

IMPLEMENTASI METODE AGENT BASED MODELING UNTUK EVAKUASI BENCANA TSUNAMI PADA GEDUNG J UNIVERSITAS BENGKULU, INDONESIA

Deni Putrah Pratama¹, Hardiansyah², Yuzuar Afrizal³, Lindung Zalbuin Mase^{4*}

^{1 2 3 4}Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Muara BangkaHulu, Kota Bengkulu, (0736) 38119
* Corresponding Author's E-mail: lmase@unib.ac.id

ABSTRAK

Gedung J Universitas Bengkulu merupakan gedung kuliah yang digunakan oleh Fakultas Hukum. Gedung J sangat dekat dengan pesisir pantai menyebabkan gedung ini sangat rawan terhadap bencana tsunami. Jalur evakuasi bencana sangat dibutuhkan untuk menanggulangi dan mengurangi korban jiwa. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan model perjalanan evakuasi bencana tsunami dan mengatasi ruas jalan yang bermasalah. Penelitian ini menggunakan metode pemodelan *Agent Based Modelling* dengan bantuan aplikasi NetLogo versi 6.0.4. Data primer yang digunakan adalah denah gedung dan geometri jaringan jalan. Data sekunder yang diperlukan meliputi jumlah orang yang ada di dalam gedung kuliah. Pengambilan kuesioner dilaksanakan dengan pengambilan sampel, kemudian data dianalisis secara statistik meliputi uji validitas data, derajat kejenuhan, volume, kapasitas, dan tes analisis regresi linier sederhana. Penelitian ini menggambarkan 12 ruas jalan dan 3 rute alternatif. Analisis data yang dilakukan menunjukkan kondisi ruas jalan yang ditinjau berdasarkan hasil perbandingan data kuesioner dan simulasi. Berdasarkan perhitungan dan kondisi responden diperoleh bahwa jalur alternatif 1 lebih banyak di pilih, dikarenakan jarak tempuh yang pendek dan dekat dengan pintu keluar. Ada beberapa faktor yang menjadi hambatan proses evakuasi yaitu, jarak tempuh, dan kapasitas jalan tidak memadai. Diperlukan solusi terhadap permasalahan yang ada dengan cara mengubah dimensi dan pelebaran jalan.

Kata Kunci: Permodelan, Evakuasi, Gedung J, NetLogo

ABSTRACT

Gedung J University of Bengkulu is a lecture building used by the Faculty of Law. Gedung J is very close to the shoreline. It indicates that this building is very vulnerable to tsunami. Disaster evacuation routes are therefore needed. This study aims to plan tsunami disaster evacuation routes models and overcome problematic roads. This study employs Agent Based Modeling method under the framework of NetLogo application version 6.0.4. The primary data used is the building plan and road network geometry. Secondary data needed included the data of people population in the building. Questionnaires were taken by sampling, then data were analyzed statistically on the basis of test data validity, degree of saturation, volume, capacity, and simple linear regression analysis tests. This study described 12 road segments and 3 alternative routes. Data analysis performed shows the condition of the road that was reviewed based on the results of comparison of questionnaire and simulation data. Based on the calculations and respondents, it was found that the alternative Route 1 was preferred, since the access to the exit is short-travel. There are several factors that hinder the evacuation process, i.e. mileage and road capacity. Solutions by road changing dimensions and road broadening are needed to overcome this problem

Key Word: Modelling, Evacuations, Building J, NetLogo.

1. PENDAHULUAN

Bengkulu merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang di bagian barat berbatasan dengan Samudra Hindia, dimana terdapat Subduksi Sumatera Lempeng Indo-Australia dan Eurasia. Pergerakan lempeng yang secara tiba-tiba inilah yang mengakibatkan terjadinya potensi gempa bumi dan tsunami. Kerentanan alam ini hampir sepanjang pesisir Kota Bengkulu rawan.

