

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 Ratnamasih, 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

Perancangan Model Optimasi Sistem Distribusi Multi-Produk untuk Korban Bencana Alam dengan Fuzzy Goal Integer Programming

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

Abstrak

Dalam dekade terakhir ini, frekuensi terjadi bencana alam semakin meningkat dan terjadi hampir di seluruh belahan dunia. Pihak pemerintah dan swasta masih kesulitan untuk memprediksi kejadian bencana alam, meskipun perkembangan teknologi informasi dalam memprediksi waktu dan tempat kejadian telah diterapkan di mana-mana, namun bencana alam seringkali terjadi secara tiba-tiba. Oleh karena itu, selain pencegahan kejadian bencana alam yang ditimbulkan oleh perilaku manusia, salah satu cara yang paling efektif untuk mengantisipasi dampak negatif dari kejadian bencana alam adalah kemampuan penanggulangan melalui sistem distribusi barang-barang yang dibutuhkan oleh korban bencana secara cepat dan tepat. Pada makalah ini dibahas pengembangan model optimasi sistem distribusi barang-barang bantuan dari tempat-tempat penerimaan bantuan ke tempat-tempat pengumpulan bantuan untuk disalurkan ke tempat penampungan korban bencana dengan pendekatan Fuzzy Goal Integer Programming (FGIP). Beberapa tujuan optimasi yang diperhitungkan dalam model adalah minimasi total waktu pengiriman bantuan ke korban, memaksimalkan tingkat layanan dalam sistem distribusi bantuan ke korban bencana dan minimasi total biaya distribusi. Hasil keputusan optimal dapat digunakan sebagai referensi kebijakan pendistribusian bantuan ke korban bencana.

Kata Kunci: sistem distribusi bantuan, Fuzzy Goal Integer Programming.

Abstract

In this last decade, natural disaster occurs more frequently and almost happens around the world. The government and private organization still have difficulty to predict when and where the disaster will strike, even though many disaster sensor devices using comprehensive information technology have been installed at any where for predicting the time and area. Therefore, the most effective method to reduce the damage of a disaster is disaster-prevention caused by human errors. This paper will proposed the optimization model of relief material distribution from receiving area to collection area and they will distributed to all victims at disaster area. The model development used Fuzzy Goal Integer Programming approach. Some considered goals are minimizing the total travel time in delivering relief material, maximizing the service level in relief distribution, and minimizing the distribution cost. The optimal decision resulting in this model can be applied as relief distribution policy.

Keywords: relief distribution systems, Fuzzy Goal Integer Programming.

1. Pendahuluan

Pada beberapa tahun terakhir ini, sering terjadi bencana alam di berbagai belahan dunia. Beberapa kejadian bencana yang sangat hebat dan tercatat pada ingatan kita antara lain badai Tsunami yang menimpa seluruh wilayah lautan Hindia pada akhir tahun 2004, diikuti badai Katrina dan gempa bumi di Pakistan pada tahun 2005, angin cyclone Nargis dan gempa bumi

Sichuan pada tahun 2008, gempa bumi di Haiti yang sangat hebat juga terjadi pada tahun 2010 dan yang terakhir terjadi pada tahun 2011, dunia dikejutkan dengan kejadian badai Tsunami yang terjadi di Miyagi, Fukusima-Jepang. Berdasarkan database EM-DAT, ditunjukkan lima kejadian bencana untuk masing-masing jenis (gempa bumi, badai, dan banjir) dengan korban terbesar yang terjadi antara tahun 1980-2009 [1]. Meskipun perkembangan teknologi komunikasi dan informasi telah banyak dimanfaatkan dalam pendeteksian, pencegahan dan penanggulangan kejadian bencana alam, namun pihak pemerintah dan swasta masih kesulitan untuk memprediksi kapan dan tempat terjadinya bencana alam yang terjadi secara mendadak. Oleh karena itu, cara yang paling efektif untuk mengurangi dampak kerusakan dan kerugian yang ditimbulkan dari kejadian bencana alam, adalah mencegah terjadinya bencana alam yang ditimbulkan oleh ulah manusia. Pencegahan, penanggulangan dan pemulihan dampak dari bencana merupakan aktivitas utama yang perlu dilakukan untuk mengurangi penderitaan para korban dan kerusakan yang ditimbulkan oleh bencana. Faktor utama yang perlu diperhatikan dalam penanganan korban bencana adalah kemampuan untuk mendistribusikan bantuan ke para korban secara efektif/tepat sasaran dan adil/merata sesuai kebutuhan korban [2].

