

## ANALISIS EVAKUASI BENCANA TSUNAMI DI GEDUNG KULIAH BERSAMA V UNIVERSITAS BENGKULU DENGAN METODE *AGENT BASED MODELLING*

Ade Sahroli<sup>1)</sup>, Hardiansyah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu  
Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp (0736) 344087  
Corresponding Author: adesahroli2@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini memodelkan pergerakan pengungsi bencana tsunami di Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu dengan metode *agent based modelling*. Kuisisioner dilakukan untuk mengetahui moda transportasi yang digunakan, kemudian diolah dengan mencari derajat kejenuhan, volume, kapasitas jalan, kecepatan dan waktu tempuh. Penelitian ini membandingkan antara pergerakan harian dan saat evakuasi, maka dilakukan analisis regresi linier sederhana. Terdapat beberapa ruas jalan dan rute alternatif yang ditinjau pada penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute yang banyak dipilih oleh responden saat evakuasi adalah rute terpendek menuju gerbang keluar. Derajat kejenuhan yang didapat masih dalam kategori stabil, namun perlu pengembangan kinerja jaringan jalan lokal Universitas Bengkulu supaya dalam proses evakuasi dapat berjalan dengan baik.

**Kata kunci:** tsunami, evakuasi, *agent based modelling*

### Abstract

*This study modeled the movement of tsunami refugees at Gedung Kuliah Bersama V University of Bengkulu with an agent based modeling method. The questionnaire was conducted to find out the modes of transportation used, then processed by finding the saturation of degree, volume, road capacity, speed and travel time. This study compares the daily movement and time of evacuation, then a simple linear regression analysis is carried out. There are several road segments and alternative routes that were reviewed in this study. The results showed that the route chosen by respondents during evacuation was the shortest route to the exit gate. The saturation of degree obtained was still in the stable category. However, there is a necessary to develop the performance of university of Bengkulu road networks which can ensure the better evacuation process.*

**Keywords:** tsunami, evacuatin, *agent based modelling*

**PENDAHULUAN**

**Tsunami**

Tsunami terdiri dari rangkaian gelombang laut yang mampu menjalar dengan kecepatan mencapai lebih dari 900 km/jam atau lebih di tengah laut. Jenis bencana ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain gempa bumi yang terjadi di dasar laut, runtuhnya di dasar laut, atau karena letusan gunung api di laut (BNPB, 2017).

**Evakuasi Bencana**

Mengevakuasi populasi dalam skala besar merupakan pekerjaan yang sangat rumit dan sulit, sangat bergantung pada pemanfaatan sistem transportasi secara efisien, dan skema evakuasi yang efektif. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kinerja evakuasi adalah waktu keberangkatan yang dipilih oleh pengungsi. Keberangkatan pengungsi yang simultan dapat mengakibatkan penuhnya jaringan jalan dan kemacetan (Hardiansyah dkk, 2016).

**Kinerja Jaringan Jalan**

Panduan Kapasitas Jalan Indonesia (2014) kinerja ruas jalan didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi operasional fasilitas ruas jalan. Suwardi (2008) menyatakan bahwa kinerja ruas jalan adalah kemampuan ruas jalan untuk melayani kebutuhan arus lalu lintas sesuai dengan fungsinya yang dapat diukur dengan standar tingkat pelayanan jalan. Nilai tingkat pelayanan jalan dijadikan sebagai parameter kinerja ruas jalan.

**Kapasitas Jalan**

Kapasitas didefinisikan sebagai arus lalu lintas maksimum dalam satuan ekr/jam yang dapat dipertahankan sepanjang segmen jalan tertentu dalam kondisi tertentu, yaitu meliputi geometrik, lingkungan dan lalu lintas (PKJI, 2014).

Persamaan dasar untuk menentukan kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_{Lj} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK} \tag{1}$$

Keterangan:

- C = kapasitas (skr/jam)
- C<sub>o</sub> = kapasitas dasar (skr/jam)
- FC<sub>Lj</sub> = faktor penyesuaian kapasitas terkait lebar lajur atau jalur lalu lintas.
- FC<sub>PA</sub> = faktor penyesuaian kapasitas terkait pemisahan arah, hanya pada jalan tak terbagi.
- FC<sub>HS</sub> = faktor penyesuaian kapasitas terkait KHS pada jalan berbahu atau berkereb.
- FC<sub>UK</sub> = faktor penyesuaian kapasitas terkait ukuran kota.