Natawidjaja [1] menyatakan bahwa Kota Bengkulu telah dua kali diterjang oleh gelombang tsunami yang disebabkan akibat pergerakan antara kedua lempeng, yaitu Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia secara mendadak. Kedua kejadian tersebut terjadi pada tahun 1797 dan tahun 1833. Saat ini Kota Bengkulu sering mengalami gempa di antaranya berupa gempa kecil. Meskipun demikian jika terjadi cukup besar akan sangat berpotensi membangkitkan gelombang tsunami.

Gedung J Universitas Bengkulu (UNIB) merupakan Gedung Kuliah Bersama Fakultas Hukum yang memiliki jarak 987 m dari tepi pantai. Gedung J tersebut memiliki daya tampung kurang lebih 370 mahasiswa. Peringatan dan rambu-rambu jalur evakuasi bencana pada gedung ini masih sangat kurang. Potensi terjadinya tsunami sangatlah besar pada gedung J ini.

Dengan sering terjadinya gempa serta kondisi jaringan jalan khususnya di Universitas Bengkulu, penelitian ini menunjukkan evakuasi individu-individu pada Gedung J terhadap jaringan jalan Universitas Bengkulu. Serta mengetahui jalur evakuasi yang tepat dengan metode *Agent Based Modelling* (ABM).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Bencana

Departemen Kesehatan [2] menyatakan bahwa suatu peristiwa yang terjadi pada suatu daerah yang mengakibatkan kerusakan ekologi, kerugian, hilangnya nyawa manusia, serta memburuknya kesehatan dan pelayanan kesehatan yang bermakna sehingga memerlukan bantuan dari pihak luar. Berikut ini faktor penyebab terjadinya bencana, yaitu: (a) faktor alam (*natural disaster*) karena fenomena alam tanpa campur tangan manusia. (b) faktor non alam (*non-natural disaster*) yaitu bukan karena fenomena alam dan bukan juga ulah manusia. (c) faktor manusia (*man made disaster*) yaitu murni akibat perbuatan manusia.

2.2 Evakuasi Bencana

Evakuasi merupakan kemampuan manusia dalam mengambil tindakan dengan cepat, tanggap, tepat, dan terarah berdasarkan prosedur melakukan penyelamatan diri dari bencana. Jalur alternatif ketika evakuasi adalah kita dianjurkan untuk memilih jalur yang aman dan tercepat menuju lokasi pengungsian Manini [3].

Jalur evakuasi merupakan jalur yang dilewati pengungsi dengan pergerakan yang cepat dan tepat untuk menjauh dari lokasi ancaman menuju ke tempat yang lebih aman [4]. Berikut ini merupakan klasifikasi fungsi jalan untuk melakukan evakuasi bencana :

- a. Jalan arteri yaitu jalan yang melayani angkutan utama.
- b. Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi.
- c. Jalan lokal yaitu jalan yang melayani angkutan setempat.

2.3 Analisis Model Transportasi

Hardiansyah [5] berpendapat bahwa pemodelan evakuasi merupakan cakupan wilayah studi yang sangat luas, sehingga menjadi kategori konsep makroskopis. Pemodelan makroskopis dapat dipakai untuk mengevaluasi kinerja jaringan jalan selama kondisi darurat bencana dengan skala studi luas.

Pemodelan transportasi berbasis *agent* memiliki kelebihan, yaitu pengungsi dapat menambah wawasan akan proses evakuasi, konsep ini hanya mencakup wilayah kajian yang terbatas. Kemudian konsep pemodelan transportasi memiliki kelebihan dapat menangkap pola pergerakan kendaraan lalu lintas dalam skala yang besar. Hasil utama dari analisis percobaan berupa waktu evakuasi dan rute evakuasi yang padat, yang harus di tekankan pada analisis tersebut model evakuasi memerlukan ketepatan pengumpulan data, proses analisa dan kalibrasi Santosa [6]

2.4 Agent Based Modelling (ABM)

Bata [7] Menyatakan *Agent Based Modelling* percobaan dengan menggunakan konsep *agent* dan interaksi dalam mendapatkan fenomena dan perilaku baru. *Agent Based Modelling* dapat dikatakan suatu paradigma dalam membangun percobaan. Keuntungan dari menggunakan *Agent Based Modelling* adalah kita dapat menganalisis perilaku pergerakan agen dan mempelajari dinamika sistem pada saat evakuasi. Analisis tersebut juga dapat menjawab pertanyaan “bagaimana-jika” mengenai berbagai strategi pengendalian model evakuasi.

