkan minimum jumlah pengiriman untuk mencapai penghematan biaya pengiriman. Model optimasi VRPTW dilakukan untuk mencapai multi objective yang saling bertentangan, yaitu minimasi total biaya tetap dan biaya variabel pengiriman serta minimasi maksimum waktu penyelesaian pengiriman produk ke semua *retailer*. Penerapan kedua fungsi tujuan ini dipilih karena untuk meminimumkan total biaya pengiriman sangat dipengaruhi jumlah dan kapasitas armada yang digunakan serta pengaturan rute pengiriman masing-masing armada. Minimasi total biaya pengiriman akan berakibat peningkatan lama waktu penyelesaian pengiriman ke seluruh *retailer*, karena cenderung menggunakan jumlah armada seminimum mungkin. Oleh karena itu, fungsi tujuan minimasi maksimum waktu penyelesaian pengiriman dipilih dengan prioritas kedua dalam memperoleh solusi optimal.

Selanjutnya pada bagian 2 akan dibahas kajian literatur yang diikuti dengan pengembangan model optimasi. Penerapan dan analisis model optimasi VRPTW akan dibahas pada bagian 4 dan ditutup dengan kesimpulan serta penelitian lebih lanjut pada bagian 5.

2. Kajian literatur

Penelitian terkait pengembangan model optimasi multi-objective untuk VRP *with time window* – VRPTW telah banyak dilakukan, termasuk pengembangan metode penyelesaiannya, seperti yang dilakukan oleh Baños et al dalam mengembangkan suatu metode penyelesaian hybrid meta heuristics dan Simulated Annealing untuk VRPTW [2,3]. Selanjutnya Zachariadis et al merancang rute armada untuk memenuhi berbagai jenis permintaan dengan memperhitungkan *time window* dan batas pemuatan ke armada [4].

Pada penelitian ini, pengembangan model optimasi *multi objective* VRPTW diintegrasikan dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) dan minimum jumlah pengiriman untuk mencapai 2 (dua) fungsi tujuan yang diselesaikan dengan pendekatan pre-emptive Goal Integer Programming sesuai dengan prioritas masing-masing fungsi tujuan.

3. Pengembangan model

Model optimasi *multi objective* VRPTW dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) di masing-masing *retailer* menggunakan 2 (dua) fungsi tujuan dengan prioritas (1) Meminimumkan total biaya tetap dan total biaya variabel pengiriman dan (2) meminimumkan maksimum waktu penyelesaian pengiriman produk ke seluruh *retailer*. Total biaya tetap pengiriman ditentukan pada keputusan penggunaan jumlah dan pemilihan kapasitas armada. Sedangkan total biaya variabel tergantung keputusan rute pengiriman produk dari setiap armada. Penyelesaian model optimasi *multi objective* VRPTW dengan armada heterogen menggunakan pendekatan pre-emptive Goal Integer Programming.



Penentuan jumlah pengiriman produk ke masing-masing *retailer* mempertimbangkan penerapan kebijakan sistem persediaan (s,S), jumlah permintaan, d_i , dan minimum jumlah pengiriman ke masing-masing *retailer* yang diijinkan, q_{min} . Jika persediaan produk pada *retailer* telah mencapai tingkat minimum, s_i , maka *retailer* akan memesan produk sehingga saat pengiriman datang, jumlah persediaan mencapai maksimum persediaan, S_i yang cukup untuk memenuhi permintaan masing-masing *retailer*.

Selain itu pengturan rute pengiriman produk ke masing-masing *retailer* perlu memperhitungkan waktu tiba armada k di lokasi i , ta_{ik} berada dalam *range time window* yang berlaku di lokasi *retailer* dan distributor $[e_i, l_i]$. Berikut ini dijabarkan secara detail indeks, notasi parameter model dan variabel keputusan, serta formulasi fungsi tujuan dan batasan-batasan yang digunakan dalam perancangan model optimasi *multi objective VRPTW* dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) di masing-masing *retailer*.

Indeks:

- $i, j = 1, \dots, n$: lokasi *retailer*
- $i = j = 0$ untuk lokasi distributor.
- $k = 1, \dots, K$: armada yang tersedia

Parameter model:

- d_i = permintaan produk dari *retailer* i .
- s_i = minimum tingkat persediaan produk di *retailer* i .
- S_i = maksimum tingkat persediaan produk di *retailer* i .
- q_{min_i} = minimum jumlah pengiriman produk di *retailer* i .
- e_i = waktu awal *time window* di lokasi i .
- l_i = waktu akhir *time window* di lokasi i .
- Cap_k = kapasitas armada k .
- FC_k = biaya tetap penggunaan armada k .
- VC_k = biaya variabel penggunaan armada k .
- t_{ij} = waktu tempuh dari lokasi i ke lokasi j .
- M = bilangan positif bernilai besar.

