

PERANCANGAN SISTEM KOORDINASI RELAWAN DALAM PENANGGULANGAN BENCANA MENGGUNAKAN GIS DAN *AGENT BASED MODELING (ABM)*

Fauzi Khair¹

¹)Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bina Nusantara
Jl. KH. Syahdan, No. 9 Palmerah, Jakarta Barat, 11480
Email: fauzi.khair@binus.ac.id

Abstrak

Fase respon atau fase tanggap darurat merupakan fase penting dalam penanggulangan bencana. Fase ini membutuhkan suatu sistem koordinasi relawan dan sistem yang terintegritasi dengan baik dalam pengelolaannya. Setiap kesalahan dalam sistem pada fase ini akan berimbas pada peningkatan signifikan dari jumlah korban maupun kerugian materil yang ditimbulkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem koordinasi sentralisasi dan desentralisasi penanggulangan bencana erupsi Merapi. Penelitian ini mengintegrasikan pendekatan *Agent Based Modeling (ABM)* dan *Geographic Information System (GIS)* dalam memodelkan simulasi evaluasi sistem koordinasi relawan dengan beberapa skenario. ABM bertujuan untuk menggambarkan perilaku *agents* (pengungsi dan relawan) saat terjadi bencana dengan karakteristik masing-masing. Sedangkan data spasial GIS berguna untuk menggambarkan kondisi jalanan secara nyata untuk kawasan Kabupaten Sleman. Hasil simulasi menunjukkan skenario alternatif desentralisasi yang mengkombinasikan 4 Posko koordinasi menunjukkan penanganan dan penyaluran bantuan menuju barak pengungsian lebih baik dibandingkan dengan skenario awal (sentralisasi).

Kata kunci: koordinasi, sentralisasi, desentralisasi, ABM, GIS

Abstract

The response phase or emergency response phase is an important phase in disaster management. it requires a volunteers coordination system and that are well-integrated management system. Any error in this phase will impact on significant increase of the victims number as well as material damage caused. Therefore, this research aims to evaluate the coordination system of centralization and decentralization of Merapi eruption disaster management. it integrates Agent Based Modeling (ABM) and GIS approach in modeling the evaluation simulation of volunteer coordination system with several scenarios. ABM aims to describe the behavior of agents (refugees and volunteers) during disasters with their individual characteristics. While GIS spatial data is useful to describe the real condition of the road for Sleman regency. The simulation results show the alternative scenario of decentralization which combines 4 Coordination Posts shows the handling and distribution of aid to the refugee barack better than initial scenario (centralization).

Keywords: *coordination, centralization, decentralization, ABM, GIS.*

PENDAHULUAN

Fase respon atau fase tanggap darurat merupakan salah satu fase penting dalam penanggulangan bencana. Fase ini membutuhkan suatu sistem koordinasi relawan dan

sistem yang terintegrasi dengan baik dalam pengelolaannya. Setiap kesalahan dalam sistem pada fase yang singkat ini akan berimbas pada peningkatan signifikan dari jumlah korban maupun kerugian materil yang ditimbulkan. Selain itu, hal ini akan berakibat pada meningkatnya korban dan meningkatnya pengungsi yang belum sempat ditangani, kerugian dan kerusakan infrastruktur, serta munculnya berbagai masalah sosial ekonomi, sehingga membuat persoalan penanggulangan bencana menjadi semakin sulit.

Kebijakan terkait koordinasi relawan terhadap lokasi posko bantuan dan barak pengungsian merupakan salah satu keputusan yang penting. Penentuan lokasi dan fasilitas untuk rantai pasok bantuan kemanusiaan pada fase tanggap darurat harus diperhatikan agar penyaluran bantuan dapat dilakukan dengan cepat dan tepat (Balcik et al, 2010). Penentuan dan pemilihan lokasi fasilitas tanggap bencana untuk penyimpanan persediaan darurat perlu dikelola untuk menjamin kualitas layanan kesehatan yang disediakan pasca terjadinya keadaan darurat skala besar seperti gempa bumi (Verma & Gaukler, 2015).

Salah satu bencana yang menjadi objek pada penelitian ini adalah bencana Erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010. Kejadian Erupsi Gunung Merapi Oktober 2010 mengakibatkan jatuhnya korban jiwa dan harta. Bencana ini merupakan yang terbesar dibandingkan dengan bencana serupa dalam lima kejadian sebelumnya, yakni pada tahun 1994, 1997, 1998, 2001 dan 2006. Berdasarkan latar belakang ini, dilakukan penelitian terkait evaluasi letak dan jumlah posko bantuan dengan menggunakan *Agent Based Modeling* (ABM) dan GIS untuk wilayah Kabupaten Sleman Yogyakarta dalam penanganan kasus Erupsi Merapi. Pengintegrasian ABM dan GIS akan memperlihatkan kondisi nyata secara lebih kompleks dan lebih representatif terkait kondisi geografis di lapangan. Pengintegrasian keduanya dalam penanggulangan bencana akan sangat membantu dalam kebijakan pengambilan keputusan terkait sistem koordinasi terhadap jumlah dan lokasi posko bantuan dalam pendistribusian bantuan menuju titik-titik barak pengungsian.

