

PENGEMBANGAN MODEL DISTRIBUSI BARANG BANTUAN PENANGGULANGAN BENCANA ALAM

Rienna Oktarina

Abstract

Basically, the aid goods distribution for natural disaster relief involves activities for delivering aid goods from relocation or supply centers of aid goods to casualty or receiver centers as the targeted locations of the distribution. In this case, the receiver centers are the places or nodes where the disaster occurred. A well-planned distribution system of aid goods is essential to support a prompt supply of aid goods for minimizing the casualties and restoring the productive activities in the disaster area. This paper discusses a research on development of distribution model of aid goods for natural disaster relief. The objective of the model is to minimize total unsatisfied demands for all necessary commodities throughout the planning horizon. The model accommodates delivery of aid goods with transportation time longer than one time period or with delivery frequency less than one. The model developed in this research also adopts maximum weight and maximum space of consignment to define load capacities of vehicles used in delivering the supplies. The model is decomposed into two sub models. Sub model 1 concerns with the allocation problem of aid goods, and Sub model 2 involves the assignment problem of vehicle distributing aid goods which their compositions, amounts and designated routes (from supply centers to receiver centers) have been specified by Sub model 1. The solution of the developed model is obtained using Integer Linear Programming (ILP). In order to test the model performance this research make used of real case of the earthquake disaster that happened in Yogyakarta and Central Java at 27 May 2006.

***Keywords:** Distribution System Planning, disaster logistics, transportation, Integer Linear Programming (ILP).*

1. Pendahuluan

Pujiono (2006) mengemukakan pada dasarnya penanggulangan bencana muncul dari keyakinan bahwa hidup manusia pada hakekatnya adalah sangat berharga. Ditematkannya hidup dan kehidupan sebagai hak dasar setiap manusia mempunyai implikasi bahwa semua langkah penanggulangan bencana harus diambil demi mencegah atau meringankan penderitaan manusia, baik yang diakibatkan oleh konflik maupun bencana. Menurut Hoesada (2006), bencana merupakan interupsi signifikan terhadap kesinambungan kegiatan operasi sehari-hari yang bersifat normal dan berkesinambungan bagi suatu

entitas, yang berpengaruh terhadap anggota dalam entitas, pemasok entitas, pelanggan entitas dan berbagai stakeholder yang lainnya. Interupsi ini dapat menyebabkan entitas yang tertimpa bencana kehilangan sumber-sumber daya sehingga mengalami disfungsi. Pengelolaan penanggulangan bencana menurut Moe (2006) pada dasarnya adalah sama dengan manajemen proyek publik, perbedaannya adalah bahwa manajemen bencana merupakan manajemen yang berbasis pada *non-profit oriented*, sedangkan manajemen proyek publik berbasis pada *profit oriented*. Sumber pendanaan utama dari manajemen bencana adalah berasal dari dana pemerintah, dana organisasi non-pemerintah (ORNOP) dan organisasi internasional, sedangkan pendanaan manajemen proyek publik berasal dari para klien-nya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dirancang sebuah sistem logistik dalam aktivitas tanggap darurat dan penanggulangan bencana yang meliputi aktivitas, pengiriman barang seperti obat-obatan dan tenaga medis, peralatan penyelamatan khusus dan tim penyelamatan, serta makanan dan minuman ke pusat distribusi daerah yang terkena bencana. Sistem logistik yang dirancang juga harus mempertimbangkan detail dari rute transportasi yang dapat dilalui dan kapasitas-kapasitas ke dan di dalam daerah-daerah yang rentan bencana, serta pengetahuan dari masalah-masalah logistik khusus yang mungkin dihadapi pada saat mengirim pasokan barang bantuan setelah terjadi bencana.

Topik penelitian dalam hal perancangan sistem logistik penanggulangan bencana alam merupakan kajian yang relatif baru dan belum banyak yang meneliti. Beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya Ozdamar, Ekinci, dan Kucukyazici (2004) telah melakukan penelitian yang berfokus pada pengembangan model matematik perencanaan logistik skala makro terhadap terjadinya bencana alam. Model yang dikembangkan merupakan hasil penggabungan yang mengintegrasikan *multi-commodity network flow problem* dengan *vehicle routing problem* dengan fungsi tujuan meminimasi permintaan komoditi barang bantuan yang tidak terpenuhi untuk setiap titik permintaan. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Yi dan Ozdamar (2007) yang mengintegrasikan model lokasi dan distribusi untuk mengkoordinasikan dukungan logistik dan proses evakuasi dalam aktivitas penanggulangan bencana.

Solusi model yang dikembangkan Ozdamar, Ekinci, dan Kucukyazici (2004) didekomposisi dalam dua buah model, yaitu model P1 sebagai model untuk mengalokasikan barang bantuan, sedangkan model P2 adalah model untuk penugasan sarana transportasi. Kapasitas muat sarana transportasi yang digunakan adalah kapasitas berat, dengan kata lain barang bantuan atau komoditi yang akan didistribusikan tidak boleh melebihi kapasitas berat dari sarana transportasi yang mengangkutnya. Pada kenyataannya, sarana transportasi yang digunakan selain memiliki kapasitas muat juga memiliki keterbatasan dimensi sehingga barang bantuan yang dikirimkan selain tidak boleh melebihi kapasitas muatnya juga tidak boleh melebihi dimensi kubikasi dari sarana transportasi itu sendiri. Model yang telah dikembangkan Ozdamar, Ekinci, dan Kucukyazici (2004) tidak dapat mengakomodasi pengiriman barang bantuan dengan periode pengiriman lebih dari satu periode, sedangkan pada kenyataannya periode pengiriman barang bantuan memerlukan waktu pengiriman lebih dari satu periode, misalnya pengiriman barang bantuan dengan menggunakan moda transportasi laut memerlukan waktu lebih dari 1 periode (lebih dari 1 hari). Penelitian yang dilakukan adalah mengembangkan model