2.5 Kinerja Jaringan Jalan

Kinerja jaringan jalan terdiri dari volume kendaraan, kapasitas jalan, dan derajat kejenuhan. PKJI [8] menyatakan kapasitas diimplementasikan sebagai arus lalu lintas puncak dalam satuan kendaraan ringan per jam (skr/jam) yang perlu diperhatikan untuk kinerja jalan adalah lingkup geometri, lingkungan, dan lalu lintas. Derajat kejenuhan merupakan tolak ukur utama yang digunakan untuk menentukan tingkat kinerja jaringan jalan.

Tabel 1. Parameter Kinerja jaringan jalan

Kapasitas Jalan	$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$ (1)
Derajat Kejenuhan	$DJ = \frac{Q}{C}$ (2)

Keterangan:

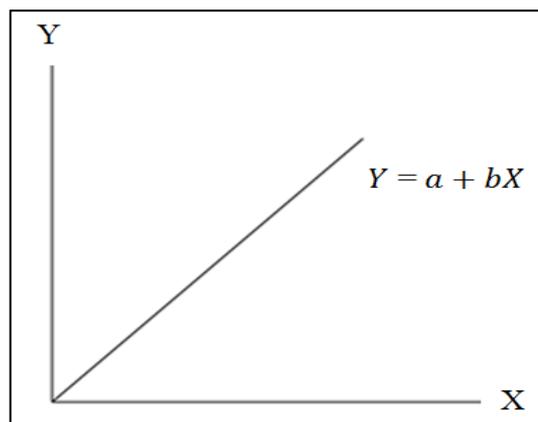
- C = kapasitas (skr/jam)
- C₀ = kapasitas dasar (skr/jam)
- FC_{LJ} = faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar lajur.
- FC_{PA} = faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisah arah, hanya pada jalan tak terbagi
- FC_{HS} = faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu
- FC_{UK} = faktor penyesuaian ukuran kota
- DJ = Derajat kejenuhan
- Q = Arus lalu-lintas (smp/jam)
- C = Kapasitas jalan (smp/jam)

2.6 Distribusi Regresi Linear Sederhana

Suatu metode persamaan regresi linear yang melibatkan suatu model persamaan yang menggambarkan hubungan antara variabel X dan Y, yang biasanya digambarkan dalam bentuk garis lurus. Tujuan akhir dari regresi linear untuk mencari nilai r² sebagai hasil akhir analisis.

Tabel 2. Parameter regresi linear

Konstanta, berpotong sumbu Y	$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$ (3)
Konstanta regresi	$b = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$ (4)
Nilai regresi linear	$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}}$ (5)



Gambar 1. Ilustrasi Garis Regresi Linear

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan W.R Supratman Kota Bengkulu. Gedung J Universitas Bengkulu yang menjadi titik pusat analisa penelitian dengan tinjauan pola pergerakan agen dari titik kumpul gedung untuk melakukan evakuasi ke pintu keluar Universitas Bengkulu.



Gambar 2. Lokasi Penelitian (dimodifikasi dari Google Earth, Zona Universitas Bengkulu 2019)

3.2 Teknik Analisis Data

Dalam menganalisis kinerja jaringan jalan pada saat melakukan evakuasi, maka dilakukan tahapan sebagai berikut:

- a. Data primer (geometri jalan, denah gedung, dan kuesioner)
- b. Data sekunder (Peta jaringan jalan dan data responden gedung J Universitas Bengkulu)
- c. Pengolahan data jaringan
- d. Pengaturan awal analisis
- e. Perhitungan kinerja jaringan jalan
- f. Pembuatan bahasa pemrograman
- g. Simulasi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jumlah Pengungsi Gedung J

Ketika terjadi evakuasi bencana pengguna Gedung J Universitas Bengkulu terdiri dari 230 orang laki-laki dan 129 orang perempuan dengan rentang usia 18-48 tahun yang meliputi mahasiswa, dosen, dan karyawan.



