

ANALISIS KERENTANAN JARINGAN JALAN KARENA PUTUSNYA RUAS JALAN MAYJEN SUTOYO TANAH PATAH KOTA BENGKULU AKIBAT DAMPAK BENCANA LIKUIFAKSI

Hardiansyah^{1)*} Rika Ampuh Hadiguna²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W. R. Supratman,
Kandang Limun, Kota Bengkulu

²⁾Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana UNAND, Jl. Limau
Manis, Kota Padang

*Corresponding author : hardiansyah@unib.ac.id

Abstrak

Penelitian ini membuat pemodelan lalu lintas untuk memprediksi kemampuan ruas jalan disekitar Jalan Mayjen Sutoyo dalam melayani lalu lintas termasuk untuk kepentingan logistik saat bencana. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kerentanan jaringan jalan sekitar yang terdampak apabila ruas jalan Mayjen Sutoyo putus akibat bencana likuifaksi melalui pendekatan Indeks Kerentanan $INVE_F$. Menggunakan data survei arus lalu lintas jam puncak ruas jalan wilayah studi selanjutnya dilakukan pemodelan lalu lintas pada kondisi harian dan saat ruas jalan Mayjen Sutoyo putus. Hasil pemodelan kondisi harian divalidasi dan didapatkan nilai R^2 sebesar 0,87 atau 87%. Hasil analisis pemodelan jaringan jalan dengan skenario putusnya ruas jalan Mayjen Sutoyo menunjukkan terjadinya peningkatan volume lalu lintas pada beberapa ruas jalan. Hasil dari perhitungan Indeks Kerentanan menunjukkan bahwa ruas jalan yang mengalami kerentanan adalah ruas Jalan Danau, Jalan Merapi Raya, Jalan Flamboyan, Jalan Seruni, Jalan Indragiri dan Jalan Pembangunan.

Kata Kunci: Pemodelan, Indeks Kerentanan, Jalan, Likuifaksi, lalu lintas

Abstract

This study, aims to model the traffic for predicting the ability of roads around Jalan Mayjen Sutoyo in serving traffic, including for logistics purposes during disasters. This study was conducted to determine the vulnerability of the surrounding road network that was affected if the Jalan Mayjen Sutoyo section broke due to liquefaction disaster through the $INVE_F$ Vulnerability Index approach. Using the traffic flow survey data at the peak hours of the study area roads, traffic modeling was carried out on daily conditions and when the Jalan Mayjen Sutoyo is fail. The results of the daily condition modeling were validated and the R^2 value was 0.87 or 87%. The results of the analysis of the road network modeling with the scenario of the cut off of Jalan Mayjen Sutoyo indicate an increase in traffic volume on several roads. The results of the calculation of the Vulnerability Index show that the roads experiencing vulnerability are Jalan Danau, Jalan Merapi Raya, Jalan Flamboyan, Jalan Seruni, Jalan Indragiri and Jalan Pembangunan.

Keywords: Modeling, Vulnerability Index, Road, Liquefaction, traffic

PENDAHULUAN

Provinsi Bengkulu merupakan wilayah yang berdekatan dengan zona pertemuan antara dua lempeng yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia membuat Bengkulu rentan terjadi bencana gempa bumi. Bencana lain yang dapat ditimbulkan akibat gempa bumi ialah terjadinya fenomena likuifaksi atau keruntuhan pada lapisan tanah. Salah satu wilayah yang memiliki risiko terjadi likuifaksi adalah kelurahan tanah patah, Kota Bengkulu yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum $\alpha_{max} \geq 0,3 g$ dengan penilaian 4 dan tingkat risiko sangat tinggi serta keadaan geologinya yang didominasi oleh pasir (Suhartini dkk., 2019).