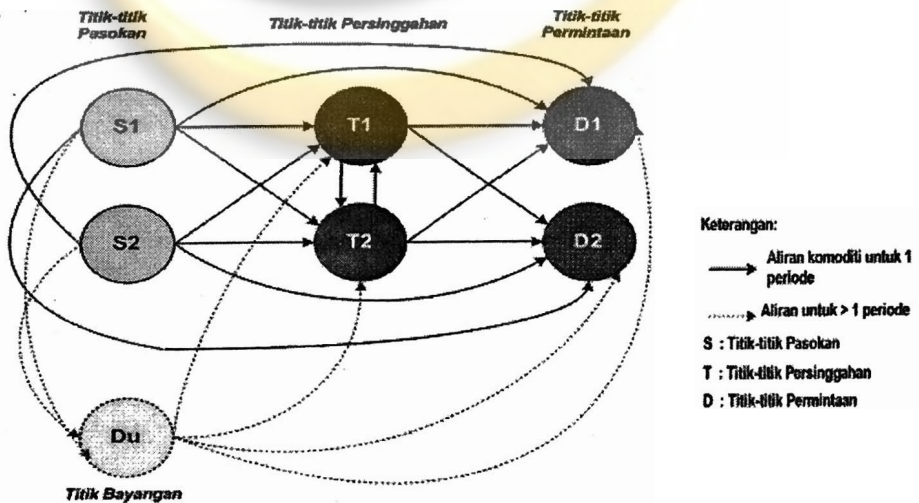
Rienna Oktarina, pengembangan model distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam

distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam yang meminimalkan jumlah permintaan tidak terpenuhi untuk semua jenis komoditas selama rentang waktu perencanaan. Jumlah permintaan yang tidak terpenuhi dalam model ini adalah merupakan penjumlahan permintaan yang tidak terpenuhi untuk semua jenis komoditas pada seluruh titik permintaan selama rentang waktu perencanaan. Distribusi barang bantuan dalam model adalah alokasi barang bantuan dari titik sumber ke titik tujuan dan penugasan sarana transportasi untuk mendistribusikan barang bantuan yang telah dialokasikan. Secara praktis, model yang dikembangkan berkontribusi untuk menaikkan tingkat pelayanan pemenuhan kebutuhan barang bantuan bagi korban bencana alam.

2. Analisis Masalah

Masalah yang akan dimodelkan dalam penelitian ini adalah masalah distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam nasional untuk menjamin ketepatan dan tingkat pemenuhan kebutuhan barang bantuan yang diperlukan secara maksimum dilokasi bencana. Model distribusi yang dikembangkan dapat dikelompokkan dalam masalah alokasi barang yang melibatkan sejumlah komoditas, sejumlah sarana transportasi untuk setiap moda, dan beberapa periode perencanaan. Model tersebut digabungkan dengan penugasan sarana transportasi untuk mengangkut barang bantuan yang telah dialokasikan.

Model yang dikembangkan adalah model pendistribusian barang bantuan dari titik sumber ke titik tujuan (titik lokasi bencana). Model distribusi barang bantuan yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan pengembangan model penelitian yang telah dilakukan oleh Ozdamar, Ekinci, dan Kucukyazici (2004). Struktur model distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen yang terlibat, yaitu titik suplai sebagai titik pemasok atau sebagai titik sumber, titik persinggahan dan titik permintaan sebagai titik tujuan. Struktur sistem distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Model Distribusi Barang Bantuan Penanggulangan Bencana

Penjelasan detail untuk masing-masing titik yang terlibat dalam struktur model adalah sebagai berikut:

1. Titik suplai sebagai titik pemasok atau sebagai titik sumber yaitu titik-titik yang memiliki pasokan komoditi barang bantuan. Dalam kasus bencana ini, titik suplai adalah titik-titik penampungan barang bantuan atau titik-titik yang memiliki komoditas barang bantuan yang diperlukan misalnya, Palang Merah Indonesia, Rumah Sakit, atau gudang-gudang penampungan barang bantuan yang dimiliki oleh Badan Koordinasi Penanggulangan Bencana. Selain terdapat aliran barang, pada titik pasokan ini juga terdapat aliran sarana transportasi. Jumlah sarana transportasi yang ada pada titik pasokan merupakan sarana yang tersedia di titik pasokan itu sendiri.
2. Titik persinggahan (*transshipment point*) yaitu titik-titik permintaan yang juga sekaligus berperan sebagai titik pasokan. Bila titik permintaan ini dipasok sejumlah barang yang jumlahnya lebih besar dari jumlah kebutuhan, maka akan terdapat sejumlah kelebihan barang. Jumlah kelebihan barang ini selanjutnya dapat dikirimkan ke titik permintaan yang lainnya.
3. Titik permintaan sebagai titik tujuan, yaitu titik-titik yang memiliki sejumlah permintaan atau kebutuhan barang bantuan, yang akan dipasok oleh titik suplai maupun titik persinggahan. Pada kasus bencana, titik-titik permintaan ini adalah titik lokasi dimana bencana terjadi dan titik lokasi yang terkena dampak bencana.
4. Titik tunggu (*delay point*), yaitu titik yang digunakan seolah-olah untuk menampung sementara komoditas yang dikirimkan lebih dari satu periode. Bila terdapat waktu pengiriman barang yang lebih dari satu periode, maka frekuensi pengiriman akan bernilai kurang dari satu, misalnya bila pengiriman barang diperlukan waktu selama 3 hari, maka frekuensi pengiriman barang adalah $1/3$, dengan demikian diakhir periode t jumlah permintaan belum akan terpenuhi karena barang pasokan belum sampai, barang pasokan tersebut baru akan sampai 3 hari kemudian sehingga dengan demikian jumlah permintaan akan terpenuhi pada periode $t+3$. Dalam proses perhitungan yang dilakukan, sejumlah barang pasokan tersebut seolah-olah ditampung sementara di titik tunggu, dan akan menunggu di tunggu tersebut sampai 3 hari kemudian.