TINJAUAN PUSTAKA

Operasi tanggap darurat membutuhkan informasi yang tepat, akurat, cepat dan dapat dipercaya agar memudahkan komando dalam membuat keputusan. Dalam fase tanggap darurat yang perlu diperhatikan adalah masalah waktu. Seberapa cepat suatu informasi dapat diterima kemudian disebarkan ke para relawan (Horan dan Marich, 2006). Selain itu, Wassenhove (2009) menjelaskan bahwa dalam penanggulangan bencana, seluruh pelaku yang terlibat dalam darurat kemanusiaan berhak mendapatkan perhatian khusus. Beberapa penelitian sebelumnya mengintegrasikan *agent based modeling* (ABM) dan GIS dalam pemodelan studi kasus beberapa bencana dalam pengelolaan dan penentuan lokasi dan fasilitas pasca bencana terjadi. ABM akan menjadi lebih lengkap apabila diintegrasikan dengan GIS (Crooks et al, 2008).

Bantuan data spasial dan data visualisasi geografis dalam pemodelan *agent based modeling* menjadi salah satu cara agar model yang dibuat mampu representatif terhadap kondisi nyata di lapangan seperti alur transportasi, jalur pedestrian dan data geografis lainnya. menunjukkan bagaimana GIS dan ABM dapat dimanfaatkan untuk mengeksplorasi bantuan kemanusiaan pada tingkat individu setelah bencana alam, seperti gempa bumi (Crooks & Wise, 2009). Sedangkan Hartmann dan Zerjav (2014) menyatakan bahwa integrasi ABM dan GIS telah efektif digunakan dalam melakukan optimasi perencanaan lokasi pelayanan kesehatan untuk karakteristik penduduk daerah perkotaan. GIS dan ABM banyak digunakan dalam membangun model simulasi dalam pengembangan populasi suatu daerah, beban dan penyebaran penyakit, infrastruktur kesehatan dan memperkirakan dampak dari keputusan investasi sumber daya terkait biaya kesehatan

penduduk dan perawatan kesehatan (Kruzikas et al, 2014).

Dengan menggunakan ABM dan GIS secara eksplisit dapat dilakukan penelusuran terhadap pola perilaku agen dan membantu pemahaman tentang proses dan akibat yang dihasilkan. Penggunaan konsep ABM dan GIS dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah korban dan total waktu penyelamatan secara global terhadap kondisi nyata di lapangan (Anh et al, 2012). *Agent Based Modeling* (ABM) merupakan suatu metode untuk mempelajari suatu sistem yang terdiri dari *agent* yang saling berinteraksi dan memunculkan sifat baru karena interaksi. Sifat baru yang muncul tersebut tidak bisa disimpulkan secara sederhana dengan menyatukan semua sifat yang dimiliki oleh *agent* (Axelrod dan Tesfatsion, 2006).

Sehingga ABM merupakan model simulasi yang merepresentasikan aktor individu atau agen dalam sebuah sistem sosial yang dinamis. Pada konsep ABM, sebuah sistem dimodelkan sebagai kumpulan dari entitas yang dapat mengambil keputusannya sendiri yang biasa disebut *agent*. Sedangkan GIS adalah alat berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, memanipulasi dan menampilkan spasial referensi informasi yang digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam berbagai konteks, termasuk perencanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan (Bunch et al, 2012).

METODE PENELITIAN

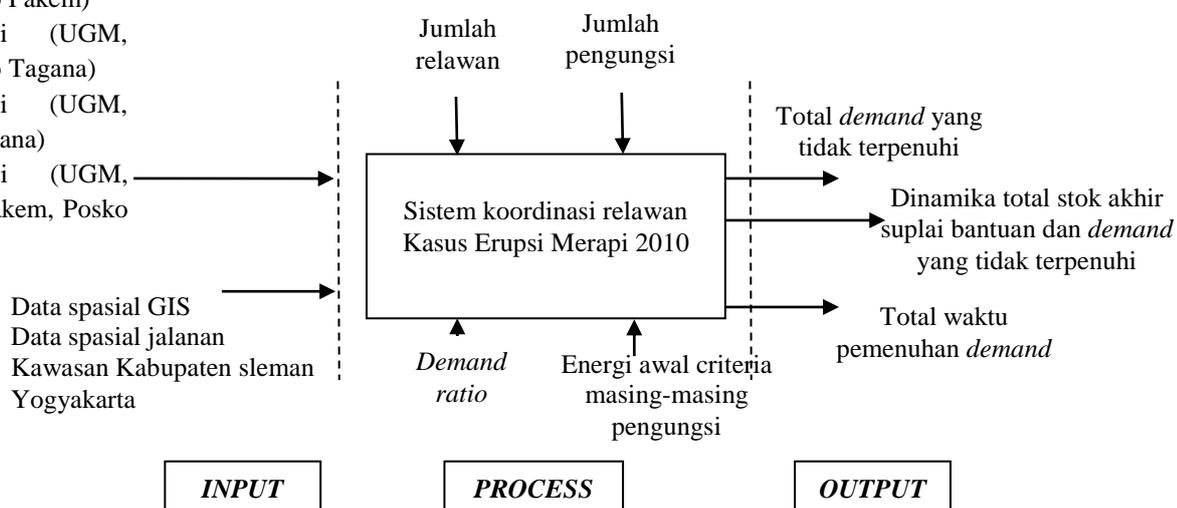
Perumusan dan pendeskripsian dalam pemodelan berdasarkan pendekatan ABM pada penelitian ini merujuk pada kaidah ODD (*Overview, Design Concept and Detail Protocol*). Konseptual model yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.