Pada kondisi bencana, banyak tantangan aktivitas logistik yang perlu diselesaikan secara khusus, karena kondisi sarana dan prasarana yang berkaitan dengan sistem transportasi, komunikasi, fasilitas layanan umum dan sistem utiliti yang terganggu sebagai dampak dari kejadian bencana. Hal ini membutuhkan penyelesaian yang cepat pula, karena menyangkut banyak aspek sosial, ekonomi, lingkungan dari para korban. Oleh karena itu, pemulihan kondisi para korban melalui penanganan sistem distribusi bantuan perlu dipikirkan secara bersama oleh pihak pemerintah dan organisasi masyarakat/swasta [3].

Pada makalah ini akan dibahas perancangan model sistem distribusi bantuan ke para korban dengan menggunakan pendekatan model Fuzzy Goal Integer Programming. Beberapa tujuan yang diperhitungkan dalam menghasilkan keputusan yang optimal adalah meminimumkan total waktu pengiriman bantuan ke korban bencana, memaksimalkan tingkat layanan pemenuhan kebutuhan bantuan ke para korban dan meminimasi total biaya dalam sistem distribusi bantuan untuk korban bencana. Oleh karena tingkat prioritas masing-masing fungsi tujuan optimasi tidak selalu pasti dan presisi, maka penyelesaian problem optimasi multi-objective dalam sistem distribusi bantuan ke korban bencana diselesaikan dengan menggunakan pendekatan model Fuzzy Goal Integer Programming (FGIP) [4].

Orientasi tujuan pada sistem distribusi bantuan untuk korban bencana berbeda dengan sistem distribusi barang secara umum pada dunia bisnis. Jalur distribusi bantuan untuk korban bencana diawali dari tempat-tempat pengumpulan sumbangan untuk para korban. Selanjutnya sumbangan bantuan yang telah terkumpul dikirimkan ke tempat-tempat penyaluran bantuan, untuk didistribusikan ke lokasi pengungsian korban bencana. Sedangkan pada dunia bisnis, jalur distribusi produk umumnya dimulai dari pabrik ke distributor pusat/wholesaler, dan distributor menyalurkan produk tersebut ke retailers [4]. Pada sistem distribusi bantuan, faktor kecepatan, pemerataan dan tingkat layanan bantuan ke para korban bencana menempati prioritas yang lebih tinggi dibandingkan aspek ekonomis dan profitabilitas.

Selanjutnya pada bagian 2 akan dibahas pengembangan model optimasi sistem distribusi bantuan dengan pendekatan FGIP, yang akan diterapkan pada suatu contoh numerik pada bagian 3. Pada bagian akhir akan diuraikan kesimpulan terkait hasil pengembangan model dan peluang penelitian terkait lebih lanjut.

2. Pengembangan Model

Pengembangan model optimasi perencanaan pendistribusian bantuan untuk korban bencana dilakukan berdasarkan beberapa asumsi berikut:

- Prediksi kebutuhan bantuan masing-masing jenis produk didasarkan pada jumlah penduduk di wilayah yang tertimpa bencana alam.
- Sistem komunikasi masih mampu mengakses informasi kejadian di lokasi bencana.
- Sistem transportasi untuk pendistribusian bantuan dapat dilakukan melalui jalur infrastruktur yang masih berfungsi sampai ke lokasi bencana.

