

MODEL DISTRIBUSI LOGISTIK KEMANUSIAAN DALAM MENGHADAPI BENCANA GEMPA BUMI DI KABUPATEN BANTUL

Yohanes Anton Nugroho, D. Haryanto, Dyah Rachmawati Lucitasari
Program Studi Magister Teknik Industri UPN "Veteran" Yogyakarta
yohanesanton@uty.ac.id

ABSTRACT

Earthquake is a disaster that difficult to predict, and potentially cause enormous damage for the affected region. Bantul regency is one of the regions that vulnerable earthquakes. Humanitarian logistics distribution model in the research model the distribution logistics of humanitarian aid package from BPBD kabupaten Bantul towards the warehouse distributor. Amount of aid distributed determined by consideration refugees number to their respective districts, the level of vulnerability and scenario level heavy damage. Based on the results of linear programming model using running LINDO 6.1 For Student Version on the extent of the damage was very severe obtained the necessary amount of time distribution is for 3 days, with 287 transport using engkeltruck and 38 transport using trontontruck

Keyword: earthquake, distribution, humanitarian, logistic, Bantul

ABSTRAK

Gempa bumi merupakan bencana yang sulit diprediksi, dan berpotensi menyebabkan kerusakan besar bagi wilayah terdampak. Kabupaten Bantul merupakan salah satu wilayah rawan bencana gempa bumi. Model distribusi logistik kemanusiaan dalam penelitian memodelkan pendistribusian paket bantuan logistik kemanusiaan dari BPBD Kabupaten Bantul menuju gudang penyalur (Kecamatan). Jumlah bantuan yang didistribusikan ditentukan oleh pertimbangan jumlah pengungsi masing-masing wilayah kecamatan, tingkat kerawanan dan skenario tingkat kerusakan berat. Berdasarkan hasil running model linear programming menggunakan LINDO 6.1 For Student Version pada tingkat kerusakan sangat parah didapatkan jumlah waktu pendistribusian yang diperlukan adalah selama 3 hari, dengan 287 pengangkutan menggunakan truk engkel dan 38 pengangkutan menggunakan truk tronton

Kata kunci: gempa bumi, distribusi, logistik, Bantul

Pendahuluan

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang pernah mengalami dampak bencana gempa bumi. Pada 27 Mei 2006, pukul 5.53 pagi, terjadi gempa bumi berkekuatan 5,9 skala richter, yang berpusat di koordinat 8°03' lintang selatan dan 110°23' bujur timur, dengan kedalaman hanya 33 kilometer dari permukaan tanah. Letak pusat gempa tersebut berjarak hanya sekitar 35 km dari kota Yogyakarta, dan dirasakan di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah

(Susetiono, 2010). Dampak yang paling parah dialami oleh kabupaten Bantul, dimana menimbulkan kematian 4121 jiwa penduduk, kerusakan puluhan ribu bangunan, infrastruktur dan sarana publik. Kondisi tersebut juga menyebabkan ribuan keluarga mengungsi karena kehilangan rumah dan harta yang dimiliki.

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang sulit diprediksi kapan dan dimana akan terjadi. Oleh karena itu, hampir tidak mungkin untuk menentukan kerusakan dan bantuan yang tepat sebelum kejadian

(Döyen *et al*, 2011). Luasnya wilayah terdampak dan kerusakan ekonomi akibat bencana gempa bumi memerlukan pencarian solusi yang efektif dan efisien untuk mengurangi dampak bencana dan memberikan respon yang cepat dan efisien dengan menyediakan cepat barang-barang bantuan seperti makanan darurat, air, dan obat untuk daerah-daerah yang terkena dampak parah (Beamon, 2008).

Pemerintah telah mengeluarkan undang-undang No 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, dimana pada pasal 5 disebutkan bahwa pemerintah pusat dan pemerintah daerah menjadi penanggung jawab dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana. Sementara pada pasal 6c disebutkan salah satu tanggungjawab pemerintah pusat dan daerah adalah penjaminan pemenuhan hak masyarakat dan pengungsi yang terkena bencana secara adil dan sesuai dengan standar pelayanan minimum. Berdasarkan pertimbangan tersebut salah satu upaya yang perlu dilakukan oleh pemerintah adalah menjamin distribusi logistik diperlukan untuk menjamin penyampaian kebutuhan masyarakat tersebut, sehingga perlu dipersiapkan dengan baik. Berdasarkan Perka Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) No 13 tahun 2008 tentang pedoman manajemen logistik dan peralatan penanggulangan bencana, proses manajemen logistik dan peralatan meliputi tahap perencanaan kebutuhan, pengadaan, pergudangan, pendistribusian, pengangkutan, penerimaan di tujuan, penghapusan dan pertanggungjawaban.

