

Analisis Pemilihan Rute Evakuasi Menggunakan Metode AHP Di Kawasan Rawan Bencana Merapi

Abul Fida Ismaili¹, Ayudyah Eka Apsari^{2*}, Bagas Wahyu Adhi³,
Dwi Wahyu Hidayat⁴

¹Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116

²Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jl Siliwangi, Ringroad, Jombor, Sendangadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, DIY 55285

³Fakultas Teknik, Universitas Islam Batik Surakarta, Jl. Agus Salim No.10, Sondakan, Kec. Laweyan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57147

⁴Prodi D III Manajemen Transportasi Jalan, Politeknik Transportasi Darat Bali
E-mail: *ayudyah.eka.apsari@uty.ac.id

Received 28-11-2024; Reviewed 04-12-2024; Accepted 10-12-2024

Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj>

DOI: 10.46447/ktj.v11i2.638

Abstract

Evacuation routes are important component during evacuation process, but sometimes the evacuation route conditions are not ready to use for evacuation. The good evacuation route can be seen from various aspects including width, pavement conditions and associated with the load or density during the evacuation process. An evacuation route need to optimize, but it is very difficult, due to time and cost constraints that cause not all available routes become good choices during evacuation. So it is necessary to select a good route for evacuation. In this study, the best evacuation routes are select using AHP method to analyze the priority of evacuation route. The criteria including the shortest distance and pavement conditions. Of the 20 available routes, seven routes are becomes recommended evacuation route. This research provides practical recommendations for improving road conditions and increasing capacity on specific routes to enhance evacuation efficiency in the disaster-prone areas of Merapi.

Keywords: Route, Evacuation, AHP, weighting, Merapi.

Abstrak

Rute Evakuasi menjadi komponen penting dalam proses evakuasi, tapi terkadang kondisi rute evakuasi tidak siap saat digunakan untuk evakuasi. Kesiapan rute evakuasi dapat dilihat dari berbagai aspek mulai dari lebar, kondisi perkerasan dan dikaitkan dengan beban yang akan diterima saat proses evakuasi. Menyediakan rute evakuasi yang mampu memenuhi kebutuhan secara maksimal sangatlah sulit, karena keterbatasan waktu dan biaya yang menyebabkan tidak semua jalur yang tersedia jadi pilihan yang baik saat evakuasi. Maka perlu dilakukan pemilihan rute yang baik untuk evakuasi. Dalam penelitian ini pemilihan rute evakuasi menggunakan AHP, sehingga dapat ditentukan rute evakuasi yang paling optimal. Kriteria yang digunakan adalah jarak terpendek dan kondisi perkerasan. Dari 20 jalur yang tersedia terpilih tujuh jalur yang direkomendasikan untuk bisa digunakan dalam proses evakuasi. Tujuh jalur tersebut nantinya diurutkan prioritasnya mana yang seharusnya diutamakan saat proses evakuasi. Penelitian ini memberikan rekomendasi praktis untuk perbaikan kondisi jalan dan peningkatan kapasitas pada jalur-jalur tertentu untuk meningkatkan efisiensi evakuasi di kawasan rawan bencana Merapi.

Kata kunci: Rute, Evakuasi, AHP, Pembobotan, Merapi

PENDAHULUAN

Bencana alam sebagai fenomena alam yang tidak dapat direncanakan ataupun dihindari. Kebakaran, gempa bumi, tsunami sebagai contoh bencana alam yang tidak dapat dihindari oleh seluruh elemen masyarakat. Kesigapan masyarakat dalam menangani bencana alam menjadi suatu kegiatan insidental yang harus dilakukan untuk dapat menyelamatkan diri dari berbagai resiko yang mungkin terjadi. Resiko yang mungkin terjadi dapat juga dipengaruhi oleh kualitas fisik dan mental dari masyarakat itu sendiri, yang akan berdampak besar terhadap korban jiwa. Bekal pengetahuan akan kegiatan darurat perlu diberikan oleh seluruh elemen masyarakat untuk dapat melindungi kehidupan masyarakat dari bencana alam yang mungkin terjadi. Terutama di wilayah Indonesia dengan kontur geografis dengan peluang tinggi terjadinya bencana alam. Oleh karena itu, diperlukan adanya rute evakuasi khusus untuk dapat menghindarkan masyarakat dari dampak bencana alam, serta meminimalisir adanya resiko lain akibat dari kegiatan evakuasi yang tidak terencana dengan baik.

Bencana alam seperti erupsi gunung berapi memerlukan rute evakuasi yang efektif untuk menyelamatkan nyawa dan mengurangi kerugian. Dalam proses mitigasi, rute berfungsi memindahkan orang dari tempat berbahaya menuju tempat aman (Cova & Johnson, 2003). Rute evakuasi juga harus dapat menjauhkan masyarakat dari hal-hal yang membahayakan. Selain itu rute evakuasi juga harus dapat menjadi prasarana dalam mempercepat proses evakuasi. Seringkali, rute evakuasi tidak siap digunakan saat bencana terjadi, yang dapat menghambat proses evakuasi dan meningkatkan risiko bagi masyarakat. Respon cepat dari masyarakat, pemahaman masyarakat terhadap rute evakuasi, serta profesionalisme masyarakat dalam mengambil keputusan menjadi faktor penunjang pada saat proses evakuasi (Chen, Liu, Meng, & Zhong, 2021). Saat terjadi bencana masyarakat akan mengalami kebingungan dalam mencari tempat aman, sehingga kecenderungannya mereka akan mencari rute berdasarkan waktu tempuh yang paling cepat. Waktu yang dibutuhkan untuk proses evakuasi dipengaruhi oleh beberapa faktor tidak hanya jarak tetapi juga kerusakan jalan (Saaty, 1995).