Gambar 3. Persentase Pengguna gedung J

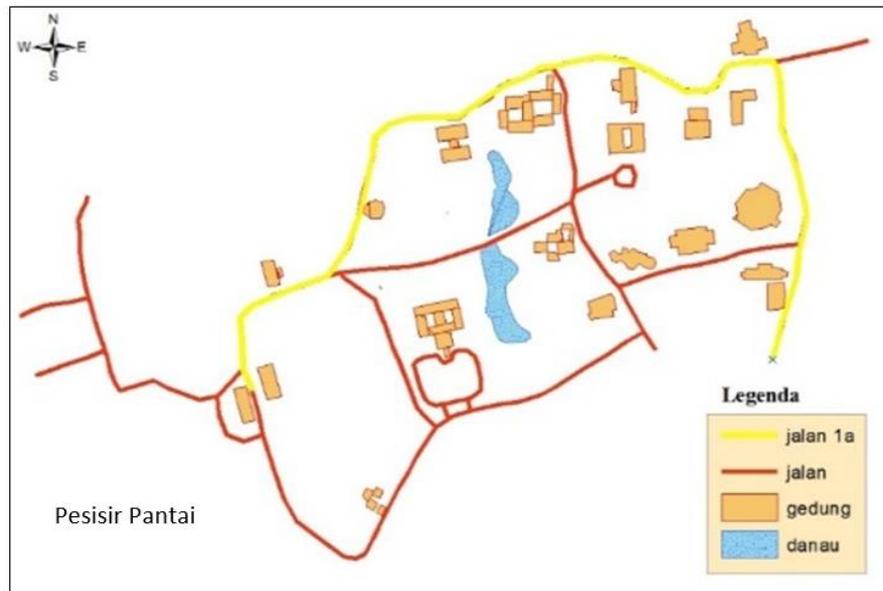
4.2 Survei Parkir

Waktu puncak kendaraan berdasarkan hasil survei lapangan pada tanggal 6 April 2019 terjadi pada pukul 10.00-11.00 WIB. Waktu puncak ini sebagai acuan penulis dalam menentukan waktu terjadinya tsunami.

4.3 Jaringan Jalan

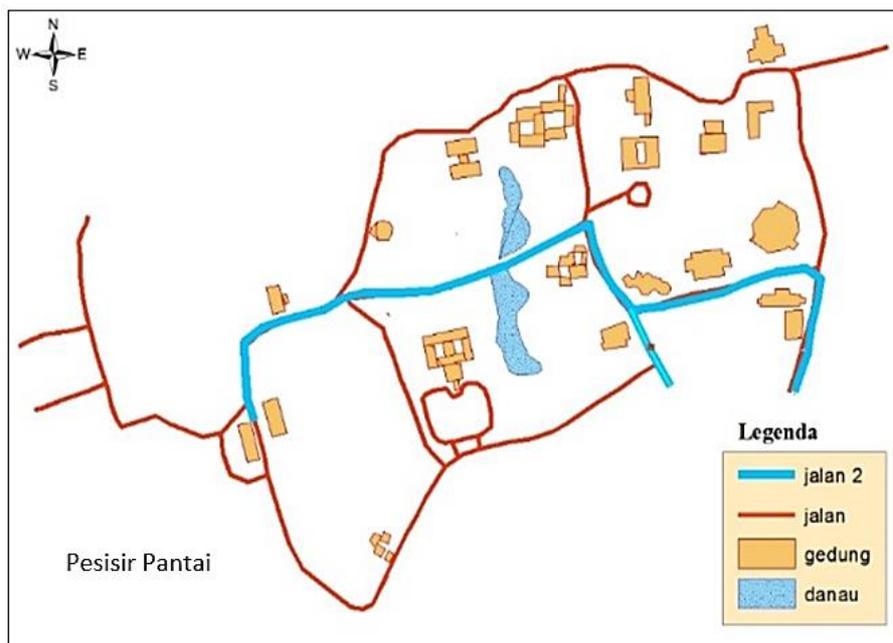
Jaringan jalan lokal lingkungan kampus Universitas Bengkulu merupakan data informasi geografis yang diolah lebih lanjut menggunakan aplikasi ArchMap dan AutoCad dan disimpan dalam bentuk format *shapefile* (.shp). Kemudian pemberian nama pada ruas jaringan jalan dilakukan pada pilihan rute alternatif yang digunakan pada penelitian ini. Ruas jalan diambil antara setiap simpang dengan nama R-1 sampai dengan R-12 dan 3 alternatif rute jalan. Berikut ini rute evakuasi pada saat evakuasi:

- a. Alternatif satu melalui beberapa ruas jalan R01(Gedung J-Dekanat Pertanian), R02(Dekanat Pertanian-Rektorat), R05(TIP-GB5), R11(GB3-GSG), R12(GSG-Pintu keluar) dengan jarak 1554 meter.



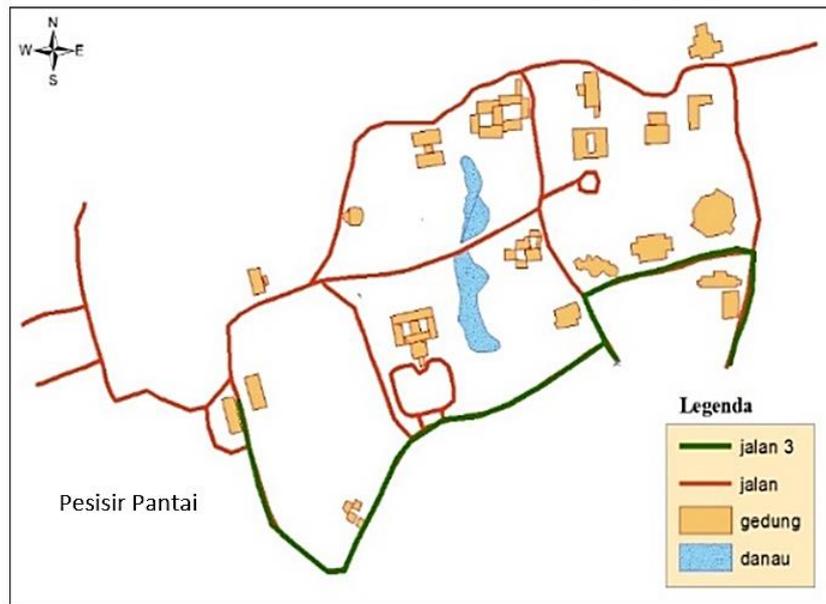
Gambar 4. Rute Alternatif Satu

- b. Alternatif dua melalui beberapa ruas jalan R01 (Gedung J Fakultas Pertanian), R02 (Fakultas Pertanian-Rektorat), R06 (Rektorat-GB2), R08 (GB2-LPTIK), R09 (LPTIK-Pintu keluar), R010 (LPTIK-GSG), R012 (F.Teknik-Pintu Keluar) dengan jarak 1291 meter.



Gambar 5. Rute Alternatif Dua

- c. Alternatif tiga rute evakuasi melalui ruas jalan R01(Gedung J-UPT bahasa), R03(UPT-Rektorat), R07(Rektorat-Fisip), R09(Pintu keluar), R10(LPTIK-GSG), R12(Fakultas Teknik-Pintu keluar) dengan panjang 1373 meter.



Gambar 6. Rute Alternatif Tiga

4.4 Hasil Percobaan

Hasil dari percobaan pengembangan NetLogo pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Lampiran 1. Salah satu sifat dari NetLogo adalah bahwa *output* permodelan dari *agent* yang dihasilkan bersifat stokastik, artinya hasil yang diperoleh selalu berubah setiap kali percobaan dilakukan. Percobaan menggunakan *behavior space running* yang dilakukan berkali-kali. Penentuan jumlah sampel percobaan menggunakan tabel Isaac dan Michael dengan faktor kesalahan 5% diperoleh sebanyak 265 kali percobaan. Kemudian untuk melihat angka regresi maka dilakukan validasi. Validasi ini membandingkan volume pergerakan evakuasi saat kondisi riil dan pada saat permodelan. Angka validasi yang diperoleh sebesar 93,12%.