Beamon (2004), Thomas dan Kopczak (2005), dan Van Wassenhove (2006) menjelaskan perbedaan mendasar antara rantai pasokan logistik komersial dan rantai bantuan kemanusiaan dalam hal strategis, pelanggan dan karakteristik permintaan, dan faktor lingkungan. Rantai bantuan logistik kemanusiaan memiliki karakteristik adanya

ketidakpastian permintaan (waktu logistik dibutuhkan, lokasi yang mengalami bencana, jenis barang yang dibutuhkan, dan jumlah kebutuhan), permintaan dalam jumlah yang sangat besar dan *lead time* yang pendek, ketidakpastiannya tinggi dengan pengiriman yang memadai dan tepat waktu, kurangnya sumber daya (*supply*, orang, teknologi, kapasitas transportasi, dan uang).

Penelitian ini berusaha mengembangkan model distribusi logistik kemanusiaan yang optimal di kabupaten Bantul, dengan mempertimbangkan tingkat kerawanan wilayah terhadap bencana gempa bumi. Melalui model distribusi logistik kemanusiaan diharapkan dapat ditentukan alokasi distribusi bantuan dari gudang utama, yaitu gudang Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten Bantul menuju gudang penyalur yang berada di tingkat kecamatan secara cepat, efektif dan efisien apabila suatu saat terjadi bencana gempa bumi di kabupaten Bantul.

Landasan Teoritis

1. Bencana

Bencana merupakan suatu hal yang sering dialami oleh penduduk di wilayah Republik Indonesia, yang terletak di daerah yang rawan bencana, baik berupa bencana alam atau pun bencana non alam. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia.

2. Gempa Bumi

Bakornas PB (2007) mendefinisikan gempa bumi adalah berguncangnya bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif aktivitas gunung

api atau runtuhannya batuan. Sementara BMKG mendefinisikan, gempa bumi sebagai peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Pawirodikromo (2012) menjelaskan gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik.

Energi yang dihasilkan dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

Penentuan intensitas gempa umumnya diperoleh melalui wawancara setelah gempa itu terjadi, dan hasilnya didapatkan skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Intensitas gempa dalam skala MMI dinyatakan dalam angka Romawi dari I hingga XII seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Intensitas MMI (BMKG, 2015).

Intensitas MMI	Deskripsi
I	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan luar biasa oleh beberapa orang
II	Getaran dirasakan oleh beberapa orang, benda-benda ringan yang digantung bergoyang
III	Getaran dirasakan nyata dalam rumah. Terasa getaran seakan-akan ada truk berlalu
IV	Pada siang hari dirasakan oleh orang banyak dalam rumah, di luar oleh beberapa orang, gerabah pecah, jendela/pintu berderik dan dinding berbunyi
V	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, orang banyak terbangun, gerabah pecah, barang-barang terpelanting, tiang-tiang dan barang besar tampak bergoyang, bandul lonceng dapat berhenti
VI	Getaran dirasakan oleh semua penduduk. Kebanyakan semua terkejut dan lari keluar, plester dinding jatuh dan cerobong asap pada pabrik rusak, kerusakan ringan
VII	Tiap-tiap orang keluar rumah. Kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Sedangkan pada bangunan yang konstruksinya kurang baik terjadi retak-retak bahkan hancur, cerobong asap pecah. Terasa oleh orang yang naik kendaraan
VIII	Kerusakan ringan pada bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan dengan konstruksi kurang baik, dinding dapat lepas dari rangka rumah, cerobong asap pabrik dan monumen-monumen roboh, air menjadi keruh
IX	Kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus, banyak retak. Rumah tampak agak berpindah dari pondamennya. Pipa-pipa dalam rumah putus
X	Bangunan dari kayu yang kuat rusak, rangka rumah lepas dari pondamennya, tanah terbelah rel melengkung, tanah longsor di tiap-tiap sungai dan di tanah-tanah yang curam
XI	Bangunan-bangunan hanya sedikit yang tetap berdiri. Jembatan rusak, terjadi lembah. Pipa dalam tanah tidak dapat dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali
XII	Hancur sama sekali, Gelombang tampak pada permukaan tanah. Pemandangan menjadi gelap. Benda-benda terlempar ke udara

3. Linear Programming

Pemrograman linier menggunakan model matematis untuk menggambarkan masalah yang menjadi perhatian. Sifat linier mengharapkan semua fungsi matematika dalam model ini dituntut untuk sesuai dengan fungsi linear. Dengan demikian, program linear melibatkan perencanaan kegiatan untuk mendapatkan hasil yang optimal, yaitu, hasil yang mencapai tujuan yang ditentukan terbaik (menurut model matematika) di antara semua alternatif yang layak (Hillier dan Lieberman, 2001)

Linearitas menyiratkan bahwa LP harus memenuhi tiga sifat dasar (Taha, 2006):

1. Proporsionalitas: Properti ini membutuhkan kontribusi darisetiap keputusan variabel di kedua fungsi tujuan dan kendala menjadi berbanding lurus dengan nilai variabel.
2. Aditivitas: Properti ini membutuhkan kontribusi total semua variabel di fungsi tujuan dan kendala menjadi jumlah langsung dari individu kontribusi masing-masing variabel.
3. Kepastian: Semua koefisien objektif dan kendala dari model LP yang deterministik

Pernyataan masalah dalam LP dinyatakan seperti contoh berikut:

$$\text{Manimize } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Subject of restrictions

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad x_n \geq 0$$

Model yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan pendekatan deterministik yang diselesaikan menggunakan *Linear Programming*. Formulasi model matematika akan dinyatakan sebagai berikut:

X_{ij} = Banyaknya alat angkut type i yang digunakan untuk melakukan distribusi ke gudang penyalur j.