Kondisi jalan yang buruk dapat memperlambat waktu tempuh evakuasi. Fenomena ini pernah terjadi pada masa terjadinya Badai Irma dimana 6,5 juta penduduk diperintahkan untuk mengungsi hingga menyebabkan adanya kemacetan lalu lintas (Feng & Lin, 2021). Perbaikan kondisi jalan membutuhkan waktu dan biaya, sehingga prosesnya akan dilakukan secara bertahap. Pemilihan rute evakuasi dapat dipengaruhi oleh beberapa kriteria, tidak hanya berdasarkan ketersediaan jalur, tetapi juga kondisi jalur evakuasinya. Prosedur evakuasi perlu mempertimbangkan tujuan berdasarkan jangkauan dan tingkat keamanan. Ketetapan jalur evakuasi merupakan hal penting dalam penyusunan strategi lalu lintas evakuasi (Aziz & Taixia, 2023). Konsep evakuasi dan pemodelan evakuasi dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti perilaku masyarakat yang mengungsi, lokasi tempat aman, moda yang digunakan dan pemilihan rute. Hubungan kriteria dalam pemilihan rute umumnya menggunakan pendekatan matematis yang rumit seperti algoritma, model logika, discrete choice, artificial neural network sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk melakukan analisis (Prato, 2009).

Dalam proses evakuasi penelitian terdahulu berfokus pada bagaimana rencana evakuasi dengan melihat aspek psikologis dan spasial (Adhi et al., 2022). Namun penelitian yang menggunakan metode AHP untuk pemilihan rute evakuasi di Kawasan Merapi masih terbatas. Cara paling mudah dalam Pemilihan alternatif rute atau jalur yang memiliki beberapa variabel yaitu menggunakan perspektif dari pemangku

kepentingan (Dushenko et al., 2019). Angka penilaian optimal dari pemangku kepentingan ditentukan oleh kompetensi atau pengalaman dalam bidang tersebut dalam menilai kriteria yang ada. Metode AHP bisa digunakan untuk proses perangkaan pemilihan rute (Saaty, 1995). Oleh karena itu, penelitian ini berusaha untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menganalisis dan menentukan prioritas rute evakuasi berdasarkan kondisi jalan dan jarak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Kawasan Rawan Bencana (KRB) Erupsi Merapi. Data yang digunakan berdasarkan karakteristik rute evakuasi yaitu kondisi jalan dan panjang rute evakuasi.

Penentuan Panjang Jalan dan Rute Evakuasi

Rute evakuasi yang dianalisis adalah ruas jalan yang tersedia di KRB, terdapat 20 jalan yang dapat digunakan untuk proses evakuasi. Rute tersebut akan diseleksi berdasarkan lebar rute dan jenis lapis perkerasan rute tersebut. Jalan yang akan diikutkan analisis harus memiliki lebar >3 dan memiliki lapis perkerasan baik aspal maupun beton. Pengukuran panjang dan lebar jalan dilakukan secara langsung pada masing-masing ruas jalan yang ada di KRB Merapi. Panjang jalan dibagi menjadi 3 kelompok seperti pada tabel 1. Setiap jalur di kategorikan berdasarkan panjangnya yang dikur dari shleter di Girikerto menuju area aman yang terdapat pada KRB I seperti Desa Trimulyo, Desa Caturharjo dan Desa Pandowoharjo. Jarak tersebut kemudian dibagi menjadi 3 kategori yaitu dekat, sedang dan jauh. Jarak dekat memiliki rentang antara 1-5 km, sedang 5-10 km dan jauh jika > 10 km.

Tabel 1. Kategori panjang jalan pada rute evakuasi

No	Kategori	Rentang panjang (km)
1	Jauh	1-5
2	Sedang	5-10
3	Dekat	>10

Metode Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan

Sedangkan untuk kondisi perkerasan jalan diidentifikasi menggunakan Metode Pavement Condition Index (PCI). Metode PCI menganalisis kondisi jalan menggunakan kategori numeris dengan skala 0-100. Kriteria Sempurna (*Excellent*) 85-100, sangat baik (*Very good*) 70-85, baik (*good*) 55-70, sedang (*fair*) 40-55, Jelek (*poor*) 25-40, sangat jelek (*very poor*) 10-25, gagal (*failed*) 0-10. Penilaian kondisi jalan diukur dengan menentukan kepadatan kerusakan (*density*), menentukan jenis kerusakan, menentukan nilai kerusakan kemudian mengakumulasikan semua jenis kerusakan pada jalur atau ruas yang menjadi lokasi studi.

Tabel 2. Nilai dan Kategorisasi PCI

Nilai PCI	Kategori	Warna
85-100	Excellent	Dark Green
70-85	Very good	Light Green
55-70	Good	Yellow
40-55	Fair	Light Red
25-40	Poor	Medium Red
10-25	Very Poor	Dark red
0-10	Failed	Dark grey