ODD Protocol

Purpose atau tujuan model ini adalah bagaimana mengetahui sistem koordinasi terhadap jumlah dan lokasi yang yang terbaik dan tepat agar dengan kapasitas (*capacity*) bantuan yang dimiliki agar mampu memenuhi permintaan (*demand*) pada barak pengungsian berdasarkan kebutuhan (*requirement*) dari pengungsi yang ada selama masa tanggap darurat. entitas yang terlibat pada pemodelan ini adalah organisasi-organisasi kemanusiaan/agen kategori relawan, pengungsi (agen kategori *victims*) dan titik-titik barak pengungsian (*patches*).

Skenario

- A. Skenario dasar sentralisasi
- B. Skenario desentralisasi 1 (UGM, Maguwoharjo, dan Posko Pakem)
- C. Skenario 2 desentralisasi (UGM, Maguwoharjo, dan Posko Tagana)
- D. Skenario 3 desentralisasi (UGM, Posko Pakem, Posko Tagana)
- E. Skenario 4 desentralisasi (UGM, Maguwoharjo, Posko Pakem, Posko Tagana)



Gambar 1. Model Konseptual Sistem Lokasi dan Jumlah Posko Bantuan

- a) *Victims* (pengungsi). Pengungsi dibagi atas kategori umur yaitu anak-anak, remaja, dewasa, manula dan penduduk disabilitas. Masing-masing pengungsi berdasarkan kategori umur memiliki energi, kebutuhan dan kecepatan berpindah yang berbeda-beda. Pengungsi berada pada kawasan sesuai dengan kepadatan penduduk masing-masing kecamatan di kawasan Kabupaten Sleman.
- b) *Volunteers* (relawan). Kapasitas suplai awal relawan adalah 600. Sedangkan energi relawan pada tahap awal adalah sebesar 3000.

State variable yang terdiri dari *capacity* (kapasitas) relawan dan energi yang dimiliki pengungsi dan relawan. *Scale* yaitu periode waktu simulasi masa tanggap darurat selama 60 hari, dimana tiap satu kali pergerakan agen pada model 1 hari = 60 *ticks*. 1 hari terdiri dari 60 *tick*, sehingga 60 hari terdiri atas 60x60 *ticks*= 3600 *ticks*.

Pada bagian *process overview* dan *scheduling*, berdasarkan jumlah dan lokasi posko bantuan yang telah diatur sebelumnya, model simulasi dibuat untuk menentukan arah pergerakan agen. *Agent* pengungsi akan bergerak menuju barak pengungsi dan berdiam di barak tersebut. Selanjutnya berdasarkan mekanisme tersebut agen kategori relawan akan bergerak menuju daerah tersebut untuk memberikan bantuan sesuai dengan kapasitas yang mereka miliki. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Design Concepts

a. *Basic principles*

Prinsip dasar yang ditujukan pada pemodelan ini adalah pergerakan setiap agen (pengungsi dan relawan) menuju barak pengungsian. *Agent victims* berupa pengungsi erupsi merapi akan melakukan pergerakan menuju titik barak pengungsian, menetap dan melaporkan kebutuhannya. Total kebutuhan dari pengungsi yang bergerak dan menetap menuju barak akan menjadi *demand* pada barak pengungsian tersebut. Selanjutnya, *agent volunteers* akan bergegas menuju titik barak pengungsian untuk memberikan bantuan sesuai dengan kapasitas masing-masing.

Apabila *relawan* telah menemukan barak pengungsian, kapasitas yang dimiliki akan disalurkan untuk mengurangi *demand* yang dimiliki oleh tiap-tiap barak pengungsian dengan persamaan sebagai berikut:

1. Jika kapasitas awal (C_e) > permintaan (D_e), maka:

$$\begin{aligned} C_{(e+1)} &= (C_e) - (D_e) \\ D_{(e+1)} &= 0 \end{aligned} \tag{1}$$

2. Jika kapasitas awal (C_e) < permintaan (D_e), maka:

$$\begin{aligned} D_{(e+1)} &= (D_e) - (C_e) \\ C_{(e+1)} &= 0 \end{aligned} \tag{2}$$

Jika kapasitas bantuan yang dimiliki relawan telah habis atau kapasitas sama dengan 0, relawan akan bergerak menuju area posko relawan. Area posko yang ditentukan pada penelitian ini adalah *patches* dengan *pycor* = 60 pada *interface* simulasi. Setelah itu, relawan akan memiliki kapasitas kembali dan selanjutnya akan memberikan bantuan menuju barak pengungsi selanjutnya.