S_i = Jumlah stok logistik di gudang utama

CTT = Biaya pengiriman logistik total

CT_{ij} = Biaya pengiriman logistik truk type i ke gudang penyalur j

W_j = Jarak gudang pusat ke gudang penyalur

D_j = Permintaan logistik di gudang j

T_j = Lamanya waktu pendistribusian barang bantuan ke gudang penyalur j

O_i = Waktu operasi truk i, dimana O_i = jumlah waktu x masa tanggap darurat

Metode Penelitian

Obyek dalam penelitian ini adalah distribusi logistik di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pada saat mengalami bencana gempa bumi, yang dalam pertimbangannya ditentukan berdasarkan pertimbangan tingkat bahaya dalam menghadapi bencana gempa bumi.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif dipilih karena penelitian ini merupakan penelitian ilmiah yang bertujuan untuk mengembangkan model-model matematis dengan melibatkan pengukuran yang berkaitan dengan distribusi logistik kemanusiaan pada bencana gempa bumi.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara di BPBD Kabupaten Bantul. Berdasarkan hasil pengumpulan data didapatkan gambaran mengenai aliran distribusi bantuan logistik kemanusiaan di kabupaten Bantul. Selain melalui observasi dan wawancara, juga dilakukan pengumpulan data sekunder, seperti meliputi data jumlah penduduk, jumlah kendaraan tersedia, peta kerawanan, dan harga bahan bakar .

Hasil Dan Pembahasan

Pendistribusian logistik kemanusiaan dilakukan melalui jalur pemerintahan di tingkat kecamatan. Berdasarkan pertimbangan

luasnya area, dan kebutuhan untuk transportasi pada gudang penyalur dan gudang utama, maka dalam model distribusi ini ditentukan jumlah truk yang dialokasikan untuk distribusi dari gudang utama menuju gudang penyalur adalah sebanyak 20 unit, yang terdiri dari 16 truk engkel dan 4 truk tronton yang merupakan truk yang digunakan oleh SKPD dan TNI/Polri.

Gudang utama yaitu Kantor BPBD kabupaten Bantul (i) yang berlokasi di

Sumuran, Palbapang, Bantul, dengan koordinat 7°53'57" LS 110°19'18"BT, sementara gudang penyalur adalah kantor/gedung kecamatan di wilayah kecamatan. Berdasarkan hasil perhitungan jarak, kondisi geografis, dan harga bahan bakar menggunakan standar perhitungan biaya operasi kendaraan DPU (2005), maka didapatkan biaya untuk sekali angkut (pulang pergi) ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan biaya transportasi

Kecamatan	Notasi	Kondisi Wilayah	Biaya (Rp)	
			Truk Engkel	Truk Tronton
Srandakan	j_1	Datar	47.840	74.899
Sanden	j_2	Datar	49.980	78.249
Kretek	j_3	Datar	41.217	64.529
Pundong	j_4	Datar	34.237	53.602
Bambanglipuro	j_5	Datar	31.741	49.693
Pandak	j_6	Datar	14.928	23.371
Bantul	j_7	Datar	10.597	16.591
Jetis	j_8	Datar	29.499	46.184
Imogiri	j_9	Datar	35.766	55.995
Dlingo	j_{10}	Bukit	85.207	189.665
Pleret	j_{11}	Datar	51.559	80.722
Piyungan	j_{12}	Datar	93.388	146.208
Banguntapan	j_{13}	Datar	63.889	100.025
Sewon	j_{14}	Datar	35.052	54.878
Kasih	j_{15}	Datar	41.879	65.566
Pajangan	j_{16}	Bukit	30.580	68.070
Sedayu	j_{17}	Datar	59.711	93.484

Penentuan skenario bencana ditunjukkan memodelkan bencana gempa bumi dengan kekuatan besar yang dirasakan dengan intensitas lebih besar atau sama dengan skala IX pada skala MMI. ditunjukkan untuk memodelkan bencana gempa bumi dengan kekuatan tinggi yang dimodelkan mampu menimbulkan jumlah korban mengungsi 80% dari populasi pada daerah dengan tingkat sangat rawan, 60% pada

daerah dengan tingkat rawan, dan 40% pada daerah dengan tingkat kurang rawan. Penentuan tingkat kerusakan didasarkan pada hasil wawancara dan analisis kerusakan pada gempa bumi tahun 2006.

Berdasarkan hasil pertimbangan terhadap jumlah KK, tingkat kerawanan wilayah, estimasi KK terdampak (mengungsi), maka didapatkan estimasi paket bantuan seperti Tabel 3.