3. pengembangan model

Pengembangan model distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam ini pada dasarnya terbagi menjadi dua sub model, yaitu sub model 1 untuk alokasi komoditi barang bantuan dan sub model 2 sebagai model penugasan sarana transportasi untuk mengangkut komoditi barang bantuan yang telah ditetapkan pada model sub 1. Input dari model tersebut adalah sejumlah set dan parameter seperti yang disampaikan dalam Gambar 2. Seluruh set yang diperlukan digunakan dalam memecahkan sub model 1 dan 2, sedangkan input parameter untuk sub model 1 dan sub model 2 berbeda, untuk input sub model 1 diperlukan 2 parameter yaitu parameter-1 yang tergambar pada Gambar 2, sedangkan input sub model 2 diperlukan sejumlah parameter seperti yang tergambar dalam Gambar 2. Solusi dari kedua model ini dilakukan secara sekuensial dalam satu model dengan menggunakan *software* Lingo 9 dengan metode solusi *Linear Integer Programming*. Kerangka pengembangan model yang dilakukan adalah seperti tampak pada Gambar 2.

Proses perencanaan ulang merupakan masalah utama dalam aktivitas logistik yang dinamis. Dalam bencana alam, proses perencanaan ulang ini disebabkan oleh perubahan terus-menerus yang terjadi pada jumlah dan jenis permintaan,

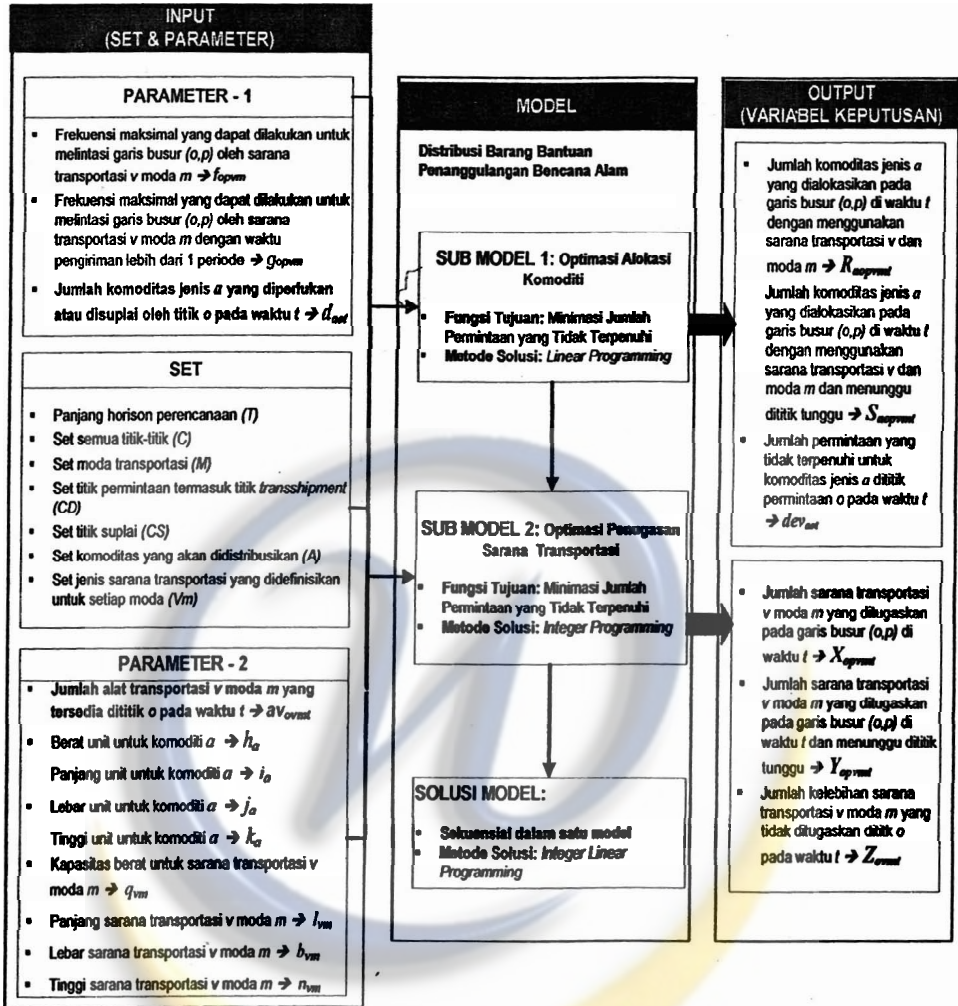
Rienna Oktarina, pengembangan model distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam

jumlah pasokan, jumlah ketersediaan sarana transportasi yang terus berubah sejalan dengan perkembangan dampak bencana yang ditimbulkan oleh bencana itu sendiri. Proses perencanaan ulang dilakukan berdasarkan periode waktu perencanaan yang digunakan dalam satuan hari, jam ataupun satuan waktu lainnya. Satuan waktu yang digunakan dalam proses perencanaan ulang disesuaikan dengan kondisi dan perkembangan dampak bencana. Proses perencanaan ulang dilakukan untuk mengakomodasi apabila terjadi perubahan dalam jumlah dan jenis permintaan, jumlah dan jenis pasokan serta jumlah dan jenis sarana transportasi yang tersedia, sehingga jumlah permintaan, jumlah pasokan dan jumlah sarana transportasi yang tersedia dapat segera diperbaharui sesuai dengan perubahan yang terjadi dan dieksekusi untuk menghasilkan solusi model yang baru.