Jalur distribusi bantuan untuk korban bencana diawali dari tempat-tempat pengumpulan sumbangan untuk para korban. Selanjutnya sumbangan bantuan yang telah terkumpul dikirimkan ke tempat-tempat penyaluran bantuan, untuk didistribusikan ke lokasi pengungsian korban bencana.

Model optimasi perencanaan pendistribusian bantuan diuraikan secara detail berikut ini.

Indeks:

- i : jenis produk bantuan
- j : tempat pengumpulan sumbangan produk untuk para korban.
- k : tempat penyaluran bantuan ke lokasi bencana.
- l : tempat pengungsian korban bencana.
- v : jenis armada pengiriman.
- t : periode perencanaan pendistribusian bantuan.

Parameter model:

- d_{ilt} : prediksi kebutuhan jenis produk i untuk lokasi pengungsian l pada periode t .
- s_{ijt} : prediksi jumlah bantuan jenis produk i yang terkumpul pada tempat j di periode t .
- ka_v : kapasitas armada pengiriman v .
- kp_k : daya tampung bantuan di tempat penyaluran bantuan k .
- Tr_{jkv} : waktu pengiriman bantuan dari tempat penerimaan bantuan j ke tempat penyaluran bantuan k dengan menggunakan jenis armada v .
- Tr_{klv} : waktu pengiriman bantuan dari tempat penyaluran bantuan k ke lokasi pengungsian korban l dengan menggunakan jenis armada v .
- FC_k : biaya tetap pendirian tempat penyaluran bantuan k .
- TC_{ijkvt} : biaya pengiriman jenis produk i dari tempat penerimaan bantuan j ke tempat penyaluran k dengan menggunakan jenis armada v pada periode t .
- TC_{iklvt} : biaya pengiriman jenis produk i dari tempat penyaluran bantuan k ke lokasi pengungsian korban l dengan menggunakan jenis armada v pada periode t .
- HC_{ij} : biaya simpan stok jenis produk i per periode di tempat penerimaan bantuan j .
- HC_{ik} : biaya simpan stok jenis produk i per periode di tempat penyaluran bantuan k .
- HC_{il} : biaya simpan stok jenis produk i per periode di lokasi pengungsian korban l .
- BC_{il} : biaya

Variabel Keputusan:

- Q_{ijkvt} : jumlah jenis produk i yang dikirimkan dari tempat penerimaan bantuan j ke tempat penyaluran k dengan menggunakan jenis armada v pada periode t .
- Q_{iklvt} : jumlah jenis produk i yang dikirimkan dari tempat penyaluran bantuan k ke lokasi pengungsian korban l dengan menggunakan jenis armada v pada periode t .
- Inv_{ijt} : jumlah stok jenis produk i yang terdapat di tempat penerimaan bantuan j pada akhir periode t .

- Inv_{ikt} : jumlah stok jenis produk i yang terdapat di tempat penyaluran bantuan k pada akhir periode t .
- Inv_{ilt} : jumlah stok jenis produk i yang terdapat di lokasi pengungsian l pada akhir periode t .
- B_{ilt} : jumlah kekurangan produk i di lokasi pengungsian l pada akhir periode t .
- n_{jkvt} : jumlah armada tipe v yang dibutuhkan untuk pengiriman dari tempat penerimaan bantuan j ke tempat penyaluran k pada periode t .
- m_{klvt} : jumlah armada tipe v yang dibutuhkan untuk pengiriman dari tempat penyaluran k ke lokasi pengungsian l pada periode t .
- sl_{ilt} : tingkat layanan pemenuhan kebutuhan jenis produk l untuk lokasi pengungsian korban l pada periode t .
- z_k : variabel biner yang menunjukkan keputusan tempat penyaluran bantuan k perlu dibuka atau tidak.