Penentuan Bobot Prioritas

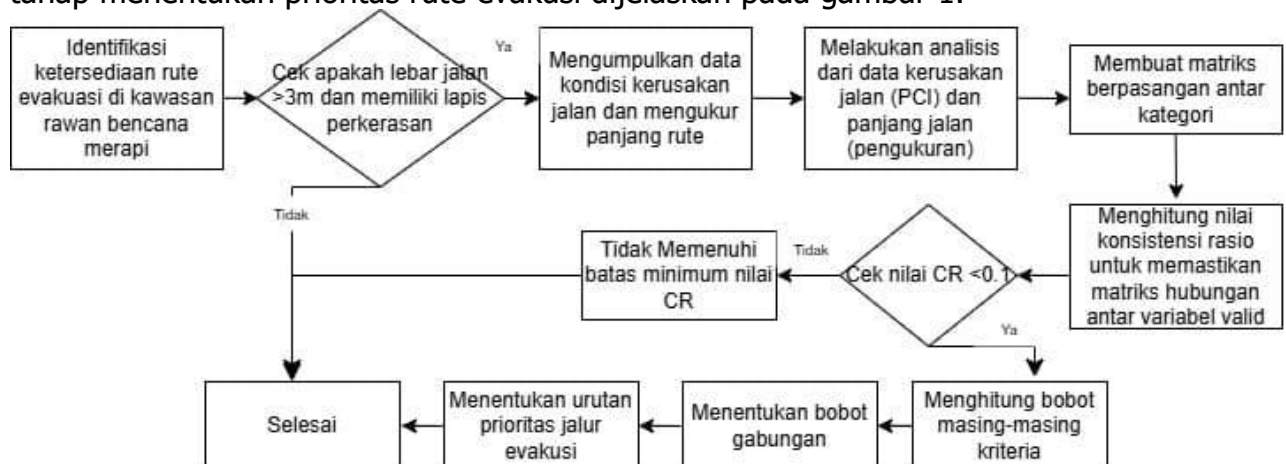
Identifikasi karakteristik dan kondisi jalur evakuasi digunakan untuk kriteria dalam pembobotan menggunakan AHP. Metode AHP membuat penentuan keputusan prioritas menjadi lebih mudah (Agustina et al., 2023). Keputusan yang dilakukan bisa menunjukkan subyektifitas yang cukup tinggi, maka perlu di ukur tingkat konsistensi dari persepsi yang melakukan penilaian. Pengukuran konsistensi ini menggunakan rumus sebagai berikut (Saaty, 1980):

$$CI = \frac{t-n}{n-1} \tag{1}$$

t merupakan nilai tertinggi dari matrix dengan jumlah variabel n. nilai t didapatkan dari matriks berpasangan yang pernah dikemukakan oleh Saaty. Kriteria tersebut dikatakan konsisten jika nilainya mendekati nol (0). Selain itu juga perlu dihitung batas konsistennya menggunakan rasio konsistensi (CR) dengan membandingkan Nilai CI dengan nilai random index (IR).

$$CR = \frac{CI}{IR} \tag{2}$$

Nilai CR memiliki batas maksimum 0.1 (CR<0.1). jika nilainya memenuhi batas maka analisis dapat dilanjutkan untuk menghitung bobot masing-masing kategori. Detail tahap menentukan prioritas rute evakuasi dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Dalam Menentukan Prioritas Rute Evakuasi Bencana Erupsi

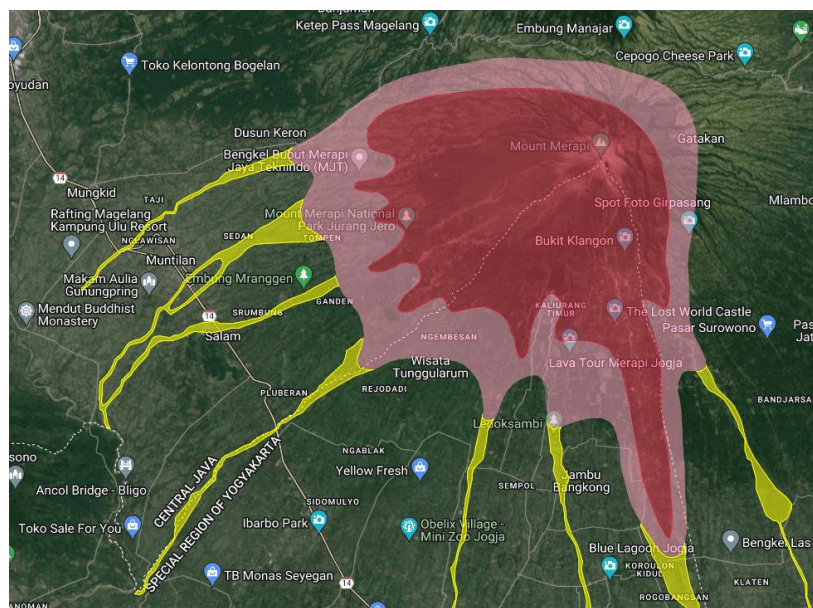
HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah kawasan Rawan Bencana

Daerah kawasan rawan bencana (KRB) yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada wilayah Kabupaten Sleman dengan radius 20 km dari pusat erupsi Merapi. Batas radius ini ditentukan dari dampak erupsi Merapi tahun 2010 sejauh 17 km (Mei et al., 2013). Sehingga kawasan terdampak atau kawasan rawan bencana dibagi menjadi tiga bagian yaitu, KRB I, KRB II dan KRB III. Zona yang paling dekat dengan sumber lahar yaitu KRB III, berwarna merah pada gambar 1 memiliki radius 0 hingga 10 km dengan risiko terdampak paling besar dari erupsi Merapi yang dapat menimbulkan banjir lahar dingin, longsor, awan panas, hujan abu dan hujan batu. KRB II adalah area terdampak dari pergerakan material erupsi, baik berupa hujan batuan maupun banjir lahar. KRB I adalah area yang masih terdampak dari hujan abu dan hujan batu saat terjadinya erupsi. (Wigati et al., 2023). Masing-masing KRB mencakup beberapa kecamatan, desa dan dusun (tabel 2). Masing-masing KRB memiliki karakteristik panjang jalan dan kepadatan penduduk. KRB III memiliki panjang jalan 81 km dan jumlah penduduk 51.831 jiwa, yang paling rendah diantara dua KRB lainnya.