Dalam model distribusi yang dikembangkan, variabel keputusan yang dihasilkan pada periode 1 akan berkontribusi pada parameter periode berikutnya. Jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk komoditas jenis a dititik permintaan o pada waktu t (dev_{aot}) akan menjadi penambah jumlah komoditas jenis a yang diperlukan atau dipasok oleh titik o pada waktu $t+1$ (d_{aot+1}), sehingga jumlah permintaan pada waktu $t = d_{aot} + dev_{aot-1}$. Demikian juga dengan jumlah komoditas jenis a dititik pasokan p yang tidak terdistribusikan pada waktu t (d_{aot}) akan ditambahkan dengan jumlah pasokan pada waktu $t+1$, sehingga jumlah pasokan pada waktu $t = d_{aot} + d_{aot-1}$.

Terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam pengembangan model, asumsi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Performansi model yang dipertimbangkan adalah minimasi jumlah permintaan barang bantuan yang tidak terpenuhi.
2. Model yang dikembangkan tidak mempertimbangkan ongkos pengiriman barang bantuan, meskipun pada kenyataannya pengiriman barang bantuan ini memerlukan ongkos pengiriman. Karena dalam proses pengiriman barang bantuan pada masa tanggap darurat ongkos pengiriman barang bantuan tidak terlalu diutamakan, yang paling diutamakan adalah barang bantuan harus tiba dilokasi bencana secepat mungkin untuk menghindari semakin banyaknya korban dan untuk mengurangi penderitaan para korban bencana.
3. Pengiriman barang bantuan dilakukan secara langsung (*direct shipment*) dari titik pasokan atau titik persinggahan ke titik permintaan hal ini dikarenakan banyaknya keluhan terhadap birokrasi penanganan bantuan, yang dinilai cukup lambat selama ini dalam menangi pendistribusian barang bantuan, maka model yang dikembangkan dalam penelitian ini mengasumsikan bahwa pengiriman barang bantuan kepada korban bencana dilakukan langsung ke lokasi-lokasi bencana dengan terlebih dahulu mengadakan koordinasi dengan kecamatan dan kabupaten, dan melakukan identifikasi kebutuhan komoditas dan pelayanan yang benar-benar diperlukan.
4. Bila terdapat pengiriman sejumlah komoditas dengan frekuensi pengiriman yang bernilai kurang dari satu, maka sejumlah barang tersebut seolah-olah ditampung sementara di titik bayangan.



Gambar 1 Kerangka Pengembangan Model

4. formulasi model

Untuk memudahkan pemahaman terhadap formulasi model matematik yang akan dikembangkan, terlebih dahulu disajikan notasi-notasi matematis yang akan digunakan dalam pengembangan model. Notasi-notasi tersebut dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu notasi set, notai parameter dan notasi variabel keputusan. Ketiga notasi tersebut secara lebih detail dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Notasi Set

- T : panjang horizon perencanaan.
- C : set semua titik-titik.
- CD : set titik permintaan termasuk titik persinggahan.
- CS : set titik pasokan.
- A : set komoditas.
- M : set moda transportasi.
- V_m : set jenis kendaraan yang didefinisikan untuk setiap moda transportasi m .

b. Notasi Parameter

- f_{opvm} : frekuensi tempuh maksimal untuk melintasi garis busur (o, p) dengan periode pengiriman satu periode oleh sarana transportasi v moda m , f_{opvm} bernilai nol untuk garis busur yang tidak terlintasi.
- g_{opvm} : frekuensi tempuh maksimal untuk melintasi garis busur (o, p) dengan periode pengiriman lebih dari satu periode oleh sarana transportasi v moda m , g_{opvm} bernilai kurang dari satu, karena proses pengiriman barangnya lebih dari satu hari, g_{opvm} bernilai nol untuk garis busur yang tidak terlintasi.
- h_a : berat unit untuk komoditi a (kg).
- i_a : panjang unit untuk komoditi a (m).
- j_a : lebar unit untuk komoditi a (m).
- k_a : tinggi unit untuk komoditi a (m).
- q_{vm} : kapasitas muat berat untuk sarana transportasi v moda m (kg).
- l_{vm} : panjang sarana transportasi v moda m (m).
- b_{vm} : lebar sarana transportasi v moda m (m).
- n_{vm} : tinggi sarana transportasi v moda m (m).
- d_{ot} : jumlah komoditas jenis a yang diperlukan atau disuplai oleh titik o pada waktu t (unit), d_{aot} bernilai positif untuk suplai dan bernilai negatif untuk permintaan.
- av_{ovmt} : jumlah sarana transportasi v moda m yang tersedia dititik titik o pada waktu t (unit).

c. Notasi Variabel Keputusan

- R_{aopvmt} : jumlah komoditas jenis a yang dialokasikan pada garis busur (o,p) dengan menggunakan sarana transportasi v moda m di waktu t (unit).
- S_{aopvmt} : jumlah komoditas jenis a yang dialokasikan pada garis busur (o,p) di waktu t dengan menggunakan sarana transportasi v moda m dan menunggu di titik tunggu (unit).
- dev_{aot} : jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk komoditas jenis a dititik permintaan o pada waktu t (unit).
- X_{opvmt} : jumlah sarana transportasi v moda m yang ditugaskan pada garis busur (o, p) pada waktu t (unit).
- Y_{opvmt} : jumlah sarana transportasi v moda m yang ditugaskan pada garis busur $(o p)$ pada waktu t dan menunggu di titik tunggu (unit).
- Z_{ovmt} : jumlah sarana transportasi v moda m yang tidak ditugaskan dititik o pada waktu t .