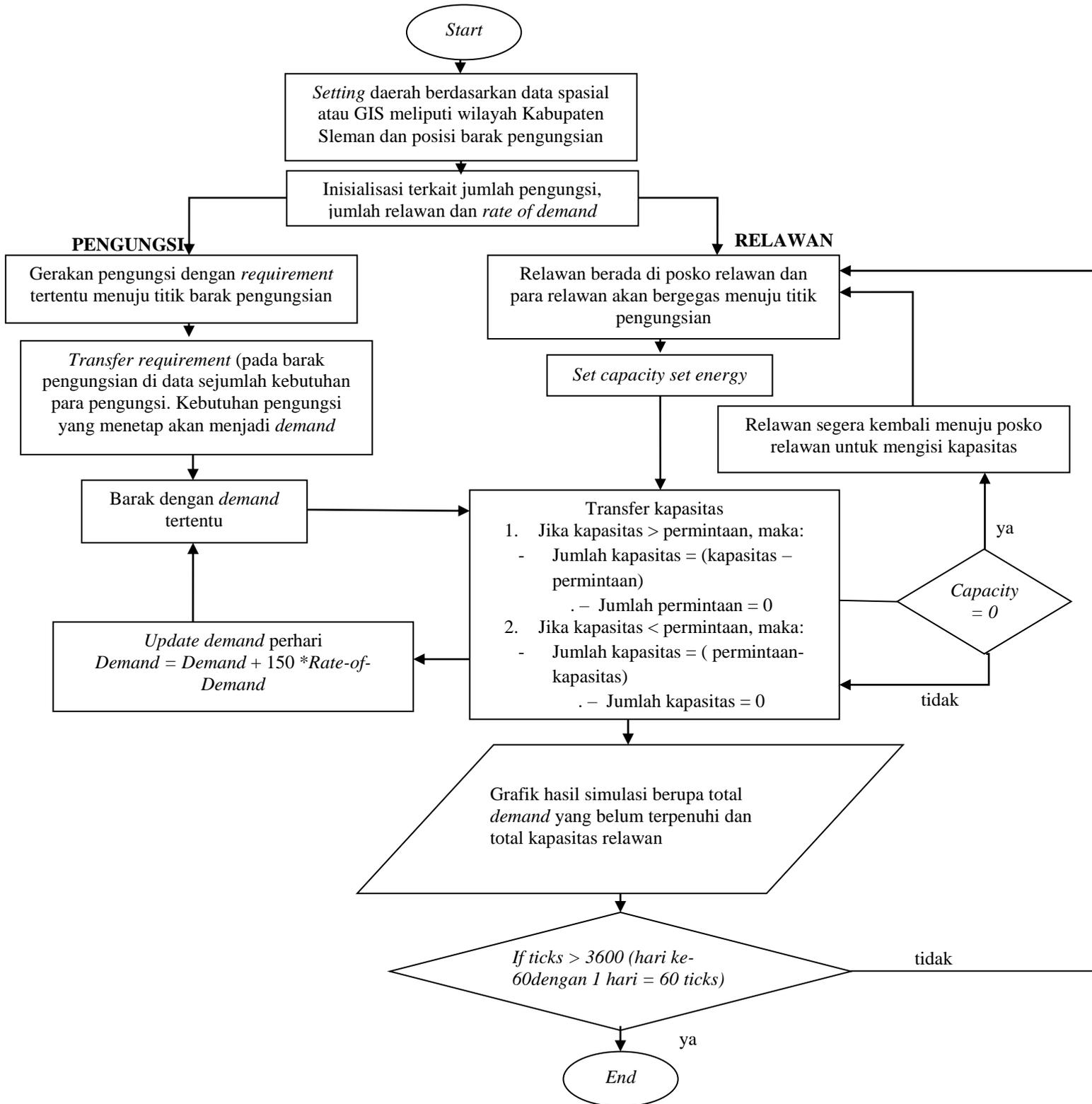
Untuk menjamin *demand* bergerak secara wajar dan tidak menurun secara drastis, dilakukan *update demand* sesuai dengan tingkat kenaikan permintaan pada kasus Erupsi Merapi 2010:

$$D_{(e+1)update} = D_{(e+1)} + (150 * (demand\ rate)) \tag{3}$$

b. *Emergence*

Para pengungsi dan relawan bergerak sesuai kecepatan dan energi masing-masing. Ukuran lebar jalan yang ditetapkan adalah 6 meter. Kepadatan maksimum jalan yang tidak bisa dilewati adalah 6 orang/m². Sehingga jalan tidak bisa dilewati jika ada sekitar > 40 orang per *patch* pada tampilan simulasi. Sehingga adanya penumpukan atau terhambatnya pengungsi atau relawan yang akan menyalurkan bantuan adalah salah satu fenomena yang menjadi *emergence* pada penelitian ini.

Emergence utama yang dihasilkan adalah grafik rata-rata jumlah permintaan korban yang belum terpenuhi. Sejak awal kejadian $t = 0$ hari (*tick* = 0) sampai $t = 60$ hari (3600 *ticks*) ke depan sesuai dengan periode masa tanggap darurat. Rata-rata jumlah permintaan yang belum terpenuhi akan meningkat pada fase awal bencana. Selanjutnya jumlah permintaan yang belum terpenuhi akan menurun sampai akhir periode masa tanggap darurat.



Gambar 2. Alur skema model penentuan jumlah dan lokasi posko bantuan

c. Interaction

Model mencakup interaksi antara agen dengan lingkungannya yaitu alur jalan menuju titik barak pengungsian. Bentuk interaksi antara pengungsi dengan barak yaitu dengan melaporkan jumlah kebutuhan yang mereka butuhkan (*transfer requirement*). Sedangkan

bentuk interaksi relawan dengan barak pengungsian adalah *transfer capacity* berupa penyaluran bantuan dengan cara mengalokasikan sejumlah kapasitas yang dimiliki agen untuk memenuhi permintaan bantuan dari korban pada titik barak pengungsian tersebut (sesuai dengan persamaan 1 dan persamaan 2).

d. *Observation*

Ada dua *plot* yang digunakan untuk pengamatan yaitu rata-rata jumlah permintaan yang belum terpenuhi dan jumlah stok akhir kapasitas suplai bantuan sampai akhir masa periode tanggap darurat. Data dari jumlah permintaan yang belum terpenuhi digunakan untuk mengukur seberapa besar efektifitas penyaluran bantuan yang digunakan untuk setiap skenario pada model koordinasi, jumlah dan lokasi posko bantuan yang dibuat.