Jalan Mayjen Sutoyo, Tanah Patah sebagai salah satu akses utama kegiatan transportasi warga Bengkulu memiliki arus lalu lintas yang ramai dan juga berisiko terjadi likuifaksi. Saat ruas jalan terputus akan langkah yang dapat dipilih adalah melakukan pemindahan perjalanan ke rute yang lain menggunakan ruas jalan yang ada disekitarnya. Hardiansyah, dkk (2020) menyatakan bahwa pemindahan rute adalah sebagai alternatif yang dapat ditempuh melalui penggunaan jaringan jalan disekitar area terdampak. Identifikasi mengenai jaringan jalan yang memiliki risiko terjadi kerentanan akibat pemindahan rute tersebut perlu dilakukan. Identifikasi kerentanan ini akan merepresentasikan kesiapan kapasitas jalan dalam melayani lalu lintas.

Simulasi pemodelan lalu lintas menggunakan bantuan aplikasi perlu dilakukan untuk mendukung analisis. Simulasi pemodelan dilakukan dengan dua kondisi, yaitu ketika jalan utuh dan ketika jalan dianggap mengalami kerusakan karena bencana likuifaksi. Output dari model selanjutnya akan digunakan untuk menganalisis kerentanan jaringan jalan yang terdampak dengan pendekatan indeks kerentanan.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Kerentanan Jaringan Jalan

Kerentanan jaringan jalan dalam sistem transportasi merupakan kerentanan terhadap

insiden yang berisiko menyebabkan penurunan cukup besar pada kemampuan pelayanan jaringan jalan (Berdica, 2002). Istilah risiko mengandung dua aspek, yaitu kemungkinan terjadinya suatu peristiwa dan konsekuensi yang terjadi karena peristiwa tersebut. Peristiwa tersebut disebabkan oleh alam seperti banjir, tanah longsor, gempa bumi, dan lainnya. Balijepali dkk, (2014) menyatakan kerentanan tersebut mampu membuat jaringan terputus dengan tautan yang lain dan tidak bisa digunakan sampai jaringan tersebut dihidupkan kembali. Jenellius dan Mattson (2015) menyatakan analisis kerentanan jaringan jalan dapat didefinisikan sebagai studi tentang potensi degradasi sistem transportasi jalan dan dampaknya terhadap masyarakat, memodelkan infrastruktur jalan sebagai jaringan jalan dan persimpangan. Menurut Husdal (2004) kerentanan jaringan mengarah pada kemampuan non-operasi jaringan dan keandalan operasi dalam beberapa situasi tertentu. Hardiansyah dkk, (2020) mengembangkan sebuah indeks kerentanan jaringan jalan melalui perubahan peningkatan arus lalu lintas dan biaya perjalanan akibat penggunaan ruas jalan secara masif karena suatu peristiwa seperti bencana.

Metode Analisis Kerentanan Jaringan Transportasi

Analisis kerentanan jaringan jalan didefinisikan sebagai metode yang menggunakan aspek yang berbeda dari studi keandalan. Menurut Demirel dkk., (2015) kerentanan merupakan fungsi reaksi dari sistem transportasi dan kemampuan untuk menyesuaikan kapasitas jaringan jalan terhadap paparan suatu peristiwa. Dalam memperoleh gagasan struktur kerentanan yang lebih koheren, gagasan tersebut dibuat dengan cara mendiskusikan berbagai definisi dari beberapa konsep terkait, dan meninjau beberapa konsep yang bisa digunakan sebagai suatu pendekatan teoritis yang *feasible* (Hardiansyah dkk.,2016). Lu dan Peng (2011) menyatakan analisis kerentanan jaringan transportasi dilakukan dengan mengukur dampak bencana pada sistem

jaringan transportasi dan mengidentifikasi daerah yang paling rentan dan ruas jalan penting. Kemudian, perencanaan transportasi dan tindakan teknis dapat dilakukan untuk mengatasi masalah pada daerah paling rentan dan segmen jalan sebagai tindakan pencegahan. Metode analisis kerentanan dibagi kedalam empat kategori, yaitu metode analisis berbasis skenario, metode analisis berbasis strategi, metode analisis berbasis simulasi, dan metode analisis berbasis model matematis.