4.5 Analisis Kinerja Model

Data geometrik dari ruas jalan yang akan ditinjau dibutuhkan dalam menghitung kapasitas ruas jalan. pengolahan data hasil percobaan, mengetahui kapasitas ruas jalan, derajat kejenuhan (D_j), kecepatan, dan waktu tempuh pada ruas jalan yang dilalui oleh agen dapat dilakukan untuk analisis *output* pada NetLogo. Tabel 1 berikut menunjukkan data geometrik dari ruas jalan tinjauan berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan di lapangan.

Tabel 3. Data geometrik ruas jalan

No	Kode Jalan	Tipe Jalan	Lebar Jalan (m)	Lebar Bahu (m)
1	R01	2/2TT	4	0,5
2	R02	2/2TT	5	0,5
3	R03	2/2TT	4	0,5
4	R04	2/2TT	5	0,5
5	R05	2/2TT	4,5	0,5
6	R06	2/2TT	5	0,5
7	R07	2/2TT	6	0,5
8	R08	2/2TT	7	0,3
9	R09	2/2TT	8	0,5
10	R10	2/2TT	6	0,5
11	R11	2/2TT	4,5	0,3
12	R12	2/2TT	4,5	0,3

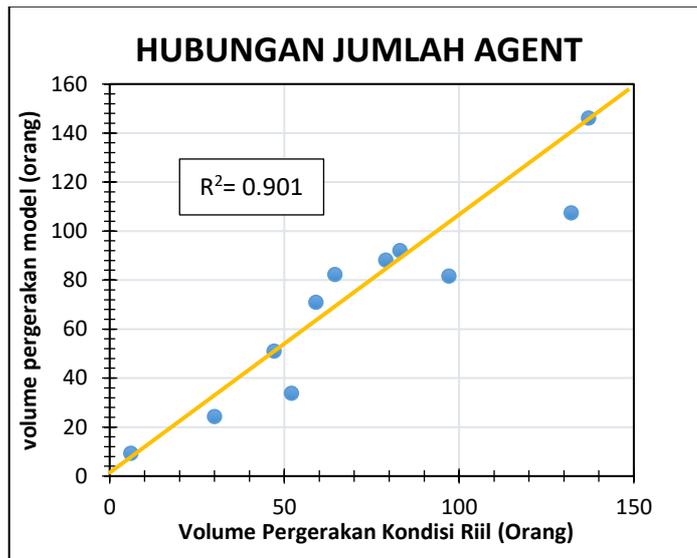
Dalam membandingkan interaksi antara harian dan model pada perjalanan harian dan permodelan pada Gedung J dapat dilakukan dengan menganalisis Derajat kejenuhan (D_j). Analisis D_j diolah menggunakan PKJI 2014. Hasil analisis D_j pada permodelan di ruas jalan tinjauan dari Gedung .

