

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia yang terletak di jalur *Ring of Fire* sehingga memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap bencana geologi. Salah satu ancaman yang paling berisiko adalah erupsi Gunung Merapi, terutama karena lokasinya yang berada dekat dengan pemukiman dan wilayah aktivitas masyarakat. Erupsi Merapi pada tahun 2010 menimbulkan lebih dari 300 korban jiwa dan memaksa lebih dari 400.000 penduduk mengungsi dalam waktu singkat (Pratiwi & Chotimah, 2022). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pentingnya perencanaan jalur evakuasi yang efektif dan aman.

Penentuan jalur evakuasi selama ini umumnya diperoleh dengan kriteria jarak terpendek atau waktu tempuh tercepat. Pendekatan tersebut memang sederhana, namun sering mengabaikan kondisi kapasitas jalan. Hal ini menyebabkan penumpukan kendaraan pada satu atau dua rute utama saat evakuasi massal (Kristanti et al., 2024). Pada kondisi darurat, terutama pada keadaan *No-notice evacuation*, kemacetan di jalur utama dapat meningkatkan risiko bagi masyarakat yang berada di zona bahaya (Rahmat et al., 2023).

Permasalahan lain yang sering muncul adalah keterbatasan akses informasi jalur evakuasi yang mudah dijangkau oleh masyarakat. Sebagian besar informasi yang tersedia masih berbentuk papan statis atau peta cetak, sehingga kurang responsif terhadap kebutuhan evakuasi yang dinamis. Minimnya akses informasi spasial yang aktual dapat memperlambat proses pengambilan keputusan saat evakuasi berlangsung (Damayanti et al., 2025). Dalam situasi darurat, keterlambatan pengambilan keputusan akibat minimnya informasi spasial yang mudah diakses dapat memperburuk dampak bencana, khususnya di kawasan dengan mobilitas tinggi seperti kawasan di sekitar Merapi (Afandi et al., 2022).

Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menjadi solusi untuk menyajikan data kebencanaan secara lebih jelas dan mudah diakses. SIG memungkinkan integrasi data jaringan jalan, zona Kawasan Rawan Bencana (KRB), titik kumpul, dan lokasi barak pengungsian dalam satu sistem (Kurniawan et al., 2024). Salah satu bentuk implementasi SIG yang semakin banyak digunakan adalah penyajian peta berbasis online. Penyajian peta secara online memungkinkan data spasial ditampilkan dalam format yang lebih mudah diakses melalui perangkat seluler maupun komputer. Melalui media tersebut, informasi jalur evakuasi tidak hanya disajikan dalam bentuk peta statis, tetapi juga dapat dilengkapi dengan informasi titik kumpul, barak pengungsian, rute evakuasi, dan keterangan atribut yang lebih mudah dipahami oleh pengguna (Adilang et al., 2022).

Meskipun visualisasi melalui WebGIS sangat membantu, efektivitas jalur evakuasi tetap harus mempertimbangkan kondisi kapasitas ruas jalan. Jalur yang tampak ideal secara visual belum tentu efektif ketika volume kendaraan meningkat tajam saat evakuasi. Oleh karena itu, pemilihan rute evakuasi memerlukan pendekatan yang tidak hanya mengoptimalkan jarak, tetapi juga mempertimbangkan faktor kapasitas jaringan jalan agar jalur yang dihasilkan benar-benar dapat dilalui saat keadaan darurat (Shahabi & Wilson, 2014). Salah satu metode yang dapat digunakan adalah CASPER, yaitu algoritma penentuan rute yang memasukkan kapasitas jalan sebagai beban ke dalam perhitungan biaya perjalanan. Dengan algoritma tersebut, CASPER dapat menganalisis beberapa jalur sekaligus sehingga kepadatan lalu lintas dapat terdistribusikan. CASPER sendiri terbukti mampu mengurangi kemacetan dan mempercepat waktu evakuasi dibanding algoritma jarak terdekat biasa (Shahabi & Wilson, 2014).

Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas jalur evakuasi dan pemanfaatan SIG dalam mitigasi bencana. (Fida Ismaili et al., 2024) menggunakan metode AHP untuk menentukan prioritas jalur evakuasi di kawasan rawan bencana Merapi berdasarkan jarak dan kondisi perkerasan. (Kristanti et al., 2024) mengoptimalkan jalur evakuasi erupsi Gunung Semeru dengan analisis *weighted overlay* dan *Network Analyst* menggunakan parameter jarak, kemiringan, dan aksesibilitas. (Damayanti et al., 2025) menyusun jalur evakuasi secara partisipatif di Desa Cikole Lembang melalui

pemetaan kebiasaan masyarakat sehingga menghasilkan peta jalur dan titik kumpul utama, sedangkan (Wigati et al., 2023) berfokus pada penentuan lokasi *shelter* erupsi Gunung Merapi yang layak. (Kurniawan et al., 2024) mengembangkan WebGIS jalur evakuasi di daerah rawan longsor untuk menampilkan rute dan titik aman secara interaktif. Serta (Anggoro et al., 2024) mengkaji kesesuaian titik kumpul bagi penduduk dan ternak berdasarkan kedekatan ke permukiman dan kondisi jalan penghubung.

Meskipun penelitian sebelumnya memberikan kontribusi besar pada aspek spasial dan penentuan lokasi, penelitian-penelitian tersebut sebagian besar belum secara jelas memodelkan kapasitas jaringan jalan dan derajat kejenuhan sebagai faktor utama dalam kinerja jalur evakuasi. Selain itu, integrasi perutean berbasis kinerja ruas dengan visualisasi secara online juga masih jarang dilakukan. Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini mengembangkan model analisis rute evakuasi bencana Gunung Merapi menggunakan metode CASPER dengan mempertimbangkan kinerja ruas jalan sebagai faktor pembobotan, sehingga rute yang dihasilkan tidak hanya mempertimbangkan jarak atau waktu, tetapi juga kemampuan jaringan jalan dalam melayani arus evakuasi. Rute yang dihasilkan tetap berada dalam koridor jalur evakuasi resmi, tetapi penetapan rute prioritas dilakukan berdasarkan total *Cost* CASPER terendah. Hasil analisis selanjutnya disajikan dalam bentuk peta informatif untuk memudahkan interpretasi dan komunikasi hasil kepada pemangku kepentingan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengambil judul "Analisis Rute Evakuasi Bencana Gunung Merapi Menggunakan Metode CASPER (*Capacity Aware Shortest Path Evacuation Routing*)".

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dirumuskan ke dalam pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi kinerja ruas eksisting pada jalur evakuasi bencana Gunung Merapi di Kabupaten Sleman?
2. Bagaimana penerapan metode *Capacity Aware Shortest Path Evacuation Routing* (CASPER) dalam penentuan rute evakuasi optimal berdasarkan pembobotan yang mempertimbangkan kinerja ruas jalan?

3. Bagaimana hasil analisis rute evakuasi berbasis CASPER dapat disajikan secara informatif ke dalam platform online?

I.3. Batasan Masalah

1. Penelitian berfokus pada jalur evakuasi Gunung Merapi di Kabupaten Sleman.
2. Jalur evakuasi yang dianalisis merupakan jalur evakuasi resmi sebagaimana ditetapkan dalam Peraturan Bupati Sleman tentang Jalur Evakuasi Bencana Gunungapi Merapi Tahun 2025.
3. Analisis difokuskan pada pergerakan evakuasi masyarakat dari titik kumpul utama di Kawasan Rawan Bencana (KRB) III menuju barak utama pada zona aman dengan radius 15 - 20 km dari puncak Merapi.
4. Data yang digunakan adalah data spasial berupa jaringan jalan, lokasi Kawasan Rawan Bencana (KRB), dan sebaran titik evakuasi (titik kumpul dan barak pengungsian).
5. Kinerja ruas yang dianalisis meliputi kapasitas ruas, volume lalu lintas evakuasi, derajat kejenuhan, kecepatan tempuh estimasi, dan *Cost* CASPER sebagai *impedance* ruas.
6. Pemodelan permintaan evakuasi dihitung menggunakan data statis berupa jumlah penduduk pada wilayah layanan titik kumpul dan estimasi jumlah kepemilikan kendaraan yang kemudian dikonversi ke dalam satuan mobil penumpang.
7. Konsep *capacity aware* dalam metode CASPER diterapkan melalui pembentukan *impedance* ruas berbasis waktu tempuh efektif, dengan mempertimbangkan pengaruh kapasitas, volume evakuasi, derajat kejenuhan, dan kecepatan tempuh.
8. Pemodelan rute dilakukan menggunakan ArcGIS 10.8 dengan ekstensi *Network Analyst* untuk memperoleh empat rute kandidat pada setiap Jalur Evakuasi.
9. Penelitian tidak mencakup simulasi pergerakan kendaraan secara mikroskopik, perilaku pengemudi, kondisi lalu lintas *real-time*, maupun perubahan jaringan jalan saat bencana berlangsung.