Pada penelitian ini, analisis kerentanan jalan dilakukan pada ruas jalan Mayjen Sutoyo, Tanah Patah, Kota Bengkulu yang mengalami likuifaksi. Analisis dilakukan dengan memodelkan jaringan jalan dengan kondisi harian normal dan kondisi ruas jalan putus karena bencana likuifaksi pada ruas jalan Mayjen Sutoyo. Penelitian ini mengadopsi hasil dari penelitian Hardiansyah dkk., (2020) yang mengembangkan indeks kerentanan yang disebut *Index of Road Network Vulnerability Due to Traffic Flow (INVE_F)* membandingkan kinerja jaringan berdasarkan perbedaan arus lalu lintas (waktu tempuh) di setiap jalan antara operasi hari normal dan operasi evakuasi.

$$INVE_F = \left[\frac{\left(\sum_{a=1}^{|A|} X_a^E \right) - \left(\sum_{a=1}^{|A|} X_a^D \right)}{\left(\sum_{a=1}^{|A|} X_a^D \right)} \right]$$

Keterangan:

INVE_F = Indeks kerentanan jaringan jalan akibat arus lalu lintas *x_D*

x_a^D = Arus lalu lintas (skr/jam) pada link *a* pada hari biasa

x_a^D = Arus lalu lintas (skr/jam) pada link *a* pada hari evakuasi

Tabel 1. Klasifikasi Jalan berdasarkan Kerentanan

Nilai VCR	Indeks Kerentanan	Warna	Keterangan
0-0,85	Negatif	Hijau	Lancar
0-0,85	Positif	Kuning	Sibuk tapi lancar
> 0,85	Positif	Merah	Padat

Sumber: Hardiansyah dkk., (2020)

Validasi Model

Validasi model pada penelitian ini menggunakan regresi linier sederhana untuk mencari nilai *R square (R²)*. Validasi dilakukan dengan membandingkan volume lalu lintas hasil pemodelan dengan volume lalu lintas dilapangan. Nilai *R²* dapat ditentukan menggunakan Persamaan berikut:

$$r = \frac{(n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i))}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

r = Nilai regresi

n = Jumlah data

X_i = Variabel bebas

Y_i = Variabel terikat

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini berada di wilayah Kecamatan Ratu Agung dan Kecamatan Singaran Pati, Kota Bengkulu. Ruas jalan yang akan diteliti yaitu pada ruas jalan Adam Malik, ruas jalan Mayjen Sutoyo, ruas jalan S. Parman, ruas jalan Jati, ruas jalan Cendana, ruas jalan Merapi Raya, ruas jalan Semangka, ruas jalan Danau, ruas jalan Pembangunan, ruas jalan Asahan, ruas jalan Indragiri, ruas jalan Seruni, ruas jalan Batang Hari, ruas jalan Raflesia, dan ruas jalan Flamboyan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