Fungsi tujuan dari model adalah untuk meminimumkan jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk semua jenis komoditas pada seluruh titik permintaan selama rentang waktu perencanaan. Fungsi tujuan tersebut dapat diekspresikan dalam pernyataan matematis sebagai berikut:

$$\text{minimasi } \sum_{a \in A} \sum_{o \in CD} \sum_{t \in T} dev_{aot} \quad (1)$$

Fungsi pembatas dari model yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$\sum_{m \in M} \sum_{v \in V_m} \left[- \sum_{p \in C} R_{apovmt} + \sum_{p \in C} R_{aopvmt} + \sum_{p \in C} S_{aopvmt} \right] - dev_{aot} = d_{aot} \\ (\forall a \in A, o \in CD, t \in T), \quad (2)$$

$$\sum_{m \in M} \sum_{v \in V_m} \left[- \sum_{p \in C} R_{apovmt} + \sum_{p \in C} R_{aopvmt} + \sum_{p \in C} S_{aopvmt} \right] \leq d_{aot} \\ (\forall a \in A, o \in CS, t \in T), \quad (3)$$

$$\sum_{p \in C} X_{opvmt} + Y_{opvmt} + Z_{ovmt} \leq av_{ovmt}, \quad \forall o \in C, v \in V, m \in M, t \in T \quad (4)$$

$$\sum_{a \in A} h_a \times R_{aopvmt} \leq \sum_{v \in V_m} X_{opvmt} \times q_v \times f_{opvm}, \quad (\forall \{o, p\} \subseteq C, m \in M, t \in T)$$

(5)

$$\sum_{a \in A} h_a \times S_{aopvmt} \leq \sum_{v \in V_m} Y_{opvmt} \times q_v \times g_{opvm}, \quad (\forall \{o, p\} \subseteq C, m \in M, t \in T)$$

(6)

$$\sum_{a \in A} (i_a \times j_a \times k_a) \times R_{aopvmt} \leq \sum_{v \in V_m} X_{opvmt} \times (l_{vm} \times b_{vm} \times n_{vm}) \times f_{opvm},$$

(7)

$$(\forall \{o, p\} \subseteq C, m \in M, t \in T)$$

$$\sum_{a \in A} (i_a \times j_a \times k_a) \times S_{aopvmt} \leq \sum_{v \in V_m} Y_{opvmt} \times (l_{vm} \times m_{vm} \times n_{vm}) \times g_{opvm},$$

(8)

$$(\forall \{o, p\} \subseteq C, m \in M, t \in T)$$

$$R_{aopvmt} \geq 0$$

(9)

$$S_{aopvmt} \geq 0$$

(10)

$$dev_{aot} \geq 0;$$

(11)

$$X_{opvmt} \geq 0 \text{ dan integer}$$

(12)

$$Y_{opvmt} \geq 0 \text{ dan integer}$$

(13)

$$Z_{ovmt} \geq 0 \text{ dan integer,}$$

(14)

Pembatas (2) untuk menjamin bahwa jumlah barang yang diminta atau dibutuhkan di titik permintaan sama dengan jumlah barang yang dikirimkan dari titik-titik pasokan dan ke titik-titik tunggu. Titik permintaan pada model ini dapat berfungsi sekaligus sebagai titik persinggahan, hal ini dapat terjadi apabila jumlah permintaan lebih kecil daripada jumlah pasokan, sehingga di titik permintaan ini masih terdapat sejumlah kelebihan barang, maka kelebihan barang ini dapat dikirimkan ke titik permintaan yang lainnya. Bila jumlah barang dari titik-titik pasokan lebih kecil dari pada total jumlah permintaan, maka akan terdapat sejumlah permintaan yang tidak terpenuhi. Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka dapat dihitung jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk seluruh jenis komoditas di setiap titik permintaan pada periode t . Pembatas (3) adalah pembatas keseimbangan aliran barang di titik pasokan.

untuk menjamin bahwa barang yang dikirimkan ke titik-titik permintaan tidak melebihi kapasitas jumlah pasokan yang tersedia di titik pasokan. Pembatas (4) untuk menjamin jumlah sarana transportasi yang ditugaskan mengirimkan barang dari titik pasokan tidak melebihi jumlah sarana transportasi yang tersedia di titik pasokan. Bila jumlah sarana transportasi yang tersedia lebih besar dari jumlah sarana transportasi yang ditugaskan mengirim barang bantuan, maka akan terdapat kelebihan sarana transportasi (sarana transportasi yang menganggur). Pembatas (5) untuk menjamin bahwa berat total dari jumlah komoditas yang dikirimkan dengan menggunakan sarana transportasi yang ditugaskan tidak melebihi kapasitas muat sarana transportasi tersebut, sedangkan pembatas kapasitas sarana transportasi di titik tunggu adalah sesuai dengan pembatas (6). Pembatas (7) berfungsi untuk menjamin bahwa volume barang yang dikirimkan tidak melebihi volume dari sarana transportasi yang ditugaskan, sedangkan pembatas kapasitas volume sarana transportasi di titik tunggu adalah sesuai dengan pembatas (8). Pembatas (9) sampai pembatas (14) merupakan pembatas non-negatif, yaitu pembatas untuk menjamin bahwa nilai minimum dari variabel keputusan adalah nol, sehingga dengan demikian tidak akan pernah diperoleh variabel keputusan yang bernilai negatif