Fungsi Tujuan:

1. Minimasi total waktu pengiriman bantuan ke para korban bencana

$$Min : f_1 = TTr = \sum_j \sum_k \sum_v \sum_t Tr_{jkv} n_{jkvt} + \sum_k \sum_l \sum_v \sum_t Tr_{klv} m_{klvt} \quad (1)$$

2. Memaksimalkan tingkat layanan pemenuhan kebutuhan korban bencana

$$Max : f_2 = TSl \quad (2)$$

3. Minimasi total biaya pendistribusian bantuan ke korban bencana.

$$Min : f_3 = TC = \sum_k FC_k z_k + \sum_i \sum_j \sum_k \sum_v \sum_t TC_{ijkvt} Q_{ijkvt} + \sum_i \sum_k \sum_l \sum_v \sum_t TC_{iklvt} Q_{iklvt} + \sum_i \sum_j \sum_t HC_{ij} Inv_{ijt} + \sum_i \sum_k \sum_t HC_{ik} Inv_{ikt} + \sum_i \sum_l \sum_t HC_{il} Inv_{ilt} + \sum_i \sum_l \sum_t BC_{it} B_{ilt} \quad (3)$$

Batasan-batasan:

Jumlah pengiriman tiap jenis produk i dari tempat penerimaan bantuan j ke tempat penyaluran bantuan k tidak melebihi total stok jenis produk i yang terdapat pada tempat penerimaan bantuan j pada periode t .

$$\sum_k \sum_v Q_{ijkvt} \leq Inv_{ijt-1} + s_{ijt} \quad \forall i, j, t \quad (4)$$

Keseimbangan stok tiap jenis produk i di tempat penerimaan bantuan j pada periode t .

$$Inv_{ijt} - B_{ijt} = Inv_{ijt-1} - B_{ijt-1} + s_{ijt} - \sum_k \sum_v Q_{ijkvt} \quad \forall i, j, t \quad (5)$$

Jumlah pengiriman tiap jenis produk i dari tempat penyaluran bantuan k ke lokasi pengungsian korban l tidak melebihi total stok jenis produk i yang terdapat pada tempat penyaluran bantuan k pada periode t .

$$\sum_l \sum_v Q_{iklvt} \leq Inv_{ikt-1} + s_{ikt} \quad \forall i, k, t \quad (6)$$

Keseimbangan stok tiap jenis produk i di tempat penyaluran bantuan k pada periode t .

$$Inv_{ikt} - B_{ikt} = Inv_{ikt-1} - B_{ikt-1} + s_{ikt} - \sum_l \sum_v Q_{iklvt} \quad \forall i, k, t \quad (7)$$

Total jumlah bantuan untuk semua jenis produk yang diterima oleh tempat penyaluran bantuan k pada setiap periode t tidak melebihi daya tampung tempat penyaluran bantuan tersebut.

$$\sum_i Inv_{ikt} + \sum_i \sum_j \sum_v Q_{ijkvt} \leq kp_k z_k \quad \forall k, t \quad (8)$$

Tingkat layanan untuk memenuhi kebutuhan tiap jenis produk i di lokasi pengungsian korban l pada periode t .

$$\sum_k \sum_v Q_{iklvt} / d_{ilt} = sl_{ilt} \quad \text{dan} \quad sl_{ilt} \geq TSl \quad \forall i, l, t \quad (9)$$

Total jumlah pengiriman semua jenis produk dari tempat penerimaan bantuan j ke tempat penyaluran bantuan k dengan menggunakan jenis armada v pada periode t tidak melebihi total kapasitas jenis armada v yang dibutuhkan untuk pengiriman bantuan dari tempat penerimaan bantuan j ke tempat penyaluran k pada periode t .