**Tabel 1.** Kapasitas Jalan

| Tipe Jalan                       | C <sub>o</sub><br>(skr/jam) | Catatan               |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 4/2TT atau jalan satu-arah 2/2TT | 1650                        | per lajur (satu arah) |
|                                  | 2900                        | per jalur (dua arah)  |

sumber: PKJI, 2014

**Tabel 2.** Faktor Penyesuaian Kapasitas Terkait Lebar Lajur Lalu Lintas (FCLj)

| Tipe Jalan                | Lebar jalur lalu lintas efektif (Wc) (m) |      | FC <sub>Lj</sub> |
|---------------------------|--|------|------------------|
|                           | Lebar per Lajur                          |      |                  |
| 4/2T atau jalan satu-arah | 3  | 0,92 |                  |
|                           | 3,25                                     | 0,96 |                  |
|                           | 3,5                                      | 1    |                  |
|                           | 3,75                                     | 1,04 |                  |
|                           | 4  | 1,08 |                  |
| 2/2TT                     | 5  | 0,56 |                  |
|                           | 6  | 0,87 |                  |
|                           | 7  | 1    |                  |
|                           | 8  | 1,24 |                  |
|                           | 9  | 1,25 |                  |
|                           | 10                                       | 1,29 |                  |

sumber: PKJI, 2014

**Tabel 3.** Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah Lalu Lintas (FCPA)

| Pemisahan Arah PA | 50-50 | 55-45 | 60-40 | 65-35 | 70-30 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | % - % |       |       |       |       |
| FCPA 2/2          | 1     | 0,97  | 0,94  | 0,91  | 0,88  |
| TT                |       |       |       |       |       |

sumber: PKJI, 2014

**Tabel 4.** Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCHS)

| Tipe Jalan | Kelas Hambatan Samping | Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FCHS) |      |      |       |
|------------|------------------------|---|------|------|-------|
|            |                        | Lebar bahu efektif LBE, m                         |      |      |       |
|            |                        | < 0,5   | 1    | 1,5  | > 2,0 |
| 4/2 T      | Sangat Rendah          | 0,96  | 0,98 | 1,01 | -1,03 |
|            | Rendah                 | 0,94  | 0,97 | 1    | 1,02  |
|            | Sedang                 | 0,92  | 0,95 | 0,98 | 1     |
|            | Tinggi                 | 0,88  | 0,92 | 0,95 | 0,98  |
|            | Sangat Tinggi          | 0,84  | 0,88 | 0,92 | 0,96  |
| 2/2 TT     | Sangat Rendah          | 0,94  | 0,96 | 0,99 | 1,01  |
| 4/2 TT     | Rendah                 | 0,92  | 0,94 | 0,97 | 1     |
|            | Sedang                 | 0,89  | 0,92 | 0,95 | 0,98  |
|            | Tinggi                 | 0,82  | 0,86 | 0,9  | 0,95  |
|            | Sangat Tinggi          | 0,73  | 0,79 | 0,85 | 0,91  |

sumber: PKJI, 2014

**Tabel 5.** Faktor Penyesuaian Kapasitas Terkait Ukuran Kota

| Ukuran Kota (juta penduduk) | Faktor Penyesuaian untuk Ukuran Kota, FCUK |
|-----------------------------|--|
| < 0,1                       | 0,86                                       |
| 0,1 – 0,5                   | 0,9  |
| 0,5 – 1,0                   | 0,94                                       |
| 1,0 – 3,0                   | 1  |
| > 0,3                       | 1,04                                       |

sumber: PKJI, 2014

### Derajat Kejenuhan

Menurut PKJI (2014) derajat kejenuhan atau kecepatan tempuh merupakan hal-hal yang mempengaruhi kriteria kinerja lalu lintas pada suatu kondisi jalan tertentu terkait dengan geometrik, arus lalu lintas, dan lingkungan jalan baik untuk kondisi desain maupun kondisi eksisting. Semakin rendah nilai derajat kejenuhan atau semakin

tinggi kecepatan tempuh menunjukkan semakin baik kinerja lalu lintas. Nilai derajat kejenuhan diperoleh melalui persamaan berikut:

$$D_j = \frac{Q}{C} \tag{2}$$

Keterangan:

D<sub>j</sub> = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas total (skr/jam)

C = kapasitas (skr/jam)

### Permodelan Transportasi untuk Evakuasi

Permodelan transportasi untuk evakuasi yang berbasis perilaku pengungsi memiliki keuntungan, yaitu setiap individu pengungsi dalam model dapat ditambahkan kemampuan intelektual dan pengetahuan akan evakuasi, hanya konsep ini cakupan wilayah kajiannya sangat terbatas (mikro). Konsep model transportasi evakuasi berbasis kinerja jaringan jalan memiliki keuntungan, yaitu dapat memodelkan pergerakan lalu lintas akibat proses evakuasi dalam skala yang besar (Hardiansyah dkk, 2016).

### Permodelan Berbasis Agen Based Modeling (ABM) dengan Netlogo

Dalam [www.adagnitio.wordpress.com](http://www.adagnitio.wordpress.com) menjelaskan bahwa *Agent Based Modelling* (ABM) adalah model simulasi yang menggambarkan individu-individu (agen) dalam sebuah sistem yang kompleks dan dinamis. Konsep dasar *ABM* yaitu:

- ABM merepresentasikan sebuah sistem yang komponennya berupa individu dan perilakunya.
- ABM memodelkan agen individu bukan hanya memodelkan variabel-variabel yang merepresentasikan keseluruhan sistem.

- c) Agen mempunyai sifat heterogen dan otonom serta dapat berinteraksi antar agen dan lingkungannya.
- d) Agen mempunyai sifat adaptif dimana agen dapat menyesuaikan diri dengan kondisinya saat ini, dengan agen yang lain, dan dengan lingkungannya.
- e) Agen menangani masalah yang berhubungan dengan *emergence* (sistem dinamis yang muncul akibat hubungan antar agen atau antara agen dengan lingkungannya).
- f) ABM berhubungan dengan 2 atau lebih level dan saling berinteraksi.
- g) ABM dapat menjelaskan hubungan timbal balik antara sistem dan individu (apa yang terjadi pada sistem karena perilaku individu dan apa yang terjadi pada individu karena kerja sistem)

Jumadi dkk., (2016) mengembangkan simulasi evakuasi di lingkungan berbasis komputer untuk mengidentifikasi kemungkinan masalah rencana dalam berbagai skenario menggunakan *Agent Based Modelling* dan Sistem Informasi Geografis (ABM-GIS) yang bertujuan untuk memberikan kerangka kerja konseptual pengembangan simulasi evakuasi gunung berapi.

### Populasi Sampel

Sampel adalah suatu himpunan bagian (subset) dari unit populasi. Sampel terdiri dari bagian populasi yang memiliki karakteristik yang relatif sama dan dianggap mewakili populasi (Mudrajad, 2003 dalam Rahma, 2010). Menentukan jumlah sampel dapat menggunakan rumus untuk menentukan besaran sampel dalam penelitian yaitu rumus Slovin sebagai berikut:

$$N = \frac{N}{1+N(e^2)} \quad (1)$$

Keterangan:

n = jumlah responden

N = jumlah populasi

e = persentase kelonggaran karena kesalahan pengambilan sampel

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini bertempat di Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu. Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu terletak di Universitas Bengkulu bagian belakang atau biasa disebut UNIB Belakang. Bagian depan gedung berhadapan dengan GKB III dan IV, bagian kanan gedung berseberangan dengan Gedung Fakultas Kedokteran yang dimana antara gedung ini dipisah oleh sawah, bagian belakang gedung terdapat kebun sawit, dan bagian kiri gedung terdapat sawah.

### Data yang Digunakan

Berikut merupakan data yang digunakan dalam penelitian ini:

#### 1. Data Primer

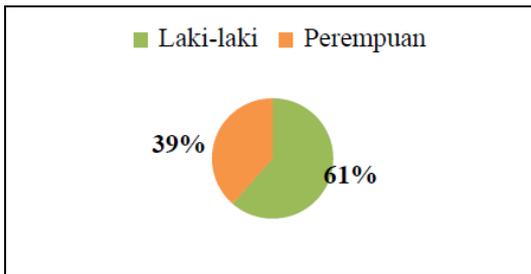
- a) Geometri jalan Universitas Bengkulu.
- b) Kapasitas kepadatan kendaraan
- c) kuisisioner