5. Algoritma pencarian solusi

Algoritma pencarian solusi model yang dilakukan dalam pengembangan model distribusi barang bantuan pada penelitian ini secara garis besar dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Tetapkan fungsi tujuan
2. Tetapkan panjang horison perencanaan
3. Tentukan matriks set dan parameter
4. Jalankan program untuk $t = 1$
5. Diperoleh solusi untuk sub model 1 yaitu alokasi pengiriman barang bantuan, R_{aopvmt} dan S_{aopvmt} diperoleh dari hasil pengulangan iterasi hingga menghasilkan solusi paling minimal.
6. Dari solusi sub model 1, apakah masih terdapat permintaan yang tidak terpenuhi?
 - a. Jika tidak, maka status permintaan telah terpenuhi 100%
 - b. Jika ya, maka baca permintaan tidak terpenuhi sebagai dev_{aot}
7. Berdasarkan solusi sub model 1 yang telah diperoleh, selanjutnya selesaikan sub model 2 yaitu penugasan sarana transportasi. X_{opvmt} dan Y_{opvmt} diperoleh dari hasil pengulangan iterasi hingga menghasilkan solusi paling minimal.
8. Dari solusi sub model 2, apakah masih terdapat sarana transportasi yang tidak ditugaskan?
 - a. Jika tidak, maka jumlah sarana transportasi yang dipakai mendistribusikan barang bantuan adalah 100%.
 - b. Jika ya, maka baca sarana transportasi yang tidak ditugaskan sebagai Z_{ovmt}
9. Simpan R_{aopvmt} , S_{aopvmt} , dev_{aot} , X_{opvmt} , Y_{opvmt} dan Z_{ovmt} sebagai solusi optimal untuk $t=1$
10. Hitung fungsi tujuan untuk $t=1$
11. Cek apakah $t = T$?
 - a. Jika tidak, lakukan langkah 12
 - b. Jika ya, langsung lakukan langkah 15
12. Perbaharui set dan parameter untuk $t+1$

- a. Lakukan perubahan jika terdapat perubahan dalam jumlah dan jenis pasokan, jumlah dan jenis permintaan, jumlah dan jenis sarana transportasi
 - b. Parameter d_{bot} berubah menjadi $d_{bot} + dev_{bot-1}$
13. Jalankan program dan hitung variabel keputusan untuk $t = t+1$
 14. Ulangi langkah 5 sampai langkah 13 hingga $t = T$
 15. Buat laporan solusi optimal

6. Uji Coba model

Proses uji coba model dilakukan untuk memperoleh dan menganalisis solusi dari model yang telah dikembangkan. Proses uji coba ini dilakukan dengan menggunakan program yang telah dibangun dengan menggunakan *software* Lingo 9. Data yang digunakan dalam tahap uji coba model ini adalah data riil untuk kasus bencana alam gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta dan Jawa Tengah pada 27 Mei 2006. Gempa ini mencapai kekuatan 5,9 pada Skala Richter dan berlangsung selama 52 detik.

Asumsi yang digunakan dalam uji coba model ini adalah sebagai berikut:

1. Jumlah permintaan untuk setiap komoditi di titik-titik permintaan pada periode pertama (hari ke-1) diketahui dengan pasti.
2. Jumlah permintaan untuk setiap komoditi di titik-titik permintaan pada periode berikutnya (setelah hari ke-1 sampai akhir periode perencanaan) dilakukan peramalan dan ditambahkan dengan kekurangan yang terjadi pada periode sebelumnya. Dalam uji coba kasus ini permintaan untuk periode ke-2 dan seterusnya diasumsikan mengalami kenaikan sebesar 10%.
3. Jumlah kapasitas pasokan untuk setiap komoditi di titik-titik pasokan pada periode pertama (hari ke-1) diketahui dengan pasti.
4. Jumlah kapasitas pasokan untuk setiap komoditi di titik-titik pasokan pada periode berikutnya (setelah hari ke-1 sampai akhir periode perencanaan) dilakukan peramalan, dalam uji coba kasus ini pasokan untuk periode ke-2 dan seterusnya diasumsikan mengalami kenaikan sebesar 20%.
5. Bila di titik pasokan masih tersisa barang pada waktu t , maka barang tersebut akan menjadi kapasitas pasokan pada periode berikutnya.
6. Di titik permintaan tidak ada pengiriman barang kemanapun, dengan kata lain frekuensi pengiriman barang dari titik permintaan ke titik manapun nilainya adalah nol.
7. Dalam uji coba kasus ini, tidak terdapat waktu pengiriman yang lebih dari satu hari, sehingga dengan demikian tidak ada frekuensi pengiriman yang bernilai kurang dari satu.
8. Komoditas yang dipertimbangkan dalam uji coba kasus ini, hanyalah beberapa komoditas yang diperlukan dalam fase tanggap darurat, tidak mempertimbangkan barang bantuan untuk fase evakuasi, atau fase rekonstruksi.
9. Periode perencanaan ulang yang dilakukan dalam uji coba kasus ini adalah 1 hari.