Variabel keputusan:

- Q_i = jumlah pengiriman produk ke *retailer* i .
- Z_k = {0,1} keputusan penggunaan armada k .
- X_{ijk} = {0,1} keputusan pengiriman produk dari lokasi i ke lokasi j dengan menggunakan armada k .
- ta_{ik} = waktu tiba armada k di lokasi i .
- $Cmax_k$ = waktu penyelesaian pengiriman armada k .

Fungsi tujuan:

Prioritas 1: Minimum total biaya pengiriman

Total biaya pengiriman = total biaya tetap pengiriman + total biaya variabel pengiriman

$$\text{Min } TC = \sum_k FC_k Z_k + \sum_i \sum_j \sum_k VC_k t_{ij} X_{ijk} \quad (1)$$

Prioritas 2: Minimum maksimum waktu penyelesaian pengiriman



$$\text{Min} : \max_k \{C \max_k\} \quad (2)$$

Batasan-batasan:

Setiap lokasi j hanya dikunjungi sekali dari salah satu lokasi asal i dengan menggunakan salah satu armada k yang tersedia.

$$\sum_i \sum_k X_{ijk} = 1 \quad ; \forall j \setminus 0 \quad (3)$$

Dari setiap lokasi i akan menuju salah satu lokasi j dengan menggunakan salah satu armada k yang tersedia.

$$\sum_j \sum_k X_{ijk} = 1 \quad ; \forall i \setminus 0 \quad (4)$$

Jikalau suatu armada k telah mencapai salah satu lokasi l dari salah satu lokasi sebelumnya i , maka armada tersebut akan meninggalkan lokasi l menuju salah satu lokasi j .

$$\sum_i X_{ilk} - \sum_j X_{ljk} = 0 \quad ; \forall k, l \setminus 0, \quad (5)$$

Jika suatu armada k digunakan maka akan berangkat dari distributor, $i = 0$ dan terakhir akan kembali ke lokasi distributor, $j = 0$.

$$\sum_j X_{0,jk} = Z_k \quad ; \forall k \quad (6)$$

$$\sum_i X_{i0k} = Z_k \quad ; \forall k \quad (7)$$

Jumlah pengiriman produk pada setiap *retailer* i ditentukan dari maksimum perbandingan antara selisih $S_i - s_i$, jumlah permintaan *retailer* i , d_i , dan minimum jumlah pengiriman dari distributor untuk *retailer* i , $q \min_i$.

$$Q_i = \max \{S_i - s_i, d_i, q \min_i\} \quad ; \forall i \quad (8)$$

Total jumlah pengiriman produk tidak melebihi kapasitas armada k yang digunakan.

$$\sum_i d_i \sum_j X_{ijk} \leq \text{Cap}_k Z_k \quad ; \forall k \quad (9)$$

Waktu tiba armada k pada lokasi j setelah waktu tiba armada tersebut di lokasi i ditambah waktu tempuh dari lokasi i ke lokasi j dengan menggunakan armada k .

$$ta_{jk} \geq ta_{ik} + t_{ij} - M(1 - X_{ijk}) \quad ; \forall i, j, k \quad (10)$$

Waktu tiba armada k di lokasi i berada dalam *range time window* lokasi tersebut.

$$e_i \leq ta_{ik} \leq l_i \quad ; \forall i, k \quad (11)$$

Waktu tiba armada k di distributor merupakan waktu penyelesaian pengiriman dengan armada k .

$$ta_{0k} = C \max_k \quad ; \forall k \quad (12)$$

Variabel keputusan biner.

$$Z_k \in \{0,1\} \quad ; \forall k \quad (13)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\} \quad ; \forall i, j, k \quad (14)$$

Variabel keputusan non negative.

$$Q_i, ta_{ik} \geq 0 \quad ; \forall i, k \quad (15)$$

Model optimasi *multi objective* VRPTW dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) diselesaikan dengan pendekatan pre-emptive Goal Integer Programming.



4. Hasil dan diskusi

Hasil pengembangan model optimasi *multi objective* VRPTW diterapkan pada pengiriman produk dari suatu distributor ke 14 *retailer* yang menerapkan kebijakan sistem persediaan (s,S). Tabel 1. menunjukkan data tingkat persediaan minimum, *s*, maksimum persediaan, *S*, jumlah permintaan dan minimum jumlah pengiriman dari masing-masing *retailer*.