Tabel 4. Derajat Kejenuhan Evakuasi

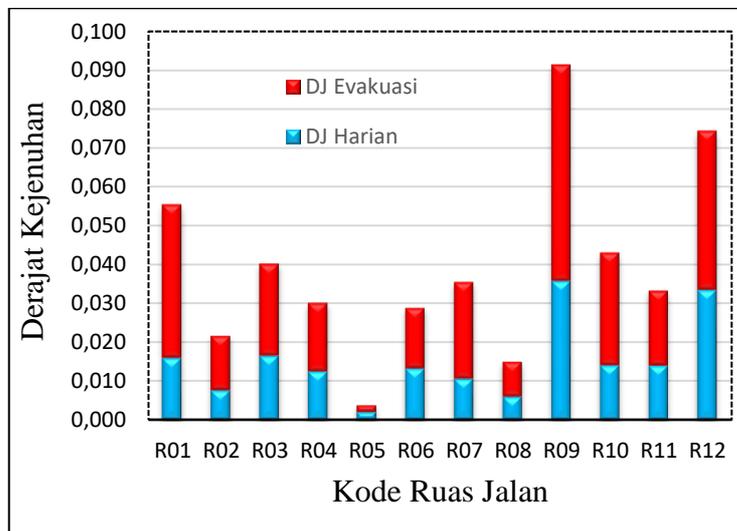
No	Kode	Volume model	Distribusi Mode (%)			Kapasitas Angkut			Volume Model	Kapasitas jalan	VCR
			MC	LV	HV	MC	LV	Jalan Kaki			
			orang	51%	13%	0%	0.4	1			
1	R01	132	67.32	17.16	0	26.93	17.16	0	44.08	1118.74	0.039
2	R02	47	23.97	6.11	0	9.59	6.11	0	15.69	1118.74	0.014
3	R03	79	40.29	10.27	0	16.12	10.27	0	26.38	1118.74	0.023
4	R04	59	30.09	7.67	0	12.04	7.67	0	19.70	1118.74	0.017
5	R05	6	3.06	0.78	0	1.22	0.78	0	2.00	1118.74	0.001
6	R06	52	26.52	6.76	0	10.61	6.76	0	17.36	1118.74	0.015
7	R07	83	42.33	10.79	0	16.93	10.79	0	27.72	1118.74	0.024
8	R08	30	15.30	3.90	0	6.12	3.90	0	10.02	1118.74	0.009
9	R09	186	94.86	24.18	0	37.94	24.18	0	62.12	1118.74	0.055
10	R10	97	49.47	12.61	0	19.79	12.61	0	32.39	1118.74	0.029
11	R11	64	32.86	8.38	0	13.15	8.38	0	21.52	1118.74	0.019
12	R12	137	69.87	17.81	0	27.95	17.81	0	45.75	1118.74	0.030

Tabel 5. Derajat Kejenuhan Harian

No	Kode	Volume model	Distribusi Mode (%)			Kapasitas Angkut			Volume Model	Kapasitas jalan	VCR
			MC	LV	HV	MC	LV	Jalan Kaki			
			orang	48%	15%	0%	0.4	1			
1	R01	121	61.71	15.73	0	24.68	15.73	0	40.4140	2531.909	0.0160
2	R02	30	15.30	3.90	0	6.12	3.90	0	10.0200	1312.842	0.0076
3	R03	65	33.15	8.45	0	13.26	8.45	0	21.7100	1312.842	0.0165
4	R04	49	24.99	6.37	0	9.99	6.37	0	16.3660	1312.842	0.0125
5	R05	8	4.08	1.04	0	1.63	1.04	0	2.6720	1312.842	0.0020
6	R06	52	26.52	6.76	0	10.61	6.76	0	17.3680	1312.842	0.0132
7	R07	65	33.15	8.45	0	13.26	8.45	0	21.7100	2039.593	0.0106
8	R08	26	13.26	3.38	0	5.30	3.38	0	8.6840	1440.569	0.0060
9	R09	154	78.54	20.02	0	31.42	20.02	0	51.4360	1440.569	0.0357
10	R10	86	43.86	11.18	0	17.54	11.18	0	28.7240	2039.593	0.0141
11	R11	55	28.05	7.15	0	11.22	7.15	0	18.3700	1312.842	0.0140
12	R12	144	73.44	18.72	0	29.38	18.72	0	48.0960	1440.569	0.0334