Titik permintaan dalam uji coba model ini terdiri atas 6 titik yaitu Bantul, Sleman, Yogya, Kulon Progo, Gunung Kidul, dan Klaten. Titik pasokan terdiri atas 28 titik, yaitu kabupaten yang memiliki pasokan komoditas barang bantuan, seperti

tampak pada Tabel. 1. Komoditas yang dipertimbangkan dalam uji coba model ini adalah beras, mie instant, air mineral, gula putih, obat-obatan dan pakaian. Jumlah pasokan dan permintaan masing-masing titik untuk setiap komoditas serta dimensi setiap komoditas adalah seperti tampak pada Tabel 1.

Sarana transportasi yang melibatkan dalam uji coba model terdiri atas 4 moda yaitu darat, laut, udara dan rel. Moda darat dan udara terdiri atas 2 jenis sarana transportasi. Jumlah sarana transportasi untuk masing-masing jenis di setiap titik serta kapasitas dimensi dan kaapsitas volume untuk masing-masing jenis sarana transportasi adalah seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 1. Kuantitas Pasokan dan Permintaan Masing-masing Titik

No.	Kabupaten		Kuantitas Awal (unit)					
			Beras	Mie Instant	Air Mineral	Gula Putih	Obat-obatan	Pakaian
			A	B	C	D	E	F
1	Bantul	BTL	-1644	-10277	-21411	-206	-20	-50
2	Slleman	SLM	-1910	-11938	-24872	-239	-20	-50
3	Yogya	JOG	-484	-2900	-6042	-58	-10	-30
4	Kulon Progo	KLP	-673	-4204	-8758	-84	-15	-40
5	Gunung Kidul	GKL	-835	-5218	-10871	-104	-10	-30
6	Banjarnegara	BJN	18	90	90	18	18	36
7	Banyumas	BYM	27	135	135	27	27	54
8	Batang	BTG	12	60	60	12	12	24
9	Blora	BLR	16	80	80	16	16	32
10	Boyolali	BYL	19	95	95	19	19	38
11	Brebes	BRB	17	85	85	17	17	34
12	Cilacap	CLC	23	115	115	23	23	46
13	Demak	DMK	14	70	70	14	14	28
14	Grobogan	GBG	19	95	95	19	19	38
15	Jepara	JPR	14	70	70	14	14	28
16	Karanganyar	KRG	17	85	85	17	17	34
17	Kebumen	KBM	26	130	130	26	26	52
18	Kendal	KDL	19	95	95	19	19	38
19	Klaten	KLT	-2275	-14218	-29622	-284	-20	-50
20	Kudus	KDS	9	45	45	9	9	18
21	Magelang	MGL	21	105	105	21	21	42
22	Pati	PAT	21	105	105	21	21	42
23	Pekalongan	PKL	19	95	95	19	19	38
24	Pemalang	PML	14	70	70	14	14	28
25	Purbalingga	PBL	18	90	90	18	18	36
26	Purworejo	PWJ	16	80	80	16	16	32
27	Rembang	RBG	14	70	70	14	14	28
28	Semarang	SMG	18	90	90	18	18	36
29	Sragen	SRG	20	100	100	20	20	40
30	Sukoharjo	SKH	12	60	60	12	12	24
31	Tegal	TGL	18	90	90	18	18	36
32	Temanggung	TMG	20	100	100	20	20	40
33	Wonogiri	WNG	25	125	125	25	25	50
34	Wonosobo	WNS	15	75	75	15	15	30
			Data Dimensi 1 unit					
Berat (kg)			25	3.2	12.2	20.5	5	10
Volume (m3)			0.2442	0.0168	0.0185	0.0272	0.0380	0.0380

Sumber: <http://www.bakornasppb.go.id/new/> (Agustus 2007), <http://infogempa.jogja.go.id/> (Agustus 2007), <http://www.sphereproject.org/> (Agustus 2007), dan <http://jateng.bps.go.id/>

Hasil yang diperoleh dari uji coba model yang telah dilakukan adalah seperti tampak pada Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa jumlah permintaan yang tidak terpenuhi semakin besar untuk setiap periodenya, hal ini terjadi karena adanya akumulasi permintaan yang tidak terpenuhi. Permintaan yang tidak terpenuhi di periode 1 akan ditambahkan dengan permintaan di periode 2 dan seterusnya. Untuk periode 1, total jumlah

Rienna Oktarina, pengembangan model distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam

permintaan tidak terpenuhi untuk semua komoditas di seluruh kabupaten yang terkena bencana adalah sebesar 153,096 dan angka ini terus mengalami kenaikan untuk periode selanjutnya. Untuk komoditas obat-obatan dan pakaian layak pakai diseluruh kabupaten selama rentang waktu perencanaan tidak mengalami kekurangan, atau dengan kata lain tidak ada permintaan yang tidak terpenuhi, hal ini disebabkan karena pasokan untuk kedua jenis komoditas tersebut jumlahnya lebih besar bila dibandingkan dengan permintaan terhadap kedua jenis komoditas tersebut.