$$\sum_i Q_{ijkvt} \leq n_{jkvt} ka_v \quad \forall j, k, v, t \quad (10)$$

Total jumlah pengiriman semua jenis produk dari tempat penyaluran bantuan k ke lokasi pengungsian l dengan menggunakan jenis armada v pada periode t tidak melebihi total kapasitas jenis armada v yang dibutuhkan untuk pengiriman bantuan dari tempat penyaluran bantuan k ke lokasi pengungsian l pada periode t .

$$\sum_i Q_{iklvt} \leq m_{klvt} ka_v \quad \forall k, l, v, t \quad (11)$$

Batasan non-negatif:

$$0 \leq sl_{ilt} \leq 1 \quad \forall i, l, t \quad (12)$$

Variabel keputusan integer.

$$Q_{ijkvt}, Q_{iklvt}, Inv_{ijt}, Inv_{ikt}, Inv_{ilt}, B_{ilt}, n_{jkvt}, m_{klvt} \geq 0 \text{ \& integer} \quad \forall i, j, k, l, v, t \quad (13)$$

Variabel keputusan biner.

$$z_k \in \{0,1\} \quad \forall j, k, l \quad (14)$$

Penyelesaian model optimasi sistem distribusi bantuan untuk para korban bencana dengan multi objective yang dipertimbangkan, menggunakan *Fuzzy Goal Integer Programming* (FGIP) karena penilaian bobot relatif untuk tingkat prioritas masing-masing tujuan optimasi tidak pasti dan tidak presisi. Sebelum dilakukan penyelesaian model FGIP, model optimasi *multi objective* diselesaikan secara pre-emptive untuk masing-masing fungsi tujuan sesuai dengan tingkat prioritas, sehingga diperoleh nilai fungsi tujuan terbaik untuk masing-masing.

Selanjutnya model *Fuzzy Goal Integer Programming* untuk optimasi sistem pendistribusian bantuan bencana dapat dinyatakan sebagai berikut:

Fungsi tujuan optimasi:

$$Max \lambda \quad (15)$$

Dengan batasan-batasan:

$$\frac{f_1^- - f_1}{f_1^- - f_1^+} \geq \lambda \quad (16)$$

$$\frac{f_2 - f_2^-}{f_2^+ - f_2^-} \geq \lambda \tag{17}$$

$$\frac{f_3^- - f_3}{f_3^- - f_3^+} \geq \lambda \tag{18}$$

Dan batasan pada formulasi (5)-(7):

f_1^- dan f_1^+ : total waktu pengiriman terlama dan tercepat.

f_2^- dan f_2^+ : total tingkat layanan terkecil dan terbesar.

f_3^- dan f_3^+ : total biaya pendistribusian bantuan terbesar dan terkecil.

3. Hasil dan Pembahasan

Model optimasi sistem pendistribusian bantuan korban bencana dengan pendekatan FGIP diterapkan pada perencanaan pendistribusian 5 jenis produk, yaitu selimut, air minum, mie instant, beras dan obat-obatan yang dikemas dalam ukuran dos yang sama, untuk disalurkan ke 3 (tiga) lokasi pengungsian korban. Bantuan kelima jenis produk tersebut diterima oleh 4 pusat penerimaan bantuan yang tersebar di seluruh wilayah, untuk dikirimkan ke 3 (tiga) potensial tempat penyaluran bantuan dan selanjutnya didistribusikan ke 3 (tiga) lokasi pengungsian korban bencana. Masing-masing tempat penyaluran bantuan memiliki kapasitas dan biaya pembukaan sebagai berikut.