Tabel 3. Karakteristik Kawasan Rawan Bencana

No	Zona KRB	Wilayah Adminstratif	Panjang jalan (Km)	Kepadatan Penduduk (jiwa)
1	KRB III	4 Kecamatan (Cangkringan, pakem, turi dan ngemplak), 9 Desa dan 22 Dusun	81.11	51.831
2	KRB II	4 Kecamatan, 10 Desa dan 49 Dusun	117.16	12.0941
3	KRB I	4 Kecamatan, 18 Desa dan >50 Dusun	157.71	227.705



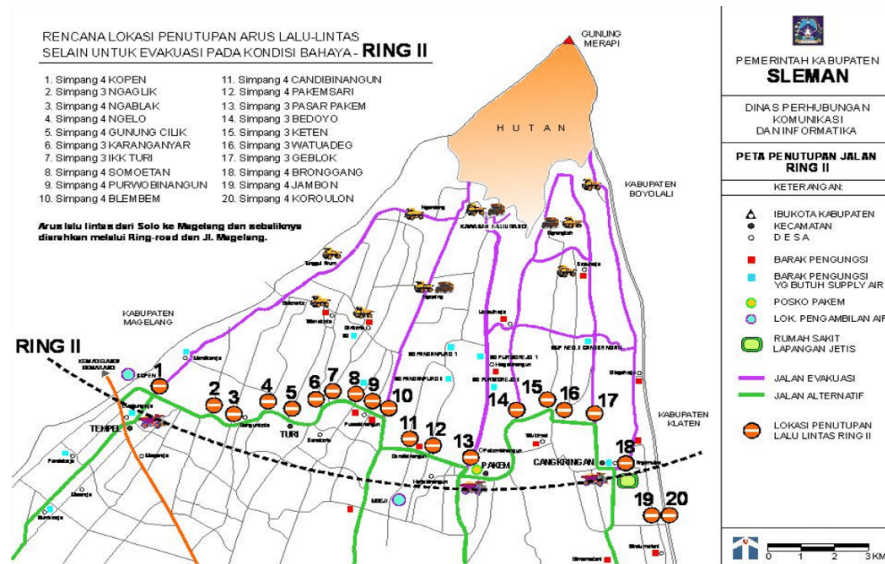
Gambar 2. Peta Kawasan Rawan Bencana

Karakteristik Jalur Evakuasi

Terdapat 20 jalur yang tersedia di kawasan rawan bencana erupsi merapi (Gambar 2). Dari 20 jalur yang tersedia, tidak semua jalur bisa digunakan untuk evakuasi karena kondisi yang kurang memadai, maka dalam penelitian ini dipilih jalur yang memiliki lebar jalan minimum >3m, dengan asumsi bisa dilalui Mobil maupun motor secara bersamaan saat proses evakuasi. Selain itu jalan yang dipilih harus memiliki lapis perkerasan baik aspal, beton maupun paving block. Jalan yang tidak memiliki perkerasan bisa menjadi kendala saat proses evakuasi karena akan sulit untuk dilalui oleh kendaraan dan bisa menghambat proses evakuasi. Berdasarkan kriteria tersebut maka didapatkan hanya 7 ruas yang bisa digunakan untuk jalur evakuasi. Tujuh jalur yang dipilih menghubungkan KRB III menuju KRB I atau dari kawasan paling berbahaya menuju kawasan yang aman, jarak terjauh jalur evakuasi sepanjang 20 km pada jalur 13 dan 14. Ketujuh jalur tersebut memiliki tipe yang sama 2/2 UD, sehingga kapasitas dasar yang dimiliki juga relatif sama sebesar 3.700 smp/jam. Kapasitas tersebut sangat bermanfaat memindahkan pengungsi saat terjadi erupsi.

Tabel 4. Karakteristik rute evakuasi kawasan rawan bencana merapi

No	Nama Jalan	Tipe Jalan	Koordinat		Jarak (km)	Area Cakupan	Keterangan
			Latitude	Longitude			
1	Jl. Sedogan – Jl. Tempel (jalur 1)	2/2 UD	(7°35'27.6 "S) (7°39'13.5 "S)	(110°24'28.3 "E) (110°19'33.0 "E)	12.5	KRB III - KRB I	Didominasi oleh pemukiman
2	Jl. Argowisata – Jl. Temulawak (Jalur 10)	2/2 UD	(7°36'57.0 "S) (7°41'09.3 "S)	(110°22'31.3 "E) (110°20'27.9 "E)	9.1	KRB III - KRB I	Didominasi oleh pemukiman
3	Jl. Turi – Jl. Tempel (Jalur 12)	2/2 UD	(7°36'34.1 "S) (7°42'14.7 "S)	(110°23'24.5 "E) (110°21'01.8 "E)	12.5	KRB III - KRB I	Didominasi oleh pemukiman
4	Jl. Kaliurang – Jl. Ringroad Utara (Jalur 13)	2/2 UD	(7°35'30.4 "S) (7°45'17.3 "S)	(110°25'40.1 "E) (110°23'00.0 "E)	20	KRB III - KRB I	Didominasi oleh pemukiman
5	Jl. Gondang – Jl. Ringroad Utara (Jalur 14)	2/2 UD	(7°36'09.7 "S) (7°45'17.3 "S)	(110°26'44.5 "E) (110°23'00.0 "E)	20	KRB III - KRB I	Didominasi oleh pemukiman
6	Jl. Kalidalem – Jl. Raya Kepuharjo (Jalur 17)	2/2 UD	(7°36'05.8 "S) (7°46'04.1 "S)	(110°27'14.5 "E) (110°28'14.7 "E)	19.8	KRB III - KRB I	Didominasi oleh pemukiman
7	Jl. Srunen – Jl. Candi Sewu (Jalur 18)	2/2 UD	(7°34'58.4 "S) (7°45'18.4 "S)	(110°27'27.9 "E) (110°29'45.5 "E)	19	KRB III - KRB I	Didominasi oleh pemukiman



Gambar 3. Jalur Evakuasi pada KRB I dan KRB II (BPBD, 2020)