Tabel 3. Skenario dampak bencana

Kecamatan	Jumlah KK	Tingkat Kerawanan	KK Terdampak	Paket Bantuan
Srandakan	9.150	Kurang Rawan	3.660	4.000
Sanden	10.054	Sangat Rawan	8.043	8.500
Kretek	9.659	Sangat Rawan	7.727	8.000
Pundong	10.367	Rawan	6.220	6.500
Bambanglipuro	12.381	Rawan	7.429	7.500
Pandak	16.119	Rawan	9.671	10.000
Bantul	517.958	Rawan	10.775	11.000
Jetis	18.949	Sangat Rawan	15.159	15.500
Imogiri	20.571	Sangat Rawan	16.457	16.500
Dlingo	12.062	Kurang Rawan	4.825	5.000
Pleret	12.993	Rawan	7.796	8.000
Piyungan	14.558	Sangat Rawan	11.646	12.000
Banguntapan	29.261	Sangat Rawan	23.409	23.500
Sewon	26.375	Rawan	15.825	16.000
Kasih	30.403	Kurang Rawan	12.161	12.500
Pajangan	9.792	Rawan	5.875	6.000
Sedayu	16.152	Rawan	9.691	10.000
Total			176.396	180.500

Pendistribusian logistik bantuan dari gudang direncanakan dalam jangka waktu 3 hari dengan jumlah bantuan yang didistribusikan adalah 60.000 paket bantuan, dan jumlah waktu pendistribusian 10 jam/hari. Berdasarkan hasil *debug* pada model menggunakan program LINDO For Student Version, dihasilkan solusi *infeasible* karena

jumlah paket tidak sesuai kebutuhan dan jumlah waktu tidak mencukupi, sehingga waktu perlu ditambahkan menjadi 12 jam/hari dan jumlah bantuan yang didistribusikan ditambahkan menjadi 61.000 paket pada hari ketiga. Berdasarkan analisis tersebut maka didapatkan model matematis.

Fungsi tujuan

$$47840X_{A,1.1} + 49980X_{A,2.1} + 41217X_{A,3.1} + 34237X_{A,4.1} + 317418X_{A,5.1} + 14928X_{A,6.1} + 10597X_{A,7.1} + 29499X_{A,8.1} + 35766X_{A,9.1} + 85207X_{A,10.1} + 51559X_{A,11.1} + 93388X_{A,12.1} + 63889X_{A,13.1} + 35052X_{A,14.1} + 41879X_{A,15.1} + 30580X_{A,16.1} + 59711X_{A,17.1} + 74899X_{B,1.1} + 78249X_{B,2.1} + 64529X_{B,3.1} + 53602X_{B,4.1} + 49693X_{B,5.1} + 23371X_{B,6.1} + 16591X_{B,7.1} + 46184X_{B,8.1} + 55995X_{B,9.1} + 189665X_{B,10.1} + 80722X_{B,11.1} + 146208X_{B,12.1} + 100025X_{B,13.1} + 54878X_{B,14.1} + 65566X_{B,15.1} + 68070X_{B,16.1} + 93484X_{B,17.1} + 47840X_{A,1.2} + 49980X_{A,2.2} + 41217X_{A,3.2} + 34237X_{A,4.2} + 317418X_{A,5.2} + 14928X_{A,6.2} + 10597X_{A,7.2} + 29499X_{A,8.2} + 35766X_{A,9.2} + 85207X_{A,10.2} + 51559X_{A,11.2} + 93388X_{A,12.2} + 63889X_{A,13.2} + 35052X_{A,14.2} + 41879X_{A,15.2} + 30580X_{A,16.2} + 59711X_{A,17.2} + 74899X_{B,1.2} + 78249X_{B,2.2} + 64529X_{B,3.2} + 53602X_{B,4.2} + 49693X_{B,5.2} + 23371X_{B,6.2} + 16591X_{B,7.2} + 46184X_{B,8.2} + 55995X_{B,9.2} + 189665X_{B,10.2} + 80722X_{B,11.2} + 146208X_{B,12.2} + 100025X_{B,13.2} + 54878X_{B,14.2} + 65566X_{B,15.2} + 68070X_{B,16.2} + 93484X_{B,17.2} + 47840X_{A,1.3} + 49980X_{A,2.3} + 41217X_{A,3.3} + 34237X_{A,4.3} + 317418X_{A,5.3} + 14928X_{A,6.3} + 10597X_{A,7.3} + 29499X_{A,8.3} + 35766X_{A,9.3} + 85207X_{A,10.3} + 51559X_{A,11.3} + 93388X_{A,12.3} + 63889X_{A,13.3} + 35052X_{A,14.3} + 41879X_{A,15.3} + 30580X_{A,16.3} + 59711X_{A,17.3} + 74899X_{B,1.3} + 78249X_{B,2.3} + 64529X_{B,3.3} + 53602X_{B,4.3} + 49693X_{B,5.3} + 23371X_{B,6.3} +$$

$$16591X_{B,7.3} + 46184X_{B,8.3} + 55995X_{B,9.3} + 189665X_{B,10.3} + 80722X_{B,11.3} + 146208X_{B,12.3} + 100025X_{B,13.3} + 54878X_{B,14.3} + 65566X_{B,15.3} + 68070X_{B,16.3} + 93484X_{B,17.3}$$