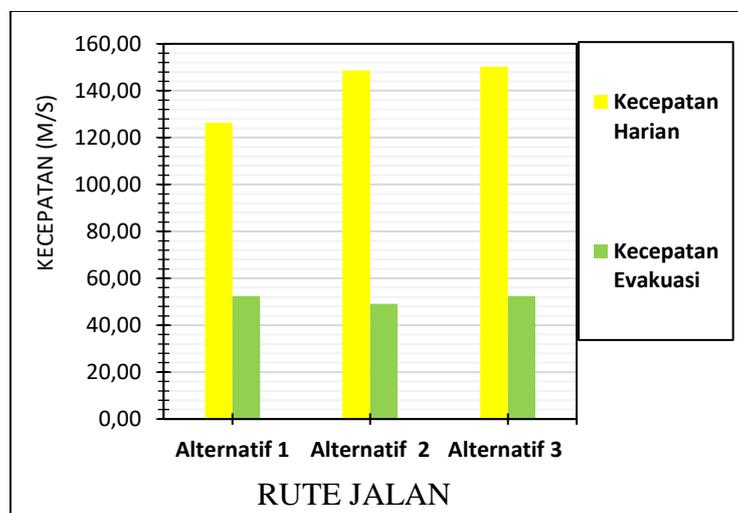


Gambar 7. Grafik Regresi Linear



Gambar 8. Hubungan Derajat Kejenuhan harian dan model

Hubungan kecepatan berdasarkan alternatif rute yang dipakai. Persamaan $v = s/t$ dapat digunakan untuk menganalisis kecepatan agen pada ruas jalan, dimana v adalah kecepatan (km/jam), s adalah jarak pada ruas jalan (km), dan t adalah waktu tempuh (jam). Perbandingan kecepatan harian dan model dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 9. Hubungan Kecepatan dan Alternatif yang dipilih

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah pengguna Gedung J sebanyak 359 orang dengan ruas jalan yang digunakan merupakan jenis jalan lokal yang memiliki kapasitas jalan tertinggi sebesar 1966,27 skr/jam.
2. Berdasarkan tiga jalur alternatif evakuasi, jalur satu dan dua yang paling banyak dipilih. Persentase jalur alternatif evakuasi, alternatif 1 (29,70%), alternatif 2 (34,94%), dan alternatif 3 (25,33%).
3. Hasil Validitas analisis menggunakan regresi linear sederhana dengan nilai 93,12%. Nilai derajat kejenuhan (D_j) maksimum 0,0349 pada ruas R01 jalan menuju pintu keluar. Dan derajat kejenuhan minimum 0,0040 pada ruas R08 jalan GB2 menuju LPTIK Universitas Bengkulu. Analisis berbasis *agent* memiliki kecepatan kendaraan yang mengalami keterlambatan pada semua jaringan jalan dengan waktu tempuh rata 3 sampai 3,5 menit untuk sampai ke pintu keluar Universitas Bengkulu.

Saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan terkait waktu tempuh evakuasi dan pemodelan.
2. Perbaiki berkala jaringan jalan Universitas Bengkulu, sehingga tidak menimbulkan kepadatan ketika proses evakuasi berlangsung.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Pihak yang mengelola Gedung J Universitas Bengkulu yang telah membantu dalam penulisan penelitian di Gedung J Universitas Bengkulu, sehingga penelitian dapat terselesaikan dengan baik.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Natawidjaja, D. H. (2007). Gempa Bumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup. 1-136.
- [2] Departemen Kesehatan RI (2001). Mitigasi Bencana. Jakarta: Depkes RI.
- [3] Manini, D.J, Madireddy., Soundar, M., Kumara (2011). Model Berbasis Agent Manajemen Lalu Lintas Evakuasi. Prosiding Konferensi silmulasi Musim Dingin Jain, RR Cr easey, J. Himmelspach, KP White, & M. fu, eds.
- [4] Nurfaida. (2016). Penggunaan SIG Untuk Pemetaan Jalur -Evakuasi Bencana Tsunami Di Desa Tonggolobibi Kecamatan Sojol. *E-Journal Geo-Tadulako UNTAD*, 1-14.
- [6] Hardiansyah. (2018). Identifying Road Network Vulnerability During Disaster Cased study: Road Network Evacuation in Merapi Eruption. *Songklanakar Journal of Science and Technology*, 1-24.
- [7] Bata, Julius. (2012). Silmulasi *Agent Based Modelling* (ABM) Menggunakan NetLogo. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2012 (SENTIKA 2012). ISSN: 2089-9815. Lab Pengembangan Simulasi dan Game Edukasi, PAUD Dunia Beta. Kupang.
- [8] Direktorat Jendral Bina Marga. (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Jakarta: Direktorat Bina Marga.