Tabel 1. Data kebijakan sistem persediaan (s,S), jumlah permintaan dan minimum jumlah pengiriman dari masing-masing *retailer*.

<i>Retailer</i>	<i>s</i> (unit)	<i>S</i> (unit)	Permintaan (unit)	Minimum pengiriman (unit)
R1	10	50	40	20
R2	20	50	10	30
R3	15	55	40	30
R4	15	35	15	20
R5	10	50	40	35
R6	15	45	10	30
R7	20	40	10	20
R8	15	35	20	20
R9	5	15	10	10
R10	10	45	35	35
R11	10	40	30	10
R12	5	35	25	30
R13	20	60	20	40
R14	10	50	40	10

Penentuan jumlah pengiriman produk ke masing-masing *retailer* berdasarkan maksimum dari perbandingan antara selisih: $S - s$ (jika masing-masing *retailer* memiliki persediaan sebesar tingkat persediaan minimum), jumlah permintaan dan minimum pengiriman. Terdapat 3 (tiga) armada yang dimiliki Distributor untuk melakukan pengiriman produk ke *retailer*. Masing-masing armada memiliki kapasitas, biaya tetap dan biaya variabel seperti ditunjukkan pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Kapasitas, biaya tetap dan biaya variabel pengiriman tiap armada.

Kendaraan	Kapasitas (unit)	Biaya tetap (Rp.)	Biaya variabel (Rp./menit)
V1	200	350.000	500
V2	250	500.000	700
V3	300	600.000	800

Pengaturan rute pengiriman produk perlu memperhitungkan time window yang diterapkan oleh masing-masing *retailer* dan Distributor, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data time window masing-masing *retailer* dan Distributor.

Lokasi	Mulai (menit ke-)	Akhir (menit ke-)	Lokasi	Mulai (menit ke-)	Akhir (menit ke-)
DC	0	480	R8	60	360
R1	0	420	R9	60	420
R2	60	480	R10	60	360
R3	60	420	R11	0	480
R4	120	420	R12	0	360
R5	60	360	R13	180	480
R6	0	240	R14	60	300
R7	180	420			



Tabel 4. Menunjukkan data waktu perjalanan antar lokasi *retailer* dan Distributor.

Tabel 4. Data waktu tempuh antar lokasi *retailer* dan Distributor (menit)

Dari/ke	DC	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
DC	0	55	95	75	90	105	120	80	70	100	95	40	65	105	110
R1	110	0	75	95	95	90	105	115	90	80	70	70	45	110	115
R2	90	120	0	55	30	55	35	105	80	35	35	30	85	90	100
R3	70	115	120	0	75	40	120	60	120	75	90	70	80	50	120
R4	60	90	95	75	0	85	75	30	65	60	115	75	40	55	60
R5	65	45	90	110	75	0	85	115	105	40	40	85	70	45	65
R6	45	85	95	75	35	120	0	120	110	60	95	95	75	85	30
R7	90	60	55	50	100	95	70	0	95	75	35	90	35	110	40
R8	60	110	30	55	115	110	95	30	0	50	105	85	70	70	115
R9	50	60	105	35	65	45	85	95	90	0	45	80	70	120	100
R10	55	95	80	60	55	85	110	70	100	120	0	30	100	95	30
R11	80	120	50	75	80	100	65	75	45	70	30	0	55	120	115
R12	60	120	40	85	80	120	80	35	105	110	55	70	0	105	45
R13	55	95	115	100	85	75	45	60	90	90	65	30	60	0	70
R14	90	120	65	50	100	45	90	100	120	80	85	65	100	75	0

Penyelesaian model optimasi *multi objective* VRPTW dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) di masing-masing *retailer*, dengan pendekatan pre-emptive Goal Integer Programming menggunakan bantuan software LINGO 11, dan menghasilkan minimum total biaya pengiriman sebesar Rp. 1.317.000,- dan minimum maksimum waktu penyelesaian pengiriman selama 395 menit dengan menggunakan armada V1 dan V2. Rute pengiriman produk untuk armada V1 adalah: DC – R2 – R11 – R4 – R6 – R10 – R13 – DC dan total muatan sebanyak 195 unit. Sedangkan rute pengiriman produk untuk armada V2 adalah: DC – R12 – R9 – R3 – R7 – R5 – R8 – R15- R14 – DC dan total muatan sebanyak 230 unit. Jumlah pengiriman ke masing-masing *retailer* minimal sebesar ketentuan jumlah pengiriman minimal dan membawa tingkat persediaan pada tingkat maksimum S serta memenuhi permintaan. Kedatangan kendaraan di masing-masing *retailer* dan Distributor berada dalam *range time window*. Tabel 5. menunjukkan jumlah pengiriman produk dan waktu tiba di masing-masing *retailer* dan Distributor untuk setiap kendaraan.