#### 2. Data Sekunder

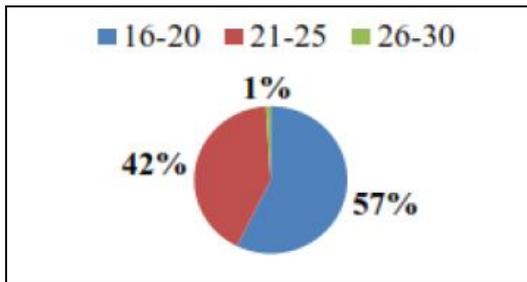
- a) Peta jaringan jalan Universitas Bengkulu.
- b) Data mahasiswa, dosen dan karyawan.
- c) Studi literatur, antara lain dari jurnal, artikel hasil riset dan buku.

### Karakteristik Pengguna Gedung

Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu ini digunakan untuk belajar mengajar oleh Fakultas Teknik dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Persentase pengguna terlihat pada Gambar 1.



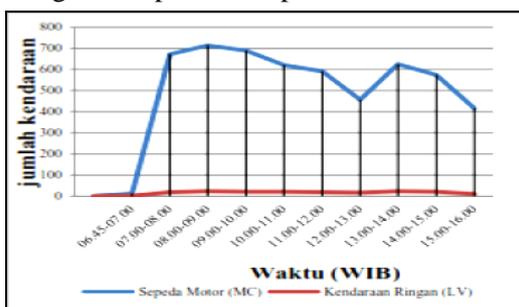
**Gambar 1.** Klasifikasi Pengguna GKB V Berdasarkan Jenis Kelamin



**Gambar 2.** Klasifikasi Pengguna GKB V Berdasarkan Umur

**Sarana Transportasi Pengguna Gedung**

Sarana transportasi pengguna Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu terdiri dari kendaraan ringan (LV) dan sepeda motor (MC), dimana letak parkir kendaraan ringan berada pada bagian depan gedung dan letak parkir sepeda motor berada pada depan, samping dan belakang gedung. Data kendaraan yang parkir di halaman Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu berdasarkan survei parkir tanggal 13 Mei 2019 selama 1 hari kerja dapat dilihat pada Lampiran 1. Grafik kendaraan yang parkir di halaman Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Kendaraan yang Parkir di Halaman Gedung Kuliah Bersama V

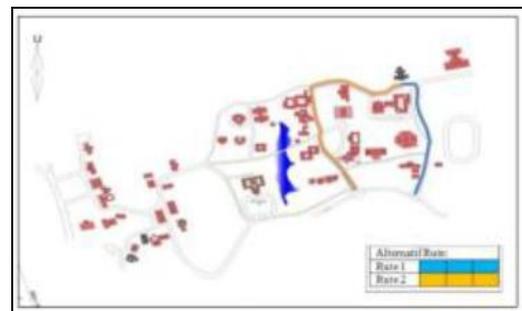
Moda transportasi harian pada Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu berdasarkan survei parkir didapat waktu puncak yang terjadi yaitu pada pukul 09.00 WIB, dimana waktu puncak ini akan menjadi acuan penulis untuk

mengasumsikan waktu terjadinya bencana gempa bumi dan tsunami. Persentase moda transportasi harian pada Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu berdasarkan survei parkir diperoleh hasil sebagai berikut:

1. (MC) = 96,875 %
2. (LV) = 3,125
3. (HV) = 0 %

**Jaringan Jalan**

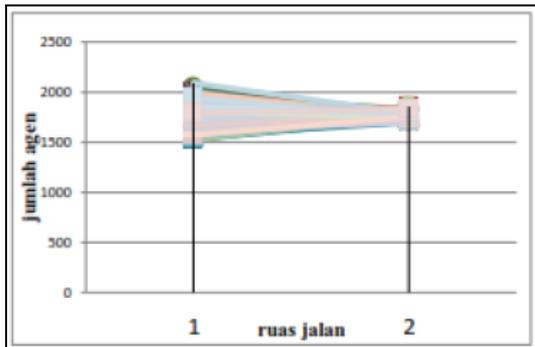
Terdapat 2 alternatif rute yang ditawarkan kepada pengguna Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu. Rute 1 yaitu dari GKB V menuju gerbang keluar UNIB belakang (FT) dan rute 2 dari GKB V menuju gerbang keluar Unib belakang (FISIP). 100% agen memilih rute 1 yaitu dari GKB V menuju gerbang keluar UNIB belakang (FT). Ruas jalan diambil antara setiap simpang dengan nama R-01 dan R-02, dimana R-01 adalah ruas jalan dari GKB V sampai Fakultas Teknik dan R-02 adalah ruas jalan dari Fakultas Teknik sampai gerbang keluar UNIB belakang (FT). Rute alternatif dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Alternatif Rute