Batasan 1 Permintaan pada gudang penyalur

$500X_{A,1.1} + 1000X_{B,1.1} + 500X_{A,1.2} + 1000X_{B,1.2} + 500X_{A,1.3} + 1000X_{B,1.3}$	= 4000
$500X_{A,2.1} + 1000X_{B,2.1} + 500X_{A,2.2} + 1000X_{B,2.2} + 500X_{A,2.3} + 1000X_{B,2.3}$	= 8500
$500X_{A,3.1} + 1000X_{B,3.1} + 500X_{A,3.2} + 1000X_{B,3.2} + 500X_{A,3.3} + 1000X_{B,3.3}$	= 8000
$500X_{A,4.1} + 1000X_{B,4.1} + 500X_{A,4.2} + 1000X_{B,4.2} + 500X_{A,4.3} + 1000X_{B,4.3}$	= 6500
$500X_{A,5.1} + 1000X_{B,5.1} + 500X_{A,5.2} + 1000X_{B,5.2} + 500X_{A,5.3} + 1000X_{B,5.3}$	= 7500
$500X_{A,6.1} + 1000X_{B,6.1} + 500X_{A,6.2} + 1000X_{B,6.2} + 500X_{A,6.3} + 1000X_{B,6.3}$	= 10000
$500X_{A,7.1} + 1000X_{B,7.1} + 500X_{A,7.2} + 1000X_{B,7.2} + 500X_{A,7.3} + 1000X_{B,7.3}$	= 11000
$500X_{A,8.1} + 1000X_{B,8.1} + 500X_{A,8.2} + 1000X_{B,8.2} + 500X_{A,8.3} + 1000X_{B,8.3}$	= 15500
$500X_{A,9.1} + 1000X_{B,9.1} + 500X_{A,9.2} + 1000X_{B,9.2} + 500X_{A,9.3} + 1000X_{B,9.3}$	= 16500
$500X_{A,10.1} + 1000X_{B,10.1} + 500X_{A,10.2} + 1000X_{B,10.2} + 500X_{A,10.3} + 1000X_{B,10.3}$	= 5000
$500X_{A,11.1} + 1000X_{B,11.1} + 500X_{A,11.2} + 1000X_{B,11.2} + 500X_{A,11.3} + 1000X_{B,11.3}$	= 8000
$500X_{A,12.1} + 1000X_{B,12.1} + 500X_{A,12.2} + 1000X_{B,12.2} + 500X_{A,12.3} + 1000X_{B,12.3}$	= 12000
$500X_{A,13.1} + 1000X_{B,13.1} + 500X_{A,13.2} + 1000X_{B,13.2} + 500X_{A,13.3} + 1000X_{B,13.3}$	= 23500
$500X_{A,14.1} + 1000X_{B,14.1} + 500X_{A,14.2} + 1000X_{B,14.2} + 500X_{A,14.3} + 1000X_{B,14.3}$	= 16000
$500X_{A,15.1} + 1000X_{B,15.1} + 500X_{A,15.2} + 1000X_{B,15.2} + 500X_{A,15.3} + 1000X_{B,15.3}$	= 12500
$500X_{A,16.1} + 1000X_{B,16.1} + 500X_{A,16.2} + 1000X_{B,16.2} + 500X_{A,16.3} + 1000X_{B,16.3}$	= 6000
$500X_{A,17.1} + 1000X_{B,17.1} + 500X_{A,17.2} + 1000X_{B,17.2} + 500X_{A,17.3} + 1000X_{B,17.3}$	= 10000

Batasan 2 Waktu Operasi

$a_{A,1} = 12 \text{ jam} \times 16 \text{ unit}$	= 192 jam
$a_{A,2} = 12 \text{ jam} \times 16 \text{ unit}$	= 192 jam
$a_{A,3} = 12 \text{ jam} \times 16 \text{ unit}$	= 192 jam
$a_{B,1} = 12 \text{ jam} \times 4 \text{ unit}$	= 48 jam
$a_{B,2} = 12 \text{ jam} \times 4 \text{ unit}$	= 48 jam
$a_{B,3} = 12 \text{ jam} \times 4 \text{ unit}$	= 48 jam

$$2,04X_{A,1.1} + 2,06X_{A,2.1} + 1,96X_{A,3.1} + 1,88X_{A,4.1} + 1,86X_{A,5.1} + 1,67X_{A,6.1} + 1,62X_{A,7.1} + 1,83X_{A,8.1} + 1,90X_{A,9.1} + 2,43X_{A,10.1} + 2,08X_{A,11.1} + 2,55X_{A,12.1} + 2,22X_{A,13.1} + 1,89X_{A,14.1} + 1,97X_{A,15.1} + 1,83X_{A,16.1} + 2,17X_{A,17.1} \leq 160$$