Analisis Kondisi Perkerasan Jalan

Salah satu hal yang perlu dipersiapkan saat proses evakuasi adalah kondisi kinerja jalan yang baik (Mei et al., 2013). Analisis kondisi jalan dilakukan pada 7 ruas jalan yang dijadikan jalur evakuasi menggunakan metode PCI. Survei kondisi jalan dilakukan dengan cara menentukan jumlah sampel unit pada masing-masing ruas. Dari masing-masing sampel unit kemudian diidentifikasi jenis kerusakannya, tingkat keparahan dan kerapatan kerusakannya yang digunakan untuk menentukan nilai kerusakan total terkoreksi. Dari nilai kerusakan total terkoreksi tersebut bisa didapatkan nilai PCI. Nilai PCI yang didapatkan merupakan nilai rata-rata kerusakan unit sampel dalam satu ruas jalan (Shahin, 2005). Secara keseluruhan hasil analisis kondisi ruas jalan menggunakan PCI menunjukkan bahwa kondisi jalan di kawasan Merapi 54,38% buruk, 11,07% kondisi sangat buruk dan 34,54% kondisi baik. Kondisi jalan di daerah kawasan rawan bencana lebih buruk, terutama jika dibandingkan dengan rata-rata kondisi jalan di kabupaten Sleman yang memiliki kategori baik 39,17% (BPS, 2024). Buruknya kondisi jalan di KRB tentu akan mempengaruhi proses evakuasi, karena terhambatnya mobilitas dan penurunan kecepatan (Mei et al., 2013). Jenis kerusakan jalan yang paling dominan adalah retak buaya (*alligator cracking*).

Kerusakan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, seperti buruknya kondisi tanah dasar, beban berlebih kendaraan (Lavin, 2003), kondisi drainase jalan yang kurang baik, pemeliharaan yang tidak rutin (Chasanah & Alfi Wijaya, 2016). Beberapa ruas jalan di KRB Merapi dilewati oleh kendaraan berat untuk tambang batu dan pasir. Lahan di area Merapi memang sangat baik digunakan untuk area tambang berupa mineral vulkanik (Hardiansyah et al., 2020). Selain merusak jalan, kendaraan tambang juga menyebabkan kepadatan lalu lintas pada jalur evakuasi (Hardiansyah et al., 2020). Saat terjadi erupsi, masyarakat akan melakukan perpindahan dari KRB ke titik aman, sehingga 15% jalan akan mengalami kemacetan dan 51% tersendat, dan 32% lancar. Kemacetan akan terjadi di jalur 1, 10 dan 11, dengan rasio kemacetan 23% (Hardiansyah et al., 2020). Kondisi perkerasan di jalur 1, 10 dan 11 juga dalam kondisi buruk hal ini dapat memperparah proses evakuasi, sehingga pemerintah perlu

melakukan peningkatan kapasitas dan perbaikan kondisi perkerasan pada jalur tersebut (Hardiansyah et al., 2020; Mei et al., 2013).

Tabel 5. Kondisi Jalan pada Rute Evakuasi

No	Nama Jalan	Panjang (km)	Nilai PCI	Kondisi Perkerasan
1	Jl. Sedogan – Balerante (jalur 1)	12.5	48,67	Fair
2	Jl. Babadan – Jl. Turi(Jalur 10)	9.1	52,32	Fair
3	Jl. Surodadi- Jl. Turi (Jalur 11)	12.5	34,75	Poor
4	Jl. Kaliurang- Jl Pakem-Prambanan (Jalur 13)	20	68,24	Good
5	Jl. Raya Merapi Golf- Jl. Pakem Prambanan (Jalur 14)	20	53,16	Fair
6	Jl. Raya Kepuharjo- Jl. Pakem-Prambanan (Jalur 17)	19.8	44,22	Fair
7	Jl. Gadingan- Jl. Pakem-Prambanan (Jalur 18)	19	63,33	Good

Prioritas Kondisi Perkerasan

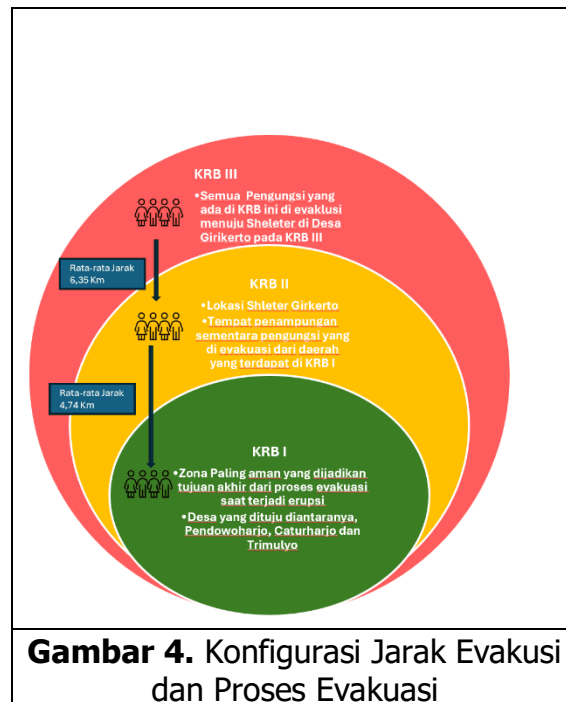
Dalam perhitungan AHP nilai consistency ratio (CR) harus <0.1, maka analisis tersebut bisa diteruskan untuk menentukan bobot. Selain nilai CR penelitian ini juga menganalisis nilai lambda maximum dan *consistency index*. Nilai CR untuk kondisi perkerasan sebesar $0,023 < 0.01$, nilai CI sebesar 0,011, dengan nilai IR 0,478. Berdasarkan matriks berpasangan (tabel 4) kondisi kerusakan jalan diperoleh bahwa makin baik kondisi jalannya, maka bisa menjadi prioritas utama sebagai alternatif jalur evakuasi dengan nilai 0,289. Jalan dengan kondisi baik (*good*) akan mempengaruhi pemilihan jalan hampir 0.5 dibandingkan dengan jalan dengan kondisi satisfactory. Kondisi perkerasan dapat mempengaruhi keputusan orang dalam memilih rute, dikarenakan faktor kenyamanan dan keamanan (Angelo et al., 2023).