Tabel 1. Kapasitas masing-masing alternatif tempat penyaluran bantuan

Tempat Penyaluran Bantuan	Kapasitas (dos)	Biaya Pembukaan (Rp. Juta)
Lokasi P	10.000	50
Lokasi Q	13.500	65
Lokasi R	15.000	80

Pengiriman bantuan baik dari tempat pusat penerimaan bantuan maupun dari tempat penyaluran bantuan dilakukan dengan menggunakan 3 alternatif jenis armada yang masing-masing memiliki daya tampung sebagai berikut:

Tabel 2. Kapasitas masing-masing jenis armada

Jenis armada	Daya tampung (dos)	Biaya kirim (Rp.ribu /jam)
Truk Fuso	840	2200
Mobil militer	600	1750
Mobil box niaga	350	1350

Berdasarkan data terkait prediksi jumlah kebutuhan harian tiap jenis produk di masing-masing lokasi pengungsian korban bencana, prediksi jumlah bantuan yang diterima pada masing-masing tempat penerimaan bantuan setiap hari selama periode perencanaan 2 minggu dan waktu tempuh antar lokasi, maka diperoleh hasil optimasi untuk masing-masing fungsi tujuan ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Nilai fungsi tujuan untuk kondisi terbaik dan terburuk.

Fungsi Tujuan	Nilai Terbaik	Nilai terburuk
f_1 : total waktu tempuh (jam)	1.440	2.280
f_2 : tingkat layanan	0,862	0,693
f_3 : total biaya distribusi (Rp. Juta)	45.814,77	47.590,16

Selanjutnya dengan menggunakan model optimasi sistem distribusi dengan FGIP diperoleh maksimum nilai $\lambda = 0,914$, sehingga diperoleh trade-off ketiga fungsi tujuan yang optimal yaitu total waktu tempuh sebesar 1.512,24 jam, tingkat layanan pemenuhan kebutuhan korban

bencana sebesar 84,7% dan total biaya distribusi bantuan sebesar Rp. 45.967.454.000,- dengan keputusan membuka/mengoperasikan seluruh tempat penyaluran bantuan potensial yang ada.

4. Kesimpulan

Pada makalah ini telah dibahas pengembangan model optimasi sistem distribusi bantuan untuk korban bencana dengan mempertimbangkan beberapa tujuan, yaitu minimasi total waktu pengiriman bantuan, maksimasi tingkat layanan pemenuhan kebutuhan korban bencana dan minimasi total biaya pendistribusian bantuan. Model optimasi multi objective tersebut diselesaikan dengan pendekatan model Fuzzy Goal Integer Programming (FGIP), karena bobot relatif dari tingkat prioritas masing-masing tujuan yang dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan tidak pasti dan tidak presisi. Hasil keputusan optimal menunjukkan *tradeoff* dari ketiga tujuan, dicapai dengan bobot relatif tingkat prioritas yang paling maksimal.

Penerapan keputusan optimal pendistribusian bantuan ke korban bencana secara efektif dan adil sangat membutuhkan dukungan sistem informasi yang akurat terkait kondisi dan kebutuhan aktual di lokasi bencana. Oleh karena itu, hasil optimal dari model yang diusulkan perlu diintegrasikan dengan pengembangan jaringan sistem informasi terdistribusi yang akurat dan *real time*. Selanjutnya dapat dilakukan penelitian terkait pengembangan model sistem distribusi bantuan yang mempertimbangkan tingkat resiko pada setiap aspek aktivitas logistik yang dijalankan.

5. Daftar Rujukan

- [1]. <http://www.emdat.net>, EM-DAT. The OFDA/CRED international disaster database.
- [2]. Gatignon, A., Wassenhove, L.N.V. & Charles, A. (2010). The Yogyakarta earthquake: Humanitarian relief through IFRC's decentralized supply chain, *International Journal of Production Economics*, 126 (1), 102-110.
- [3]. Torre, L.E., Dolinskaya, I.S & Smilowitz, K.R. (2011). Disaster relief routing: Integrating research and practice, *Socio-Economic Planning Sciences*, Article in Press, 1-10.
- [4]. Prayogo, D.N. (2008). Perancangan Model Jaringan Distribusi Three-Echelon Dengan Multi-Objective Programming, *Proceeding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Simulasi Industri*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM, 78-85.