**HASIL PEMODELAN**

Salah satu sifat dari NetLogo adalah bahwa *output* permodelan dari *agent* yang dihasilkan bersifat stokastik, artinya hasil yang terjadi selalu berubah setiap kali simulasi dilakukan. Grafik hasil simulasi pengembangan NetLogo pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Hasil Pemodelan yang Dilakukan

Hasil dari *output* pada simulasi berulang yang telah dilakukan diambil rata-rata nilai guna mendapatkan nilai terbaik. Maka, rata-rata *agent* yang melalui ruas jalan dalam bentuk koma akan dilakukan pembulatan. Data *output* rata-rata hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Data *Output* Rata-Rata Hasil Pemodelan

| No. | Kode Jalan | Volume Model (orang) |
|-----|------------|----------------------|
| 1   | R-01       | 1769                 |
| 2   | R-02       | 1762                 |

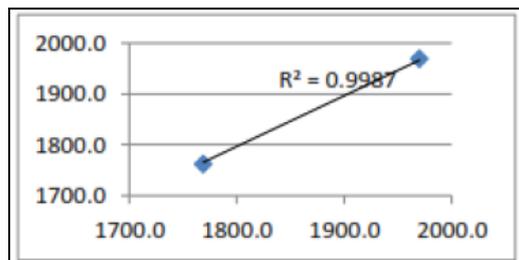
**Validasi Model**

Validasi model dilakukan untuk melihat bagaimana perbandingan antara kondisi nyata dan kondisi permodelan, maka dilakukan dengan menggunakan regresi linier sederhana yang dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Regresi Linier Sederhana

| Kode Jalan yang Digunakan | X                 | Y                 | XY    | X <sup>2</sup> |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------|----------------|
|                           | Volume Pergerakan | Volume Pergerakan |       |                |
| R-01                      | 1970              | 1769              | 17490 | 23705          |
| R-02                      | 1970              | 1762              | 46248 | 45887          |
| Jumlah                    | 3940              | 3531              | 7E+06 | 7761800        |
| Rata-Rata                 | 1970              | 1765,5            |       |                |

Dari tabel diatas diperoleh  $R_2 = 0,9987 = 99,87\%$ . Hal itu menunjukkan bahwa volume pergerakan model yang dibangun telah memiliki kesamaan dengan volume pergerakan kondisi riil ( $R_2$  mendekati 100%). Grafik yang terbentuk dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Pergerakan Harian dan Pergerakan Model

**Analisis Kinerja Model**

Analisis *output* pada NetLogo dilakukan melalui pengolahan data hasil simulasi, menghitung kapasitas ruas jalan, dan menghitung derajat kejenuhan ( $D_j$ ) pada ruas jalan yang dilalui oleh *agent*.

**Derajat Kejenuhan**

Hasil konversi model dan hitungan kapasitas ruas jalan yang sudah ditinjau selanjutnya dilakukan perhitungan derajat kejenuhan ( $D_j$ ). Rekapitulasi hasil perhitungan derajat kejenuhan dianalisis untuk perjalanan harian dan perjalanan evakuasi dapat dilihat pada Tabel.8.

**Tabel 8.** Rekapitulasi Hasil Perhitungan Derajat Kejenuhan ( $D_j$ )

| No. | Kode Jalan | Volume Model (skr/jam) |          | Kapasitas Jalan (skr/jam) |          | Derajat Kejenuhan |          |
|-----|------------|------------------------|----------|---------------------------|----------|-------------------|----------|
|     |            | Harian                 | Evakuasi | Harian                    | Evakuasi | Harian            | Evakuasi |
| 1   | R-01       | 710,4                  | 386,4    | 1313                      | 1119     | 0,5411            | 0,3454   |
| 2   | R-02       | 710,4                  | 385,2    | 1441                      | 1119     | 0,4931            | 0,3443   |

**Kecepatan dan Waktu Tempuh**

Waktu tempuh pergerakan agen bisa diamati secara manual pada NetLogo. 1000 ticks pada NetLogo diperoleh waktu 8 menit 55 detik. Sehingga waktu 1 detik merepresentasikan 1,935 ticks pada NetLogo.