Tabel 6. Matriks Berpasangan faktor kondisi Perkerasan

Kriteria	Failed	Serious	Very Poor	Poor	Fair	Satisfactory	Good	Bobot
Failed	1.00	0.29	0.15	0.11	0.08	0.06	0.05	0.0156
Serious	3.5	1.00	0.54	0.37	0.28	0.23	0.19	0.0547
Very Poor	6.5	1.85	1.00	0.68	0.52	0.42	0.35	0.1016
Poor	9.5	2.71	1.46	1.00	0.76	0.61	0.51	0.1485
Fair	12.5	0.52	1.92	1.31	1.00	0.81	0.68	0.1483
Satisfactory	15.5	4.42	2.38	1.63	1.24	1.00	0.84	0.2422
Good	18.5	5.28	2.84	1.94	1.48	1.193548	1.00	0.2891
Jumlah Total	67.00	16.09	10.31	7.05	5.36	4.32	3.62	1.0000

AHP Jarak Rute Evakuasi

Total panjang jalann di KRB Jalur evakuasi memiliki panjang jalan yang bervariasi dengan rata-rata panjang 16 km dari KRB I sampai KRB III. Proses Evakuasi yang dilakukan bertujuan untuk memindahkan orang dari KRB III menuju KRB II dan seterusnya hingga KRB I (gambar 3). Jarak evakuasi diukur dari barak pengungsian yang terletak di desa Girikerto pada KRB II. Jarak barak pengungsian Girikerto menuju desa terdekat pada KRB I, area yang relatif aman dari efek erupsi merapi yaitu Caturharjo sejauh 9,1 km, menuju Desa Pandowoharjo sejauh 4,4 km dan menuju Desa Trimulyo sejauh 2,6 km (Muhammad & Wu, 2023). Jarak dari Girikerto menuju dua desa tersebut dipengaruhi oleh kemudahan akses jalan yang dilalui masyarakat. Ada dua variabel yang mempengaruhi pemilihan prioritas jalur evakuasi yaitu jarak dan kondisi jalan. Bobot kedua variabel tersebut didapatkan dari survei terhadap responden yaitu warga masyarakat di Kawasan KRB, perwakilan BPBD, perwakilan tim SAR, dan Perwakilan dari Dinas PUPR Kabupaten Sleman. Hasil survei dari responden tersebut dirata-rata, dan didapatkan bobot untuk variabel jarak sebesar 0.571 dan bobot untuk variabel kondisi jalan sebesar 0.428. Berdasarkan hasil analisis matriks berpasangan pada variabel jarak, maka rute dengan jarak yang relatif dekat memiliki prioritas paling tinggi (0.432) untuk dipilih sebagai rute evakuasi jika dibandingkan dengan kategori jarak yang lain.

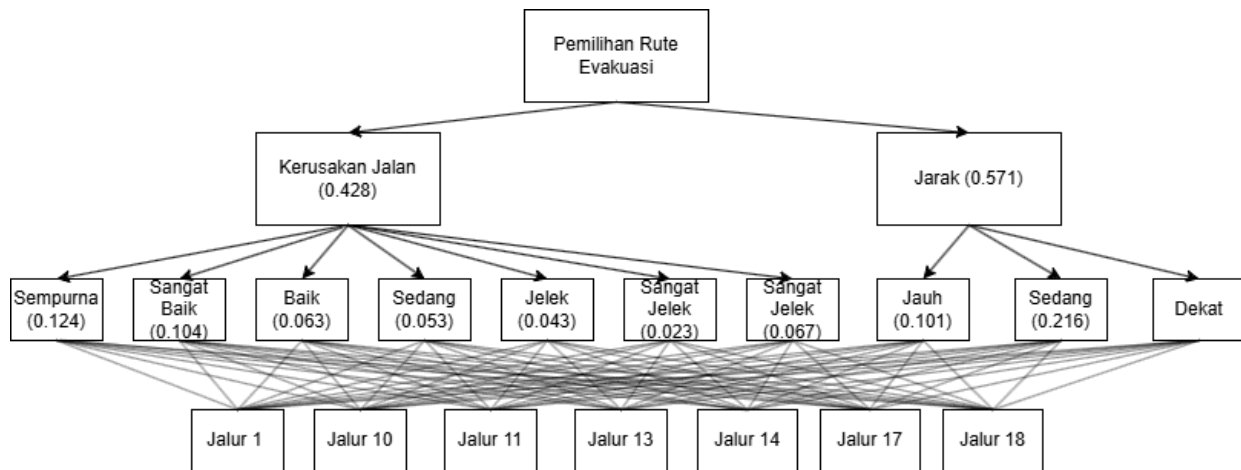


Gambar 4. Konfigurasi Jarak Evakuasi dan Proses Evakuasi

Tabel 7. Matriks berpasangan dan eigen faktor Jarak Tempuh

Kriteria	Jauh	Sedang	Dekat	Bobot Prioritas
Jauh	1.00	0.50	0.33	0.1891
sedang	2.00	1.00	0.67	0.3781
Dekat	3.00	0.67	1.00	0.4328
Jumlah Total	6.00	2.17	2.00	1.0000

Berdasarkan analisis didapatkan bahwa prioritas pemilihan jalur ditentukan oleh jarak di prioritas pertama dengan bobot 24,73% kemudian kondisi jalan baik diprioritas ketiga dengan bobot 12,39%. Berdasarkan analisis ini, pemilihan jalur evakuasi ditentukan berdasarkan jarak rute terpendek dengan kategori dekat dan sedang kemudian berdasarkan kondisi jalan yang paling baik. Jika jalan dalam kondisi yang sangat buruk tentu akan sangat dihindari oleh masyarakat dengan prioritas 0,67%.