Detail

Pada penelitian ini, bagian detail hanya mencakup inisialisasi saja dan model ini tidak memiliki *input* dan *submodel* dalam pengembangannya. Pada awal tahap inisialisasi, ditentukan jenis skenario yang digunakan yang terdiri dari skenario *based model*, skenario 1, skenario 2, skenario 3 dan skenario 4. Selanjutnya, ditentukan jumlah pengungsi yang berada dalam wilayah Sleman dengan nilai berkisar antara 0 s/d 3000 orang. Sedangkan jumlah relawan berkisar antara 0 s/d 100 orang. *Demand rate* ditentukan pada skala 0 s/d 0,1. Kemudian ditentukan nilai parameter lain yaitu besarnya energi awal pengungsi berdasarkan kategori umur.

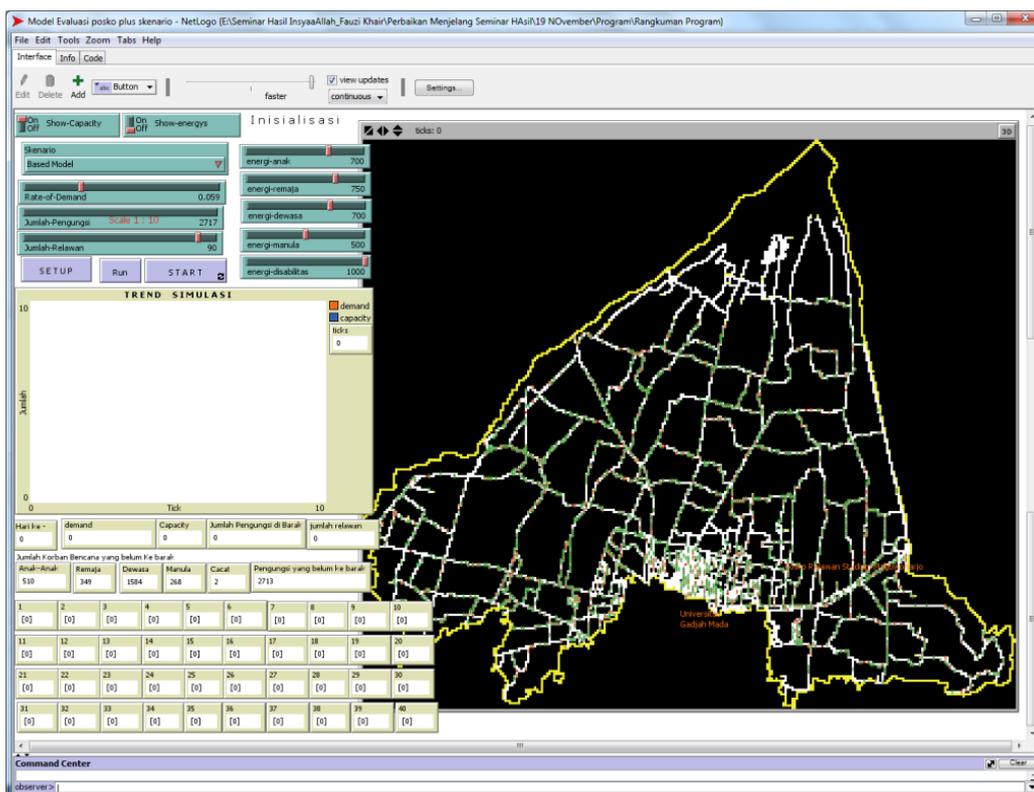
HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Netlogo

Berdasarkan karakteristik sistem yang diteliti, selanjutnya dilakukan penerjemahan karakteristik tersebut pada bahasa pemrograman (*coding*) sesuai dengan yang tersedia pada *software* yang digunakan. *Software* ABM yang digunakan pada penelitian ini adalah Netlogo 5.2.0 sesuai dengan kaidah *ODD Protocol* yang telah ditentukan sebelumnya. Peta kawasan sleman yang telah diubah menjadi peta dengan format *raster* dan *txt*, akan menjadi *input* dalam program ini. Sementara parameter yang telah ditentukan sebelumnya dikelola dengan sebaik mungkin dalam tahapan inisialisasi agar output yang dihasilkan mencerminkan kondisi nyata di lapangan. Pada tampilan *interface*, akan muncul peta kawasan Kabupaten Sleman lengkap dengan jalan raya yang dapat dilalui oleh para pengungsi (*agent victims*) dan relawan (*agent volunteers*). Jalanan ini merupakan jalur yang digunakan oleh para pengungsi menuju barak pengungsian dan para relawan dalam menyalurkan bantuan menuju barak pengungsian.

Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dilakukan dengan metode *structure code walk through* dengan meminta pendapat ahli mengenai koding program yang dibuat apakah telah bekerja sesuai dengan seharusnya dan memberi masukan terhadap koding program agar menampilkan dan bekerja sesuai skema kerja yang ditentukan. Kalibrasi pada model ABM bertujuan untuk perbaikan dan dokumentasi akurasi nilai parameter pada model yang dibuat.