I.4. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kondisi kinerja ruas eksisting pada jalur evakuasi bencana Gunung Merapi di Kabupaten Sleman.
2. Menerapkan metode CASPER dalam penentuan rute evakuasi optimal berdasarkan pembobotan yang mempertimbangkan kinerja ruas jalan.
3. Menyajikan hasil analisis rute evakuasi dalam platform online yang interaktif dan informatif.

I.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penulisan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat:

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teori dan konsep di bidang rekayasa dan manajemen transportasi, khususnya terkait pemodelan lalu lintas dan penerapan metode CASPER untuk perencanaan rute evakuasi.

2. Manfaat Praktis

- a. Penelitian dilakukan sebagai syarat untuk memenuhi tugas akhir dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Terapan Transportasi Darat (S.Tr.Tra) pada Program Studi D-IV Rekayasa Sistem Transportasi Jalan (D-IV RSTJ) di Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan (PKTJ) Tegal.
- b. Penelitian bertujuan untuk mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan di Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan (PKTJ) Tegal.
- c. Hasil analisis penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait dalam merumuskan atau memperbarui rencana jalur evakuasi di kawasan Gunung Merapi.
- d. Hasil dari visualisasi secara online dapat menjadi alat yang informatif bagi masyarakat dan wisatawan di sekitar Merapi, sehingga dapat meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan dalam menghadapi potensi bencana.

I.6. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan dalam tugas akhir ini disusun secara berurutan dengan tahapan penelitian yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan dalam proposal ini sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini mencakup pembahasan mengenai gambaran umum dan latar belakang penelitian yang dilakukan, rumusan masalah yang ditemukan di lokasi penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian yang dilakukan, manfaat dari penelitian yang dilakukan dan sistematika penulisan yang merupakan penjelasan singkat struktur dalam bab laporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian, meliputi konsep bencana gunung api, jalur evakuasi, kapasitas jalan, volume lalu lintas, derajat kejenuhan, kecepatan tempuh, Sistem Informasi Geografis (SIG), *ArcGIS Network Analyst*, metode *Capacity Aware Shortest Path Evacuation Routing* (CASPER), serta penelitian terdahulu yang menjadi landasan dalam analisis penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan metode CASPER (*Capacity Aware Shortest Path Evacuation Routing*) dan langkah langkah yang akan dilakukan untuk menyusun penelitian berupa *flowchart* atau bagan alir yang menjelaskan kinerja yang akan dilakukan dari awal sampai akhir proses penelitian. Teknik pengumpulan data, teknis analisis data, perencanaan penyajian dalam platform *online*, serta alat dan bahan untuk menentukan rute evakuasi paling optimal.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis kinerja ruas jalan pada jalur evakuasi Gunung Merapi yang meliputi kapasitas ruas, volume lalu lintas evakuasi, derajat kejenuhan, dan kecepatan tempuh. Selain itu, bab ini membahas penerapan metode CASPER dalam pemodelan rute evakuasi, hasil pemodelan rute evakuasi, serta penyajian hasil analisis dalam bentuk WebGIS.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian untuk menjawab rumusan masalah serta saran yang dapat digunakan sebagai bahan pengembangan penelitian selanjutnya maupun implementasi pada sistem evakuasi bencana Gunung Merapi.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi seluruh sumber referensi yang digunakan dalam penyusunan skripsi, baik berupa buku, jurnal ilmiah, peraturan perundang-undangan, maupun sumber ilmiah lainnya.

LAMPIRAN

Berisi data pendukung penelitian seperti data spasial, hasil perhitungan, *output* pemodelan ArcGIS, dokumentasi penelitian, serta dokumen lain yang mendukung pembahasan penelitian.