Gambar 5. Konsolidasi bobot prioritas kriteria Kondisi Rute Evakuasi

Berdasarkan tabel 5, urutan pertama sebagai alternatif rute evakuasi memiliki panjang jalan yang relatif pendek dan kondisi perkerasan yang baik (jalur 18), jalur 10 dan yang menjadi opsi terakhir jalur 14.

Tabel 8. Prioritas Jalur evakuasi berdasarkan panjang rute dan kondisi perkerasan jalan

No	Nama Jalan	Panjang (km)	Nilai PCI	Hasil
1	Jl. Sedogan – Balerante (jalur 1)	21.61%	6.36%	3
2	Jl. Babadan – Jl. Turi(Jalur 10)	24.73%	6.36%	2
3	Jl. Surodadi- Jl. Turi (Jalur 11)	21.61%	6.36%	4
4	Jl. Kaliurang- Jl Pakem-Prambanan (Jalur 13)	10.80%	12.39%	5
5	Jl. Raya Merapi Golf- Jl. Pakem Prambanan (Jalur 14)	10.80%	6.36%	6
6	Jl. Raya Kepuharjo- Jl. Pakem-Prambanan (Jalur 17)	21.61%	6.36%	3
7	Jl. Gadingan- Jl. Pakem-Prambanan (Jalur 18)	21.61%	12.39%	1

PEMBAHASAN

Keputusan untuk dilakukan pengungsian merupakan keputusan strategis yang diambil untuk mengurangi adanya risiko pada kehidupan manusia (Jiuh, 2024). Oleh karena itu, diperlukan adanya proses evakuasi strategis data terjadinya bencana. Pada proses evakuasi terjadi penumpukan demand diwaktu yang bersamaan karena semua penduduk akan berpindah dari KRB menuju zona nyaman. Sebagaimana dijelaskan oleh (Akizuki, 2024) bahwa berkurangnya jarak pandang pada jalur evakuasi dapat menambah level kesulitan bagi penduduk atau pengungsi untuk menemukan jalur yang tepat sehingga dapat mengakibatkan korban jiwa. Kondisi ini akan menyebabkan konflik pada beberapa ruas jalan. Konflik yang terjadi tergantung pada kapasitas dan volume lalu lintas pada proses evakuasi. Prioritas rute evakuasi berada pada jalur 18, jalur ini menghubungkan desa-desa yang ada di kecamatan pada KRB I dan II dengan jumlah penduduk 30.453 jiwa. Proporsi penggunaan kendaraan di DIY 85%

menggunakan motor dan 15% menggunakan mobil (Herwangi et al., 2015). Ada sekitar 25.855 orang yang akan mengungsi menggunakan sepeda motor, dengan rasio kapasitas motor maka akan ada 10.821 motor. Mobil dengan kapasitas 4 orang maka akan ada 4.568 mobil. Waktu yang dibutuhkan untuk proses evakuasi 1,196 jam, jika dikorelasikan dengan jumlah motor dan mobil yang akan melakukan proses evakuasi maka akan ada 6.069 SMP/jam yang akan melakukan perjalanan jika terjadi erupsi merapi. Kapasitas jalan rata-rata pada KRB sebesar 3300 SMP/jam, dari data tersebut akan terjadi kemacetan di jalur evakuasi, sehingga urutan prioritas yang didapatkan dari analisis bisa digunakan untuk urutan penyebaran arus lalu lintas saat proses evakuasi.