Gambar 3. User Interface

Kalibrasi yang dilakukan pada model ini adalah dengan menguji validitas model dan *output* yang dihasilkan berdasarkan nilai parameter yang berbeda pada *tools behavior space* pada netlogo. Nilai parameter yang mendekati kondisi nyata ditentukan berdasarkan nilai *error* maksimum yang paling kecil dan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) paling kecil dari semua simulasi yang dilakukan. Hasil akhir kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter pada model hasil kalibrasi

Parameter	Nilai	Keterangan
Jumlah Pengungsi	2720	Menunjukkan jumlah pengungsi sebesar 27200 orang (skala 1 : 10)
Jumlah relawan	90	Menunjukkan jumlah relawan sebesar 900 orang (skala 1 : 10)
<i>Demand rate</i>	0.05	Menunjukkan tingkat peningkatan <i>demand</i> di barak setiap harinya sebesar 5 %
Energi kategori anak	450	Energi awal yang dimiliki oleh pengungsi anak-anak dalam pergerakan menuju barak
Energi kategori remaja	500	Energi awal yang dimiliki oleh pengungsi remaja dalam pergerakan menuju barak
Energi kategori dewasa	700	Energi awal yang dimiliki oleh pengungsi dewasa dalam pergerakan menuju barak
Energi Manula	400	Energi awal yang dimiliki oleh pengungsi manula dalam pergerakan menuju barak
<i>Energy of Disabiities</i>	400	Energi awal yang dimiliki oleh pengungsi kategori disabilitas dalam pergerakan menuju barak

Sedangkan pada tahapan validasi dilakukan dalam metode sebagai berikut:

a. *Model Calibration*

Pada tahapan ini, validasi dilakukan dengan membandingkan hasil *output* total stok akhir kapasitas bantuan hasil simulasi dengan total stok akhir bantuan pada kondisi aktual.

Oleh karena itu, dilakukan beberapa pengujian statistik dalam mengetahui hubungan yang signifikan antara hasil simulasi dan kondisi aktual. Dalam hal ini, pengujian *t-paired sample test* digunakan untuk mengetahui hubungan data stok akhir suplai bantuan aktual dan stok akhir suplai bantuan hasil simulasi. Sebelum dilakukan *uji t-paired sample test*, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi klasik yaitu data harus terdistribusi secara normal dan memiliki varian yang homogen.

Hasil uji normalitas data menggunakan *Shapiro-Wilk test* dengan bantuan *software SPSS 16* menunjukkan data stok akhir suplai bantuan aktual dan total stok akhir suplai bantuan hasil simulasi memiliki nilai *Shapiro-Wilk* lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hasil ini, dapat diketahui bahwa tidak ada cukup bukti untuk menolak H_0 , sehingga data yang digunakan terdistribusi secara normal pada taraf signifikansi 0,05. Sedangkan hasil uji homogenitas, didapatkan hasil pengujian statistik dengan nilai signifikansi 0,483. Nilai signifikansi 0,483 lebih besar dari $\alpha = 0,05$. Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa variansi data stok akhir suplai bantuan aktual dan total stok akhir suplai bantuan hasil simulasi adalah homogen (sama).

Tabel 2. Hasil uji *t-paired sample test*

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence interval of the difference				
					lower	upper			
Pair 1	Actual-Simulations	4.89E+03	44972.3	7295.463	-9892.76	19671.3	0.67	37	0.507

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai $t_{hitung} = 0,67$ lebih kecil dari $t_{table} = 2,2069$ dan nilai signifikansi *2-tailed* sebesar 0,507 lebih besar dari $\alpha = 0,05$, sehingga dapat disimpulkan tidak ada cukup bukti untuk menolak H_0 . Hasil ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara total stok akhir suplai bantuan aktual dengan total stok akhir suplai bantuan hasil simulasi Netlogo.

b. *Face Validation*

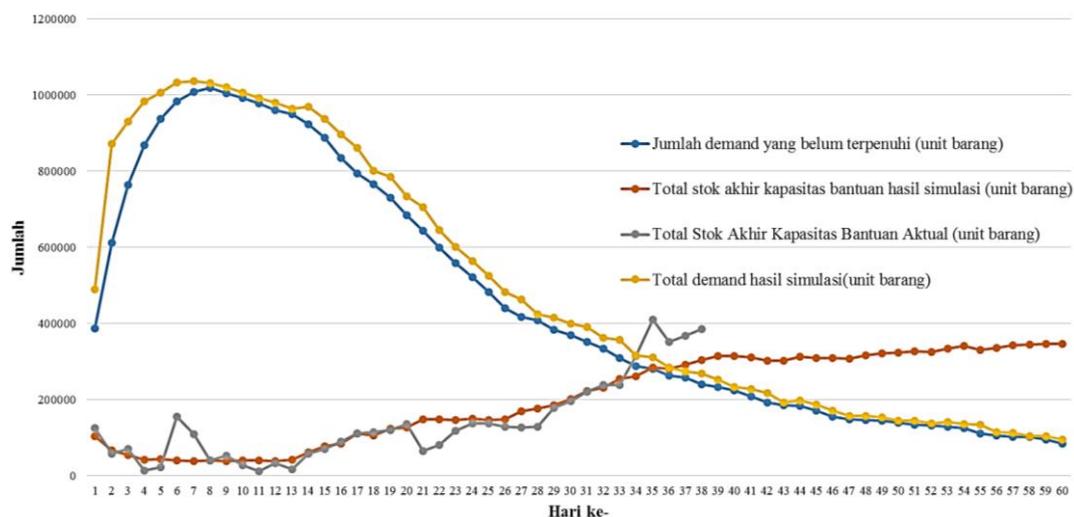
Pada tahapan ini, model simulasi yang dibuat dianalisis oleh *expert* untuk mengetahui apakah model telah disusun dengan sistematis, model dibuat sesuai kerangka kerja, dan *output* simulasi sudah benar dan menggambarkan kondisi nyata.