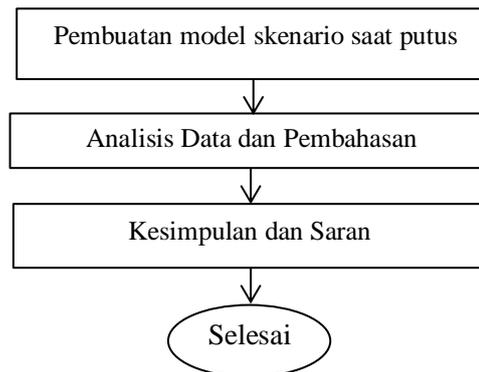
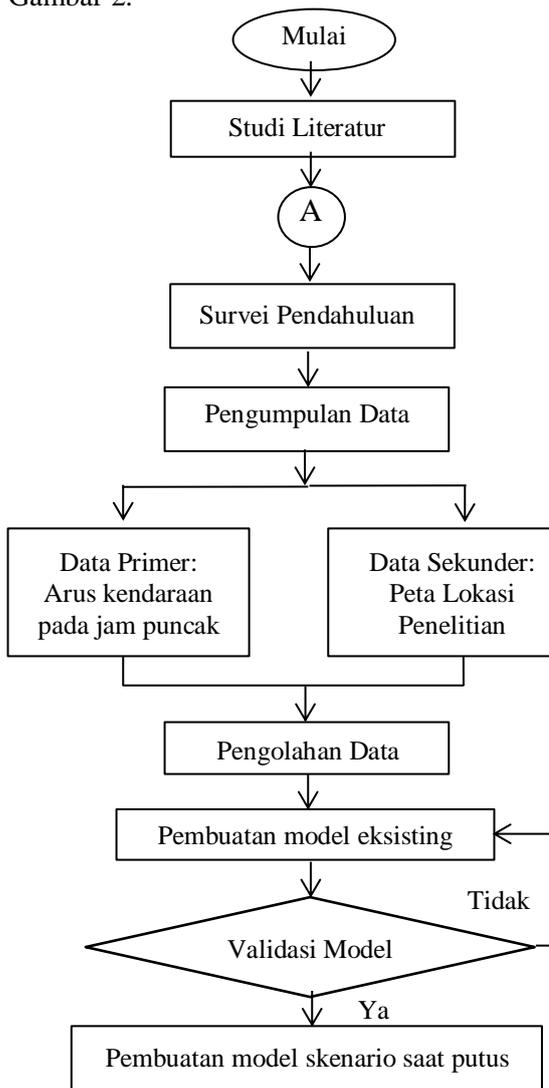
Data Penelitian

Metode pengumpulan data pada penelitian ini ialah metode analisis data kualitatif dan analisis data kuantitatif dengan menggunakan data primer dan data

sekunder. Data primer ialah data yang diperoleh dari hasil survei di lapangan. Adapun data primer yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah arus kendaraan pada jam puncak pada ruas jalan yang diteliti. Survei arus lalu lintas dilakukan selama 6 jam yang mewakili jam puncak harian, yaitu pagi hari pada pukul 06.30-08.30, siang hari pada pukul 12.00-14.00, dan sore hari pada pukul 16.00-18.00. Data sekunder ialah data yang diperoleh dari buku, jurnal serta literatur lainnya yang digunakan sebagai referensi untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah peta jaringan jalan yang diteliti.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Survei Arus Puncak

Survei arus lalu lintas dilakukan pada 15 ruas jalan yang terdampak dari pengalihan rute perjalanan. Arus lalu lintas tertinggi di dapatkan pada hari Senin, adapun data survei pada jam puncak untuk setiap ruas jalan yang wilayah studi seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Arus Jam Puncak

Nama Jalan	Waktu	Arus Lalu Lintas (skr/jam)
Pangeran Natadirja	06.45-07.00	886,8
Semangka	07.00-07.15	385,8
Cendana	07.00-07.15	653,8
S Parman	07.00-07.15	803,5
Rafflesia	16.15-16.30	378,5
Batang Hari	07.15-07.30	229
Asahan	07.00-07.15	426
Danau	07.00-07.15	396,5
Merapi Raya	07.00-07.15	453,5
Jati	07.00-07.15	363
Flamboyan	07.00-07.15	376
Seruni	06.45-07.00	303
Indragiri	07.00-07.15	328
Pembangunan	07.00-07.15	509,8
Mayjen Sutoyo	06.45-07.00	922,8

Pemodelan Kondisi Harian

Pemodelan kondisi harian ialah tahapan memodelkan arus lalu lintas jam puncak untuk melakukan tahapan validasi model apakah sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Validasi dilakukan dengan membandingkan volume lalu lintas hasil model dan volume lalu lintas lapangan. Hasil pemodelan arus lalu lintas harian dapat dilihat pada Tabel 3 dengan distribusi arus lalu lintas harian pada Gambar 2.