Tabel 5. Jumlah pengiriman dan waktu tiba di masing-masing lokasi untuk setiap kendaraan.

Kendaraan V1			Kendaraan V2		
Lokasi	Jumlah pengiriman (unit)	Waktu tiba (menit ke-)	Lokasi	Jumlah pengiriman (unit)	Waktu tiba (menit ke-)
DC	0	-	DC	0	-
R2	40	55	R12	30	40
R11	35	125	R9	20	85
R4	40	185	R3	30	115
R6	40	225	R7	30	150
R10	10	265	R5	20	185
R13	30	335	R8	20	215
DC	0	395	R15	40	255
Total	195	C_{max} = 395	R14	40	330



Kendaraan V1		
Lokasi	Jumlah pengiriman (unit)	Waktu tiba (menit ke-)

Kendaraan V2		
Lokasi	Jumlah pengiriman (unit)	Waktu tiba (menit ke-)
DC	0	385
Total	230	C_{max} = 385

Solusi optimal menunjukkan pengiriman ke seluruh *retailer* hanya menggunakan 2 (dua) armada dari 3 (tiga) armada yang tersedia untuk meminimalkan total biaya tetap dan biaya variabel pengiriman. Sedangkan jika prioritas pertama adalah meminimumkan maksimum waktu penyelesaian pengiriman ke seluruh *retailer*, maka keputusan optimal adalah mendistribusikan pengiriman produk menggunakan seluruh armada yang tersedia (3 armada) dengan minimum waktu penyelesaian pengiriman selama 290 menit dan minimum total biaya pengiriman meningkat menjadi Rp. 1.984.000,-.

5. Kesimpulan

Pengembangan model optimasi *multi objective* untuk pengaturan rute pengiriman produk dari suatu distributor ke beberapa *retailer* dengan menggunakan armada heterogen telah dibahas dalam makalah ini. Pengaturan rute pengiriman produk memperhitungkan time window di setiap lokasi *retailer* dan distributor. Masing-masing *retailer* menerapkan kebijakan sistem persediaan (s,S) dan minimum jumlah pengiriman yang diijinkan untuk memenuhi permintaan. Fungsi tujuan yang ingin dicapai ada 2 (dua) dengan prioritas (1) meminimumkan total biaya pengiriman dan (2) minimum maksimum waktu penyelesaian pengiriman ke seluruh *retailer*. Kedua fungsi tujuan ini dipilih karena pencapaian minimum total biaya pengiriman yang terdiri dari total biaya tetap dan total biaya variabel akan berdampak meminimumkan jumlah armada yang digunakan, sehingga hal ini menyebabkan peningkatan maksimum waktu penyelesaian pengiriman. Penyelesaian model *multi objective* VRPTW dilakukan dengan penerapan pendekatan pre-emptive Goal Integer Programming.

Untuk penelitian lebih lanjut, model optimasi VRPTW dapat diterapkan untuk kondisi permintaan *retailer* dengan ketidak-pastian, yang dapat dimodelkan dalam bentuk fuzzy demand. Alternatif penyelesaian model optimasi multi-objective VRPTW dengan kebijakan sistem persediaan (s,S) pada masing-masing *retailer* dapat menggunakan Fuzzy *Multi objective* Programming, untuk memperoleh kompromi pencapaian masing-masing fungsi tujuan yang optimal. Pengembangan metode *metaheuristics* dapat dilakukan untuk penyelesaian model optimasi *multi-objective* VRPTW dalam skala problem besar sehingga waktu penyelesaian menjadi lebih efisien.

6. Daftar rujukan

- [1] Eksioglu, B., Vural, A.V., and Reisman, A. (2009) "The vehicle routing problem: A taxonomic review", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 57, Issue 4, pp. 1472-148.
- [2] Baños, R., Ortega, J., Gil, C, Márquez, A.L., and Toro, F. (2013) "A hybrid meta-heuristic for multi-objective vehicle routing problems with time windows", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 65, Issue 2, pp. 286-296.



- [3] Baños, R., Ortega, J., Gil, C, Márquez, A.L., and Toro, F. (2013) “ A Simulated Annealing-based parallel multi-objective approach to vehicle routing problems with time windows”, *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, Issue 5, pp. 1696-1707.
- [4] Zachariadis, E.E., Tarantilis, C.D., and Kiranoudis, C.T. (2013) “ Designing vehicles routes for a mix of different request types, under time windows and loading constraints”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 229, Issue 2, pp. 303-331.