Hasil Simulasi

Secara konseptual, model pergerakan skenario awal, skenario 1, skenario 2, skenario 3 dan skenario 4 adalah sama. Hal yang membedakan antara masing-masing skenario adalah jumlah posko utama dan jumlah relawan masing-masing posko. Jumlah relawan tiap-tiap posko utama relawan dibagi seimbang sesuai dengan jumlah posko utama. Skenario awal untuk model simulasi pada penelitian ini menunjukkan bahwa posko utama relawan berpusat di Stadion Maguwoharjo (sentralisasi). Relawan berkumpul pada posko utama ini dan kemudian menyalurkan bantuan yang didapatkan sebelumnya menuju titik barak pengungsian.

Pada simulasi yang dilakukan, relawan atau pihak DERU UGM, TNI dan POLRI bersiap-siaga dalam memberikan bantuan pasca terjadi bencana. Untuk setiap skenario dilakukan inisialisasi awal sesuai dengan nilai parameter yang didapatkan dari hasil kalibrasi. Skenario awal selanjutnya dijalankan dengan replikasi sebanyak 10 kali. Selanjutnya, skenario awal yang terdiri dari posko utama sebelumnya kemudian dikembangkan dengan penambahan posko koordinasi desentralisasi lainnya sehingga total

posko adalah kombinasi 3 posko atau kombinasi 4 posko dengan lokasi yang berbeda. 2 pilihan posko koordinasi tersebut adalah Posko Utama Pakem dan Posko Utama Tagana. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan penyaluran bantuan menuju barak pengungsian dengan tiga dan empat posko koordinasi yang berbeda. Selain itu, skenario 1 sampai skenario 4 mengasumsikan jumlah relawan terbagi secara merata untuk setiap posko. Untuk nilai masing-masing parameter disesuaikan dengan nilai parameter hasil kalibrasi sebelumnya. Masing-masing skenario pada penelitian ini dijalankan dengan replikasi sebanyak 10 kali.



Gambar 4. Hasil Simulasi dan stok akhir suplai bantuan aktual

Tabel 3. Hasil simulasi masing-masing skenario koordinasi

Skenario	Hasil Simulasi				
	Jumlah Posko	Jumlah <i>demand</i> yang belum terpenuhi (unit barang)	Total Stok Akhir suplai bantuan (unit barang)	Jumlah pengungsi yang menetap di barak (satuan 10 orang)	Jumlah Relawan Akhir Simulasi (satuan 10 orang)
Awal (Sentralisasi)	1	44500	400570	2384	87
Desentralisasi 1	3	19797	411950	2381	88
Desentralisasi 2	3	44690	404797	2383	88
Desentralisasi 3	3	15536	424370	2386	88
Desentralisasi 4	4	14054	429779	2386	89

Hasil akhir simulasi pada Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan skenario 4 koordinasi desentralisasi memiliki *demand* yang belum terpenuhi paling kecil dibandingkan dengan skenario lainnya yaitu sebesar 14054 unit dengan persentase 68,42% lebih sedikit dibandingkan dengan total *demand* yang tidak terpenuhi skenario sentralisasi. Sedangkan total nilai stok akhir suplai bantuan akhir simulasi sebesar 429779 unit (7,29% lebih banyak suplai yang tersisa dibandingkan skenario dasar) dan skenario ini menunjukkan jumlah relawan yang masih dapat beroperasi dan menyalurkan bantuan pada akhir simulasi sebanyak 89 orang atau 2,30% lebih besar dibandingkan jumlah relawan akhir simulasi skenario dasar. Berdasarkan hasil ini, skenario 4 merupakan skenario yang cukup baik

dalam memenuhi *demand* barak pengungsian. Selain itu, berdasarkan hasil pembobotan, skenario alternatif terbaik adalah skenario 4 yang memiliki bobot terbesar dibandingkan skenario lainnya. Skenario 4 meliputi kawasan UGM, stadion Maguwoharjo, Posko TAGANA dan Posko Utama Pakem dengan bobot 0.357.

Tabel 4. Hasil akhir dan Penentuan skenario terbaik berdasarkan bobot masing indikator

Skenario		Total permintaan yang tidak terpenuhi	Total akhir bantuan	Jumlah pengungsi di barak	Jumlah relawan pada akhir simulasi	Persentase x Bobot
1	Persentase	55.51%	-2.84%	0.13%	-1.15%	0.29
	Bobot	0.539	0.114	0.244	0.103	
2	Persentase	-0.43%	-1.06%	0.04%	-1.15%	-0.0045
	Bobot	0.539	0.114	0.244	0.103	
3	Persentase	65.09%	-5.94%	-0.08%	-1.15%	0.342
	Bobot	0.539	0.114	0.244	0.103	
4	Persentase	68.42%	-7.29%	-0.08%	-2.30%	0.357
	Bobot	0.539	0.114	0.244	0.103	

Akan tetapi, semua skenario alternatif menunjukkan jumlah stok akhir suplai bantuan yang masih dapat disalurkan relawan selalu lebih besar dibandingkan dengan skenario dasar. Sehingga terdapat kelebihan kapasitas bantuan yang belum tersalurkan. Pada kondisi nyata hal ini tentu menimbulkan penumpukan barang dan memungkinkan bantuan akan menjadi rusak. jika prioritas utama adalah pemenuhan kebutuhan para pengungsi, maka alternatif skenario cukup efektif dalam pemenuhan *demand*. Sedangkan kelebihan kapasitas akhir relawan dan jumlah relawan pada akhir simulasi menjadi kelemahan dalam pemodelan skenario alternatif pada model ini. Terdapat beberapa kelemahan yang mungkin dapat terjadi dalam penerapan skenario 1, skenario 2, skenario 3 dan skenario 4 dalam kegiatan distribusi bantuan diantaranya:

- a. Penerapan skenario 1, skenario 3 dan skenario 4 hanya dapat dilakukan jika erupsi merapi yang terjadi tidak tergolong eksplosif. Kondisi erupsi yang bersifat eksplosif memungkinkan area posko utama pakem tidak dapat digunakan. Hal ini disebabkan regulasi untuk menghindari kawasan Gunung Merapi atau berada dalam kawasan aman dengan radius 15 km hingga 20 km.
- b. Penambahan lokasi dan jumlah posko utama membutuhkan biaya dan perencanaan yang matang. Sehingga faktor biaya menjadi isu penting yang perlu dipertimbangkan.

Berdasarkan kondisi di lapangan, skenario dasar juga memiliki kelemahan dalam hal manajemen distribusi penyaluran bantuan yaitu banyaknya barang bantuan pada posko utama yang belum tersalurkan. Sehingga bantuan kadang kala menjadi rusak dan tentu ini sangat merugikan kegiatan penanggulangan bencana. Oleh karena itu, diperlukan sinkronasi yang baik antara semua pihak yang terlibat dalam operasi kemanusiaan dan operasi penanggulangan bencana. Pihak pemerintah harus menetapkan regulasi dan kebijakan terkait kemudahan dalam penerimaan dan penyaluran bantuan. Penentuan lokasi dan jumlah posko bantuan utama hendaknya perlu lebih lanjut diperhatikan seperti faktor biaya, perilaku para penduduk, perspektif kebencanaan masyarakat, kecepatan penyaluran dan distribusi barang, efisiensi kegiatan distribusi logistik bencana dan efektivitas distribusi bantuan.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya:

- a. Skenario 1, skenario 2, skenario 3 dan skenario 4 berupa scenario koordinasi desentralisasi menunjukkan hasil yang lebih baik dalam penanganan dan penyaluran bantuan menuju barak pengungsian dibandingkan dengan skenario awal.
- b. Periode untuk mencapai titik keseimbangan antara *demand* yang tidak terpenuhi dan total stok akhir kapasitas bantuan menunjukkan skenario 1, skenario 2, skenario 3 dan skenario 4 lebih cepat dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik keseimbangan untuk skenario dasar atau skenario awal.
- c. Skenario alternatif (1,2,3 dan 4) menunjukkan jumlah kapasitas stok akhir suplai bantuan pada akhir simulasi lebih besar dibandingkan dengan skenario awal. Hal ini menunjukkan bahwa skenario 1, skenario 2, skenario 3 dan skenario 4 memiliki kelemahan berupa jumlah bantuan yang tersisa lebih banyak dan belum efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Anh, N.T.N., Daniel, Z.J., Hung, M.N., dan Alexis, D. 2012. Simulation of Emergency Evacuation of Pedestrians Along The Road Networks In Nhatrang City. *International Conference on Research, Innovation, and Vision for the Future (RIVF)*, pp. 309-314
- Axelrod, R., dan Tesfatsion, L. 2006. A Guide For Newcomers to Agent-Based Modeling in The Social Sciences, Kenneth L. Judd and Leigh Tesfatsion (eds.). *Handbook of Computational Economics*, vol. 2, North-Holland
- Balcik, B., Beamon, B. M., Krejci, C. C., Muramatsu, K. M., dan Ramirez, M. 2010. Coordination in Humanitarian Relief Chains: Practices, Challenges and Opportunities. *International Journal Production Economics*, No. 126, pp. 22–34
- Bunch, M.J., Kumaran, T.V., dan Joseph, R. 2012. Using Geographic Information Systems (GIS) For Spatial Planning and Environmental Management in India: Critical Considerations. *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol. 2 No. 2, pp.40-54
- Crooks, A., Castle, C., dan Batty, M. 2008. Key Challenges in Agent-Based Modelling For Geo-Spatial Simulation. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol 32, pp. 417-430
- Crooks, A., dan Wise, S. 2013. GIS and Agent-Based Models for Humanitarian Assistance. *Journal of Computer, Environment and Urban System*, Vol. 41, pp.100-111
- Hartmann, T., dan Zerjav, V. 2014. Optimizing the Location of Out-Care Centers in Urban Space Using Agent-Based Modeling. *Construction Research Congress 2014 ©ASCE*, pp. 2375-2384
- Horan, T. A., dan Marich, M. 2006. Time-Critical Information Services: Analysis and Workshop Findings on Technology, Organizational, and Policy Dimensions to Emergency Response and Related Governmental Services. *International Conference on Digital Government Research*, San Diego, CA
- Kruzikas, D.T., Higashi, M.K., Edgar, M., Macal, C.M, Graziano, D.J., North, M.J., dan Collier., N.T. 2014. Using Agent-Based Modeling to Inform Regional Health Care System Investment and Planning. *International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, pp.1-4
- Verma, A., Gaukler, G.M. 2015. Pre-Positioning Disaster Response Facilities at Safe

- Locations: An Evaluation of Deterministic and Stochastic Modeling Approaches. *Computers & Operations Research*, Vol.62, pp. 197– 209
- Wassenhove, V.L.N. 2009. Blackett Memorial Lecture Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 57, No. 5, pp. 475-489