Waktu tempuh yang dilalui agen merupakan waktu agen mengosongkan ruas jalan. Hasil dari waktu yang diperoleh selanjutnya dicatat pada setiap ruas jalan, sehingga kecepatan bisa dicari. Rekapitulasi waktu tempuh dan kecepatan dalam ruas jalan akan dibandingkan pada saat harian dan evakuasi dan dapat dilihat pada Tabel.9.

**Tabel 9.** Kecepatan dan Waktu Tempuh

| Kode Ruas Jalan | Jarak (m) | T harian (s) | T evakuasi (s) | V                 |                     |
|-----------------|-----------|--------------|----------------|-------------------|---------------------|
|                 |           |              |                | v harian (km/jam) | v evakuasi (km/jam) |
| R-01            | 277,1     | 35,68        | 399,28         | 27,96             | 2,5                 |
| R-02            | 167,8     | 31,81        | 505,3          | 18,99             | 1,2                 |

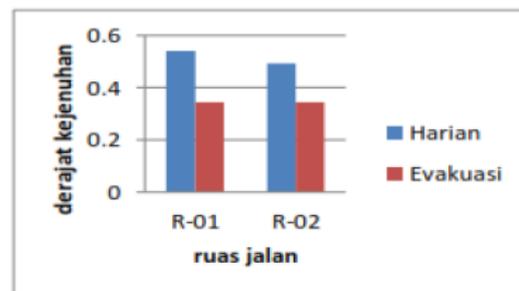
**PEMBAHASAN**

Analisis hasil permodelan diatas mendapatkan nilai derajat kejenuhan, kecepatan, dan waktu tempuh di setiap ruas jalan yang dilalui pengungsi Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu. Hasil permodelan tersebut akan dibandingkan pada kondisi harian untuk melihat seberapa besar dampak pergerakan model evakuasi yang terjadi. Pembahasan ini juga akan

diperoleh beberapa solusi terakit evakuasi bencana tsunami dan pengembangan permodelan transportasi evakuasi pada penelitian ini

**Perbandingan derajat kejenuhan kondisi riil dan permodelan evakuasi**

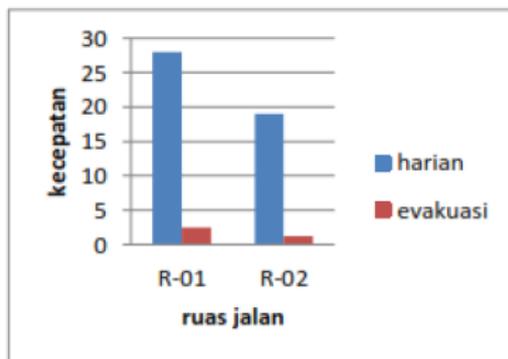
Olahan data dilakukan untuk mencari derajat kejenuhan saat perjalanan harian dan perjalanan evakuasi di Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu. Menunjukkan bahwa  $D_j$  harian pada ruas jalan R-01 sebesar 0,5411 dan pada ruas jalan R-02 sebesar 0,4931, dapat dilihat bahwa nilai derajat kejenuhan harian di ruas jalan R-01 berada di  $0,5 \leq D_j \leq 0,75$  yang berarti kondisi jalan stabil karena kapasitas dari ruas jalan dapat mengimbangi volume lalu lintas sehingga kendaraan dapat berjalan dengan kecepatan sedang. Sementara di ruas jalan R-02 berada di bawah 0,5 yang merupakan kondisi jalan sangat stabil karena volume lalu lintas sangat kecil jika dibandingkan dengan kapasitas ruas jalan yang ada sehingga kendaraan dapat berjalan dengan kecepatan tinggi. Sementara  $D_j$  saat evakuasi pada ruas jalan R-01 sebesar 0,3454 dan pada ruas jalan R-02 sebesar 0,3443, Nilai  $D_j$  saat evakuasi cenderung turun karena saat evakuasi pengungsi lebih memilih untuk berlari sehingga volume kendaraan menurun. Grafik derajat kejenuhan dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik Derajat Kejenuhan