Tabel 2. Jumlah Sarana Transportasi di Setiap Titik

No.	Kabupaten		Jumlah Tersedia					
			D1	D2	U1	U2	KA	L
1	Bantul	BTL	3	3	0	0	0	0
2	Sleman	SLM	3	3	0	0	0	0
3	Yogya	JOG	3	3	1	1	1	0
4	Kulon Progo	KLP	3	3	0	0	0	0
5	Gunung Kidul	GKL	3	3	0	0	0	0
6	Banjarnegara	BJN	3	3	0	0	0	0
7	Banyumas	BYM	3	3	1	1	1	0
8	Batang	BTG	3	3	0	0	0	1
9	Blora	BLR	3	3	0	0	0	0
10	Boyolali	BYL	3	3	1	1	0	0
11	Brebes	BRB	3	3	0	0	0	1
12	Cilacap	CLC	3	3	1	1	1	1
13	Demak	DMK	3	3	0	0	0	0
14	Grobogan	GBG	3	3	0	0	0	0
15	Jepara	JPR	3	3	0	0	0	1
16	Karanganyar	KRG	3	3	0	0	0	0
17	Kebumen	KBM	3	3	0	0	0	0
18	Kendal	KDL	3	3	0	0	0	0
19	Klaten	KLT	3	3	0	0	0	0
20	Kudus	KDS	3	3	0	0	0	0
21	Magelang	MGL	3	3	0	0	0	0
22	Pati	PAT	3	3	0	0	0	1
23	Pekalongan	PKL	3	3	0	0	1	1
24	Pemalang	PML	3	3	0	0	0	0
25	Purbalingga	PBL	3	3	0	0	0	0
26	Purworejo	PWJ	3	3	0	0	1	0
27	Rembang	RBG	3	3	0	0	0	1
28	Semarang	SMG	3	3	1	1	1	1
29	Sragen	SRG	3	3	0	0	0	0
30	Sukoharjo	SKH	3	3	0	0	0	0
31	Tegal	TGL	3	3	0	0	1	1
32	Temanggung	TMG	3	3	0	0	0	0
33	Wonogiri	WNG	3	3	0	0	0	0
34	Wonosobo	WNS	3	3	0	0	0	0
			Kapasitas Angkut 1 Kendaraan					
Berat (kg)			26000	15000	5000	10000	90000	75000
Panjang (m)			8.84	7.52	8.48	10.50	23.00	23.00
Lebar (m)			2.45	2.45	2.45	2.50	3.20	3.20
Tinggi (m)			2.70	2.70	2.70	2.70	3.00	3.00
Volume (m3)			58.48	49.74	56.10	70.88	220.80	220.80

Persentase permintaan yang tidak terpenuhi untuk setiap periode rata-rata sebesar lebih dari 90%, dengan rincian sebagai berikut: periode 1 adalah sebesar 96.01% , periode 2 sebesar 97.69%, periode 3 sebesar 98.47%, periode 4 sebesar 98.86%, periode 5 sebesar 99.09% dan periode 6 sebesar 99.24%. Jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk komoditas obat-obatan

Rienna Oktarina, pengembangan model distribusi barang bantuan penanggulangan bencana alam

2. Dari hasil uji coba model yang dilakukan dengan menggunakan kasus gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta dan Jawa Tengah pada tanggal 27 Mei 2006, diperoleh persentase permintaan yang tidak terpenuhi untuk setiap periode adalah sebesar 96.01% untuk periode 1, 97.69% periode 2, 98.47% periode 3, 98.86% periode 4, 99.09% periode 5 dan 99.24% untuk periode 6. Permintaan yang tidak terpenuhi untuk setiap periode disebabkan karena adanya ketidakseimbangan jumlah permintaan dan jumlah pasokan, dalam kasus uji coba model yang dilakukan dalam penelitian ini jumlah kapasitas pasokan jauh lebih kecil dibandingkan jumlah permintaan. Namun, kemampuan model dalam mengalokasikan barang bantuan yang ada dititik pasokan telah sesuai dengan permintaan pada titik permintaan.
3. Dari hasil uji coba model yang dilakukan, komposisi barang bantuan yang dikirimkan ke masing-masing titik permintaan masih belum merata, misalnya untuk jenis barang bantuan gula putih, pada periode satu kabupaten Bantul dan kabupaten Kulon Progo jumlah permintaan yang tidak terpenuhi adalah 0, sedangkan untuk ke-4 kabupaten lainnya masih terdapat sejumlah permintaan yang belum terpenuhi. Hal ini disebabkan karena model yang dikembangkan dalam penelitian belum melakukan proses pembobotan terhadap komposisi komoditas barang bantuan yang dikirimkan ke titik permintaan.

8. Daftar Pustaka

1. Moe, Tun Lin. An Integrated Approach to Natural Disaster Management; Public Project Management and Its Critical Success Factors, *Disaster Prevention and Management*, Vol. 15 No. 3, pp. 396-413, 2006.
2. Hoesada, Jan (2006). Disaster Recovery Planning: Manajemen Bencana Administrasi dan Akuntansi. Sumber: <http://www.ksap.org/Riset&Artikel/Art11.pdf> (Juni 2007)
3. Ozdamar, Linet., Ekinci, Ediz., Kucukyazici, Beste, Emergency Logistics Planning in Natural Disasters, *Annals of Operations Research* 129, 217-245, 2004.
4. Pujiono (editor), Piagam Kemanusiaan dan Standar Minimum dalam Respons Bencana, Proyek SPHERE, Grasindo, 2006.
5. Yi, Wei., Ozdamar, Linet. A Dynamic Logistics Coordination Model for Evacuation And Support In Disaster Response Activities, *European Journal of Operational Research* 179 (2007) 1177-1193, 2007.
6. Website Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana <http://www.bakornasbpb.go.id/new/> (Agustus 2007).
7. Website Satlak Bencana Pemerintah Kota Yogyakarta <http://infogempa.jogja.go.id/> (Agustus 2007).
8. Website Project Sphere <http://www.sphereproject.org/> (Agustus 2007).
9. Website Badan Pusat Statistik Jawa Tengah, <http://jateng.bps.go.id/>
10. Badan Pusat Statistik.