$$2,04X_{A,1.2} + 2,06X_{A,2.2} + 1,96X_{A,3.2} + 1,88X_{A,4.2} + 1,86X_{A,5.2} + 1,67X_{A,6.2} + 1,62X_{A,7.2} + 1,83X_{A,8.2} + 1,90X_{A,9.2} + 2,43X_{A,10.2} + 2,08X_{A,11.2} + 2,55X_{A,12.2} + 2,22X_{A,13.2} + 1,89X_{A,14.2} + 1,97X_{A,15.2} + 1,83X_{A,16.2} + 2,17X_{A,17.2} \leq 160$$

$$2,04X_{A,1.3} + 2,06X_{A,2.3} + 1,96X_{A,3.3} + 1,88X_{A,4.3} + 1,86X_{A,5.3} + 1,67X_{A,6.3} + 1,62X_{A,7.3} + 1,83X_{A,8.3} + 1,90X_{A,9.3} + 2,43X_{A,10.3} + 2,08X_{A,11.3} + 2,55X_{A,12.3} + 2,22X_{A,13.3} + 1,89X_{A,14.3} + 1,97X_{A,15.3} + 1,83X_{A,16.3} + 2,17X_{A,17.3} \leq 160$$

$$3,63X_{B,1.1} + 3,65X_{B,2.1} + 3,54X_{B,3.1} + 3,45X_{B,4.1} + 3,42X_{B,5.1} + 3,2X_{B,6.1} + 3,14X_{B,7.1} + 3,39X_{B,8.1} + 3,47X_{B,9.1} + 4,09X_{B,10.1} + 3,67X_{B,11.1} + 4,22X_{B,12.1} + 3,84X_{B,13.1} + 3,46X_{B,14.1} + 3,55X_{B,15.1} + 3,39X_{B,16.1} + 3,78X_{B,17.1} \leq 40$$

$$3,63X_{B.1.2} + 3,65X_{B.2.2} + 3,54X_{B.3.2} + 3,45X_{B.4.2} + 3,42X_{B.5.2} + 3,2X_{B.6.2} + 3,14X_{B.7.2} + 3,39X_{B.8.2} + 3,47X_{B.9.2} + 4,09X_{B.10.2} + 3,67X_{B.11.2} + 4,22X_{B.12.2} + 3,84X_{B.13.2} + 3,46X_{B.14.2} + 3,55X_{B.15.2} + 3,39X_{B.16.2} + 3,78X_{B.17.2} \leq 40$$

$$3,63X_{B.1.3} + 3,65X_{B.2.3} + 3,54X_{B.3.3} + 3,45X_{B.4.3} + 3,42X_{B.5.3} + 3,2X_{B.6.3} + 3,14X_{B.7.3} + 3,39X_{B.8.3} + 3,47X_{B.9.3} + 4,09X_{B.10.3} + 3,67X_{B.11.3} + 4,22X_{B.12.3} + 3,84X_{B.13.3} + 3,46X_{B.14.3} + 3,55X_{B.15.3} + 3,39X_{B.16.3} + 3,78X_{B.17.3} \leq 40$$

Batasan 3 Ketersediaan stok barang

$$500X_{A.1.1} + 500X_{A.2.1} + 500X_{A.3.1} + 500X_{A.4.1} + 500X_{A.5.1} + 500X_{A.6.1} + 500X_{A.7.1} + 500X_{A.8.1} + 500X_{A.19.1} + 500X_{A.10.1} + 500X_{A.11.1} + 500X_{A.12.1} + 500X_{A.13.1} + 500X_{A.14.1} + 500X_{A.15.1} + 500X_{A.16.1} + 500X_{A.17.1} + 1000X_{B.1.1} + 1000X_{B.2.1} + 1000X_{B.3.1} + 1000X_{B.4.1} + 1000X_{B.5.1} + 1000X_{B.6.1} + 1000X_{B.7.1} + 1000X_{B.8.1} + 1000X_{B.9.1} + 1000X_{B.10.1} + 1000X_{B.11.1} + 1000X_{B.12.1} + 1000X_{B.13.1} + 1000X_{B.14.1} + 1000X_{B.15.1} + 1000X_{B.16.1} + 1000X_{B.17.1} \leq 60000$$

$$500X_{A.1.2} + 500X_{A.2.2} + 500X_{A.3.2} + 500X_{A.4.2} + 500X_{A.5.2} + 500X_{A.6.2} + 500X_{A.7.2} + 500X_{A.8.2} + 500X_{A.9.2} + 500X_{A.10.2} + 500X_{A.11.2} + 500X_{A.12.2} + 500X_{A.13.2} + 500X_{A.14.2} + 500X_{A.15.2} + 500X_{A.16.2} + 500X_{A.17.2} + 1000X_{B.1.2} + 1000X_{B.2.2} + 1000X_{B.3.2} + 1000X_{B.4.2} + 1000X_{B.5.2} + X_{B.6.2} + 1000X_{B.7.2} + 1000X_{B.8.2} + 10001,536X_{B.9.2} + 1000X_{B.10.2} + 1000X_{B.11.2} + 1000X_{B.12.2} + 1000X_{B.13.2} + 1000X_{B.14.2} + 1000X_{B.15.2} + 1000X_{B.16.2} + 1000X_{B.17.2} \leq 60000$$