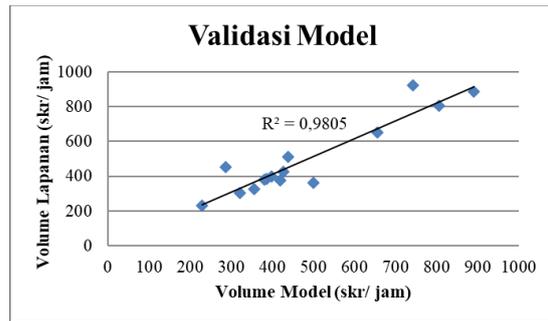
Tabel 3. Hasil pemodelan lalu lintas harian

No	Nama Jalan	Arus Lalu Lintas (skr/ jam)
1	Pangeran Natadirja	886,75
2	Semangka	385,75
3	Cendana	653,75
4	S Parman	803,45
5	Rafflesia	378,50
6	Batang Hari	229,00
7	Asahan	426,00
8	Danau	396,50
9	Merapi Raya	453,50
10	Jati	363,00
11	Flamboyan	376,00
12	Seruni	302,95
13	Indragiri	328,00
14	Pembangunan	509,80
15	Mayjen Sutoyo	922,75



Gambar 2. Distribusi Arus pada Model

Nilai validasi model didapatkan sebesar 0,87 atau 87% model telah memiliki kesamaan dengan kondisi aslinya di lapangan. Grafik regresi linear dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Validasi Pemodelan

Pemodelan saat Bencana

Pemodelan saat bencana merupakan tahapan pemodelan saat kondisi ruas jalan Mayjend Sutoyo putus dikarenakan bencana likuifaksi. Akibat putusnya ruas jalan Mayjend Sutoyo ini berdampak pada beberapa ruas jalan disekitar jalan tersebut. Hasil pemodelan lalu lintas saat bencana dapat dilihat pada Tabel 4 dan distribusi arus lalu lintas saat bencana pada Gambar 4.

Tabel 4. Hasil Pemodelan saat Bencana

No	Nama Jalan	Arus Lalu Lintas (skr/ jam)
1	Pangeran Natadirja	890,06
2	Semangka	387,14
3	Cendana	655,90
4	S Parman	806,40
5	Rafflesia	380,01
6	Batang Hari	229,76
7	Asahan	427,73
8	Danau	512,11
9	Merapi Raya	401,32
10	Jati	384,56
11	Flamboyan	738,72
12	Seruni	749,16
13	Indragiri	782,91
14	Pembangunan	763,39

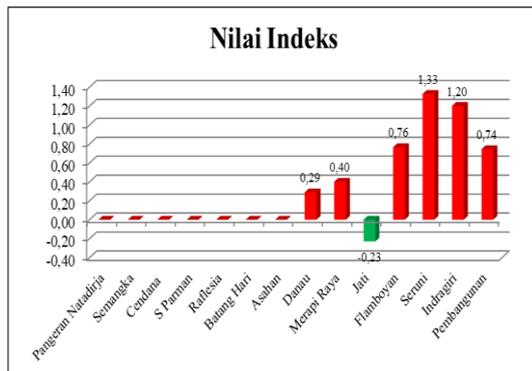


Gambar 4. Distribusi Arus saat Bencana

Hasil pemodelan arus lalu lintas saat bencana dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan arus lalu lintas pada beberapa ruas jalan. Peningkatan arus lalu lintas yang cukup signifikan terjadi pada ruas jalan Pembangunan, jalan Indragiri, jalan Seruni, dan jalan Flamboyan. Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat peluang terjadinya kemacetan akibat pengalihan rute lalu lintas dari jalan Mayjen Sutoyo.