### Perbandingan Kecepatan Kondisi Riil dan Permodelan Evakuasi

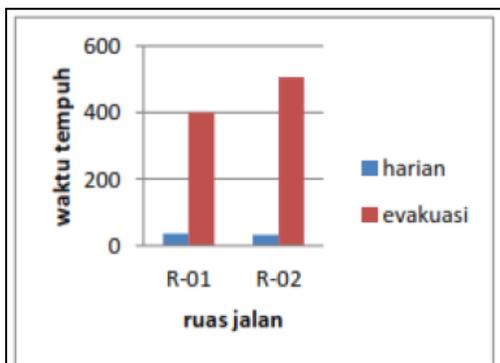
Kondisi kecepatan perjalanan agen di ruas jalan pada saat perjalanan harian dibandingkan pada saat permodelan evakuasi. Grafik kecepatan dapat dilihat pada Gambar 8. dari grafik dapat dilihat bahwa kecepatan saat evakuasi cenderung menurun, hal ini dikarenakan terjadi penumpukan pada ruas jalan yang diakibatkan oleh pengungsi yang bergerak serentak saat evakuasi.



Gambar 8. Grafik Kecepatan

### Perbandingan Waktu Tempuh Kondisi Riil dan Permodelan Evakuasi

Kondisi kecepatan perjalanan agen di ruas jalan pada saat perjalanan harian. Waktu tempuh total kendaraan sampai benar-benar mengosongkan wilayah kampus Universitas Bengkulu dalam permodelan adalah  $\pm 1000$  ticks atau sama dengan 535 detik (8 menit 55 detik) perjalanan evakuasi. Grafik waktu tempuh dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Waktu Tempuh

### KESIMPULAN

Penelitian mengenai permodelan transportasi evakuasi bencana tsunami di Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu dapat disimpulkan dalam beberapa hal berikut:

1. Rancangan model yang dibangun menggunakan data populasi agen pada Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu yang berjumlah 1970 orang. Kondisi jalan yang ditinjau pada pergerakan pengungsi saat evakuasi di jaringan jalan Universitas Bengkulu merupakan jaringan jalan lokal. Pilihan pergerakan pengungsi pada alternatif rute ruas jalan didistribusi berdasarkan kuisioner. Terdapat 2 ruas jalan yang ditinjau dari Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu menuju pintu gerbang.
2. Perilaku pengungsi saat evakuasi 100% memilih rute dari Gedung Kuliah Bersama V Universitas Bengkulu langsung menuju gerbang keluar UNIB belakang (FT). Moda transportasi yang digunakan yaitu sepeda motor sebesar 52,08%, mobil 1,04%, dan lebih memilih berlari sebesar 46,88%.
3. Kinerja jaringan jalan yang ditinjau memiliki  $D_j$  tertinggi pada ruas jalan R-01 yaitu dari GKB V sampai Fakultas Teknik yaitu sebesar 0,5411. Kecapatan kendaraan yang terjadi pada permodelan transportasi ini mengalami perlambatan di semua ruas jalan. Pengaruh perlambatan yang terjadi menyebabkan waktu tempuh yang dilalui pada setiap ruas jalan menjadi lebih lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2017. *Buku Saku Tanggap Tangkas Tangguh Menghadapi Bencana*. Jakarta: BNPB.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Hardiansyah, Muthohar, I., Priyanto, S., dan Suprama, L.B. 2016. Konsep Pemodelan Transportasi untuk Evakuasi Bencana. *Jurnal Transportasi, Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*. Volume 16. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Katolik Parahyangan.
- Jumadi, Carver, S. dan Quincey, D. 2016. *A conceptual framework of volcanic evacuation simulation of Merapi using agent-based model and GIS*. 3-4 November 2015. 402–409. Fakultas Geografi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. Indonesia.
- Rahma, I.S.Z. 2010. *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Perumahan Tipe Cluster (Studi Kasus Perumahan Taman Sari) Kota Semarang*. Skripsi Fakultas Ekonomi Universitas Diponegoro. Semarang.
- Republik Indonesia. 2007. *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang penanggulangan Bencana*. Jakarta: Sekretariat Negara.