Volume kendaraan saat proses evakuasi disebar sesuai dengan rasio kapasitas dan volume, jika jalur 18 (prioritas 1) sudah mengalami kepadatan maka bisa dialihkan menuju jalur 10 (prioritas 2) begitu seterusnya hingga semua kendaraan bisa dievakuasi tanpa kendala. Kualitas kondisi jalan memiliki dampak yang cukup signifikan dalam penurunan kecepatan hingga 30% (Aden et al., 2023). Sehingga perlu adanya model yang dapat mensinergikan antara kebutuhan waktu evakuasi, hambatan akibat kondisi jalan, dan kapasitas jalan saat proses evakuasi terjadi. Jenis kerusakan jalan yang paling dominan adalah retak buaya (*alligator cracking*), yang dapat memperlambat waktu tempuh dan meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, perbaikan kondisi jalan harus menjadi prioritas utama dalam persiapan evakuasi. Strategi pengalihan arus lalu lintas juga perlu dipertimbangkan untuk mengurangi kemacetan. Penggunaan teknologi seperti sistem manajemen lalu lintas berbasis real-time dapat membantu mengarahkan arus lalu lintas secara efisien. Selain itu, pelatihan dan simulasi evakuasi bagi masyarakat dapat meningkatkan kesiapan dan respons cepat saat terjadi bencana. Perlu adanya perbaikan kondisi jalan di jalur-jalur dengan prioritas rendah, peningkatan kapasitas jalan, dan pengembangan sistem manajemen lalu lintas yang efektif. Pemerintah juga perlu mempertimbangkan kebijakan yang mendukung perbaikan infrastruktur di kawasan rawan bencana, seperti program pemeliharaan jalan rutin dan peningkatan kapasitas jalan.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemilihan rute evakuasi berdasarkan dua kriteria yaitu jarak terpendek dan kondisi jalan terbaik. Dari hasil analisis didapatkan tujuh dari 20 rute bisa digunakan untuk proses evakuasi. Dari ketujuh rute tersebut, rute Jl. Gadingan- Jl. Pakem menjadi rute dengan prioritas pertama saat proses evakuasi. Rute tersebut memiliki jarak dan kondisi jalan yang lebih baik diantara ke 6 rute lainnya. Pemilihan rute evakuasi didasarkan pada dua kriteria utama: jarak terpendek dan kondisi jalan terbaik. Jarak terpendek diprioritaskan untuk mengurangi waktu evakuasi, sementara kondisi jalan yang baik dipilih untuk memastikan keamanan dan kelancaran proses evakuasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute dengan jarak yang lebih pendek dan kondisi jalan yang lebih baik memiliki prioritas yang lebih tinggi. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model simulasi evakuasi yang mempertimbangkan variabel tambahan seperti kondisi cuaca dan kepadatan penduduk untuk meningkatkan akurasi prediksi waktu evakuasi. Selain itu, penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi penggunaan teknologi manajemen lalu lintas berbasis real-time untuk mengarahkan arus lalu lintas secara efisien selama proses evakuasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aden, T. S., Widyastuti, H., & Kartika, A. A. G. (2023). Model development of road performance indicator-related travel time using international roughness index: A case study national road network of Sulawesi. *E3S Web of Conferences*, 429. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342903015>
- Adhi, I., Utama, W., & Nakamura, H. (2022). DISASTER EVACUATION ROUTE CHOICES FOR INFORMAL SETTLEMENTS: A CONCEPTUAL FRAMEWORK. *SEUTAC Journal of Science and Engineering*, 3(1), 16–29.
- Agustina, L. K., Setiawan, R., Harbowo, D. G., Alfarishi, B., Radityo, D., & Tamara. (2023). Determine of Potential Evacuation Locations as Disaster Mitigation Against Landslides. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1209(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1209/1/012006>
- Akizuki, Y. (2024). Evacuation route design based on visibility for reducing evacuation delays. *Fire Safety Journal*.
- Angelo, A. A., Sasai, K., & Kaito, K. (2023). Safety Integrated Network Level Pavement Maintenance Decision Support Framework as a Practical Solution in Developing Countries: The Case of Addis Ababa, Ethiopia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/su15118884>
- Aziz, M., & Taixia, W. (2023). Examining the evacuation routes of the sister village program by using the ant colony optimization algorithm. *Open Geosciences*.
- BPS. (2024). *Kabupaten Sleman Dalam Angka 2024*. <https://slemankab.beta.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/a5194f8cfd3cc96a35805f6e/kabupaten-sleman-dalam-angka-2024.html>
- Chasanah, F., & Alfi Wijaya, D. (2016). Evaluasi Tingkat Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci) Untuk Menentukan Prioritas Penanganan Pada Jalan Solo-Yogyakarta KM 43,8-44,8. *The 19th International Symposium of FSTPT*, 979–95721.
- Chen, J., Liu, C., Meng, Y., & Zhong, M. (2021). Multi-Dimensional evacuation risk evaluation in standard subway station. *Safety Science*, 142.
- Cova, T. J., & Johnson, J. P. (2003). A network flow model for lane-based evacuation routing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 37(7), 579–604. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(03\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(03)00007-7)
- Dushenko, M., BJORBAEK, C. T., & Steger-Jensen, K. (2019). Application of a sustainability model for assessing the relocation of a container terminal: A case study of Kristiansand port. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/su11010087>
- Feng, K., & Lin, N. (2021). Reconstructing and analyzing the traffic flow during evacuation in Hurricane Irma (2017). *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.09.004>
- Herwangi, Y., Syabri, I., & Kustiwan, I. (2015). Peran dan Pola Penggunaan Sepeda Motor Pada Masyarakat Berpendapatan Rendah di Kawasan Perkotaan Yogyakarta.

Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota, 26(3), 166–176.
<https://doi.org/10.5614/jpwk.2015.26.3.2>

- Jiuh, B. (2024). Mass evacuation planning for disasters management: A household evacuation route choice behavior analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*.
- Lavin, Patrick. G. (2003). *Asphalt Pavements: A Practical Guide to Design, Production, and Maintenance for Engineers and Architects*.
- Mei, E. T. W., Lavigne, F., Picquout, A., de Bélizal, E., Brunstein, D., Grancher, D., Sartohadi, J., Cholik, N., & Vidal, C. (2013). Lessons learned from the 2010 evacuations at Merapi volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 261, 348–365. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.03.010>
- Muhammad, A., & Wu, T. (2023). Examining the evacuation routes of the sister village program by using the ant colony optimization algorithm. *Open Geosciences*, 15(1). <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0512>
- Prato, C. G. (2009). Route choice modeling: past, present and future research directions. *Journal of Choice Modelling*, 2(1), 65–100. www.jocm.org.uk
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process* (1st ed., Vol. 1). McGraw Hill.
- Saaty, T. L. (1995). Transport Planning with Multiple Criteria: The Analytic Hierarchy Process Applications and Progress Review. In *Journal of Advanced Transportation* (Vol. 29, Issue I).
- Shahin, M. Y. (2005). *PAVEMENT MANAGEMENT FOR AIRPORTS, ROADS, PARKING LOTS* (2nd ed.). Springer.
- Wigati, S. S., Sopha, B. M., Asih, A. M. S., & Sutanta, H. (2023). Geographic Information System Based Suitable Temporary Shelter Location for Mount Merapi Eruption. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032073>
- Zhao, X., Ji, K., Xu, P., Qian, W. wen, Ren, G., & Shan, X. nian. (2020). A round-trip bus evacuation model with scheduling and routing planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 137, 285–300. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.05.008>