Nilai Indeks Kerentanan

Nilai indeks kerentanan dihitung menggunakan rumus $INVE_F$, yaitu dengan membandingkan kinerja jaringan berdasarkan arus lalu lintas di setiap jalan terdampak pada kondisi normal dan putusnya ruas jalan. Hasil perhitungan indeks kerentanan setiap ruas jalan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Indeks Kerentanan

Hasil analisis kerentanan jaringan jalan menunjukkan bahwa, apabila nilai indeks lebih dari nol atau bernilai positif maka ruas jalan dinyatakan rentan dan apabila nilai indeks bernilai negatif atau kurang dari nol maka jalan tersebut dinyatakan tidak rentan. Adapun nilai indeks kerentanan dari hasil analisis ruas jalan pada penelitian ini, memperlihatkan bahwa ruas jalan yang memiliki nilai indeks kerentanan lebih dari nol atau bernilai positif adalah ruas Jalan Danau, Jalan Merapi Raya, Jalan Flamboyan, Jalan Seruni, Jalan Indragiri,

dan Jalan Pembangunan, sedangkan nilai indeks kerentanan negatif hanya pada ruas jalan Jati yang berarti bahwa ruas jalan tersebut tidak rentan atau tidak dipilih oleh pengguna jalan sebagai rute alternatif.

Kesimpulan

Hasil pemodelan dengan menggunakan bantuan *software* dapat disimpulkan bahwa:

1. Model pergerakan lalu lintas harian memiliki nilai $R\ Square$ 0,8728 sehingga model pergerakan harian dianggap relevan dengan kondisi asli di lapangan.
2. Ruas jalan yang mengalami kerentanan ialah ruas Jalan Danau, Jalan Merapi Raya, Jalan Flamboyan, Jalan Seruni, Jalan Indragiri, dan Jalan Pembangunan. Ruas jalan yang tidak mengalami kerentanan adalah Jalan Jati.

Saran

Berdasarkan hasil pemodelan, disarankan untuk melakukan pelebaran jalan pada ruas jalan yang memiliki nilai indeks kerentanan tinggi, untuk memberikan pelayanan maksimum kepada pengguna jalan sebagai rute alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Balijepalli, C., Oppong, O., 2014. *Measuring vulnerability of road network considering the extent of serviceability of critical road links in urban areas*. J. Transp. Geogr. 39, 145–155.
- Berdica, K., 2002. *An Introduction To Road Vulnerability: What Has Been Done, Is Done And Should Be Done*. Transp. Policy 9 (2), 117–127.
- Demirel, H., Kompil, M., & Nemry, F. (2015). Kerangka kerja untuk menganalisis kerentanan jaringan jalan Eropa akibat Kenaikan Permukaan Laut (SLR) dan gelombang badai laut. Penelitian Transportasi Bagian A, 81, 62–76. Doi :10.1016/j.tra.2015.05.002

Hardiansyah, M. I., Priyanto, S., dan Suprama, LB (2016). Konsep Pemodelan Transportasi untuk Evakuasi Bencana. In *Jurnal Transportasi, Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi* (Vol. 16).

Hardiansyah, Muthohar, I., Balijepalli, C., & Priyanto, S. (2020). *Analysing vulnerability of road network and guiding evacuees to sheltered areas: Case study of Mt Merapi, Central Java, Indonesia. Case studies on transport policy*, 8(4), 1329-1340.

Husdal J. (2004). *Reliability and vulnerability versus cost and benefits. The 2nd International Symposium on Transportation Network Reliability, Queenstown and Christchurch, New Zealand*, 180- 186.

Jenelius, E., & Mattsson, L. G. (2015). *Road network vulnerability analysis: Conceptualization, implementation and application. Computers, environment and urban systems*, 49, 136-147.

Lu, Q. C., & Peng, Z. R. (2011). *Vulnerability analysis of transportation network under scenarios of sea level rise. Transportation research record*, 2263(1), 174-181.

Suhartini, C.E., Farid, M., dan Mase, L.Z. (2019). Mikrozonasi Percepatan Tanah Maksimum Akibat Gempabumi 12 September 2007 di Kecamatan Ratu Agung Kota Bengkulu. *Civil Engineering and Built Environment Conference*, 90-99.