$$500X_{A.1.3} + 500X_{A.2.3} + 500X_{A.3.3} + 500X_{A.4.3} + 500X_{A.5.3} + 500X_{A.6.3} + 500X_{A.7.3} + 500X_{A.8.3} + 500X_{A.9.3} + 500X_{A.10.3} + 500X_{A.11.3} + 500X_{A.12.3} + 500X_{A.13.3} + 500X_{A.14.3} + 500X_{A.15.3} + 500X_{A.16.3} + 500X_{A.17.3} + 1000X_{B.1.3} + 1000X_{B.2.3} + 1000X_{B.3.3} + 1000X_{B.4.3} + 1000X_{B.5.3} + X_{B.6.3} + 1000X_{B.7.3} + 1000X_{B.8.3} + 1000X_{B.9.3} + 1000X_{B.10.3} + 1000X_{B.11.3} + 1000X_{B.12.3} + 1000X_{B.13.3} + 1000X_{B.14.3} + 1000X_{B.15.3} + 1000X_{B.16.3} + 1000X_{B.17.3} \leq 61000$$

Batasan 4 Pengiriman Minimal

$$X_{A.1.1} + X_{B.1.1} + X_{A.1.2} + X_{B.1.2} + X_{A.1.3} + X_{B.1.3} \geq 1$$

$$X_{A.2.1} + X_{B.2.1} + X_{A.2.2} + X_{B.2.2} + X_{A.2.3} + X_{B.2.3} \geq 1$$

$$X_{A.3.1} + X_{B.3.1} + X_{A.3.2} + X_{B.3.2} + X_{A.3.3} + X_{B.3.3} \geq 1$$

$$X_{A.4.1} + X_{B.4.1} + X_{A.4.2} + X_{B.4.2} + X_{A.4.3} + X_{B.4.3} \geq 1$$

$$X_{A.5.1} + X_{B.5.1} + X_{A.5.2} + X_{B.5.2} + X_{A.5.3} + X_{B.5.3} \geq 1$$

$$X_{A.6.1} + X_{B.6.1} + X_{A.6.2} + X_{B.6.2} + X_{A.6.3} + X_{B.6.3} \geq 1$$

$$X_{A.7.1} + X_{B.7.1} + X_{A.7.2} + X_{B.7.2} + X_{A.7.3} + X_{B.7.3} \geq 1$$

$$X_{A.8.1} + X_{B.8.1} + X_{A.8.2} + X_{B.8.2} + X_{A.8.3} + X_{B.8.3} \geq 1$$

$$X_{A.9.1} + X_{B.9.1} + X_{A.9.2} + X_{B.9.2} + X_{A.9.3} + X_{B.9.3} \geq 1$$

$$X_{A.10.1} + X_{B.10.1} + X_{A.10.2} + X_{B.10.2} + X_{A.10.3} + X_{B.10.3} \geq 1$$

$$X_{A.11.1} + X_{B.11.1} + X_{A.11.2} + X_{B.11.2} + X_{A.11.3} + X_{B.11.3} \geq 1$$

$$X_{A.12.1} + X_{B.12.1} + X_{A.12.2} + X_{B.12.2} + X_{A.12.3} + X_{B.12.3} \geq 1$$

$$X_{A.13.1} + X_{B.13.1} + X_{A.13.2} + X_{B.13.2} + X_{A.13.3} + X_{B.13.3} \geq 1$$

$$X_{A.14.1} + X_{B.14.1} + X_{A.14.2} + X_{B.14.2} + X_{A.14.3} + X_{B.14.3} \geq 1$$

$$X_{A.15.1} + X_{B.15.1} + X_{A.15.2} + X_{B.15.2} + X_{A.15.3} + X_{B.15.3} \geq 1$$

$$X_{A.16.1} + X_{B.16.1} + X_{A.16.2} + X_{B.16.2} + X_{A.16.3} + X_{B.16.3} \geq 1$$

$$X_{A.17.1} + X_{B.17.1} + X_{A.17.2} + X_{B.17.2} + X_{A.17.3} + X_{B.17.3} \geq 1$$

Hasil running model menggunakan Lindo 6 for Student Version mendapatkan solusi optimal pada iterasi ke 78. Jumlah

pengiriman ditunjukkan yang telah dibulatkan dalam bilangan integer ditunjukkan

Tabel 4. Jumlah Pengiriman

Tujuan	Notasi	Truk Engkel			Truk Tronton		
		1	2	3	1	2	3
Srandakan	j_1		8				
Sanden	j_2		17				
Kretek	j_3		16				
Pundong	j_4	13					
Bambanglipuro	j_5				8		
Pandak	j_6		20				
Bantul	j_7	22					
Jetis	j_8			31			
Imogiri	j_9			33			
Dlingo	j_{10}	10					
Pleret	j_{11}	15		1			
Piyungan	j_{12}				5	7	
Banguntapan	j_{13}			12		5	13
Sewon	j_{14}	32					
Kasih	j_{15}		25				
Pajangan	j_{16}	2	10				
Sedayu	j_{17}			20			

Perhitungan waktu pengiriman menghasilkan solusi yang lebih besar dari jumlah waktu yang pada batasan penggunaan truk engkel. Kondisi ini terjadi karena adanya pembulatan frekuensi pengiriman, karena dihasilkan solusi yang tidak integer. Berdasarkan pertimbangan terhadap kebutuhan waktu pada, maka pada truk engkel perlu dilakukan penambahan waktu operasional sebesar 30 menit per hari, sehingga total waktu operasional truk engkel menjadi sebesar 12,5 jam/hari.

Berdasarkan jumlah pengiriman yaitu sebanyak 287 pengangkutan menggunakan truk engkel dan 38 pengangkutan pada Tabel 4 didapatkan jumlah paket bantuan yang didistribusikan pada hari pertama sebanyak 59.500 paket, pada hari kedua 60.000 paket dan pada hari ketiga 61.000 paket. Biaya yang

dibutuhkan untuk biaya pembelian bahan bakar truk engkel sebesar Rp 11.136.875 sementara untuk truk tronton Rp. 3.952.490.

Simpulan

1. Model distribusi bantuan logistik kemanusiaan gempa bumi dengan tingkat kerusakan berat, jumlah pengungsi dimodelkan sebanyak 80% dari populasi pada daerah sangat rawan, 60% pada daerah tingkat rawan, dan 40% pada daerah kurang rawan. Waktu pengiriman selama 3 hari dengan jumlah pengiriman sebanyak 287 pengangkutan menggunakan truk engkel dan 38 pengangkutan menggunakan truk tronton. Besarnya kebutuhan waktu transportasi selama 584,91 jam untuk truk engkel dan 134,79 jam untuk truk tronton.

2. Rekomendasi yang diberikan kepada BPBD Kabupaten Bantul adalah merencanakan waktu distribusi paket bantuan menuju gudang penyalur pada saat terjadi gempa dengan tingkat kerusakan sedang selama 2 hari dengan waktu pendistribusian selama 12 jam/hari. Sementara apabila gempa menimbulkan tingkat kerusakan berat, maka distribusi direncanakan selama 3 hari dengan waktu pendistribusian selama 12,5 jam/hari.

Saran

BPBD kabupaten Bantul perlu mempertimbangkan adanya solusi penentuan gudang penyalur baru yang mampu menampung jumlah kebutuhan logistik dalam ukuran yang lebih besar dan mampu menjangkau beberapa posko di tingkat kelurahan dan kecamatan yang berbeda.

Daftar Pustaka

- Badan Koordinasi Penanggulangan Bencana (Bakornas PB), 2007, *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*, Edisi II, Jakarta: Direktorat Mitigasi Lakhar.
- Balcik, B., dan Beamon B. M., 2008, *Facility Location in Humanitarian Relief*, International Journal of Logistics: Research and Applications, Vol 11, Hal 101–121.
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), *Skala Intensitas Gempa Bumi*, tersedia di [http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Gempabumi - Tsunami/Gempabumi/SIG](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Gempabumi_-_Tsunami/Gempabumi/SIG) diakses 15 Juni 2015.
- Beamon, B., *Humanitarian relief chains: Issues and challenges*, in Proceedings of the 34th International Conference on Computers and Industrial Engineering, San Francisco, CA, 2004.
- DPU, 2005, *Pedoman Konstruksi dan Bangunan*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Döyen, A., Aras dan Gülay Barbarosoğlu, 2011, *A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics*, Optim Lett (2012) Vol 6, Hal 1123–1145.
- Hillier dan Lieberman, *Introduction to Operation Research*, Edisi 7, McGraw-Hill Higher Education, New York.
- Pawirodikromo, 2012, *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Susetiono, 2010, *Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI Tahun 2010 : Sistem Pengelolaan Pemenuhan Kebutuhan Dasar Korban Bencana Alam*, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.
- Taha, 2007, *Operation Research : An Introduction*, Edisi 8, Prantice Hall, New Jersey.
- Thomas, A.S. and Kopczak. L.R., *From logistics to supply chain management: The path forward in the humanitarian sector*, Fritz Institute, 2005. Tersedia di [http://www.fritzinstitute.org/PDFs/White Paper/FromLogisticsto.pdf](http://www.fritzinstitute.org/PDFs/WhitePaper/FromLogisticsto.pdf) diakses 20 Nopember 2014.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
- VanWassenhove, L.N., *Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. J. Operational Research Soc.*, 2006, **57**(5), 475–489.