

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

IV.1. Kesimpulan

1. Analisis kinerja ruas jalan pada lima jalur evakuasi Gunung Merapi menunjukkan karakteristik yang berbeda. Hasil analisis awal dengan asumsi seluruh kendaraan evakuasi bergerak dalam waktu 1 jam menunjukkan bahwa pembebanan volume kendaraan sebesar 3.308 smp/jam pada JE I, 3.069 smp/jam pada JE II, 1.849 smp/jam pada JE III, 1.205 smp/jam pada JE IV, dan 1.385 smp/jam pada JE V menghasilkan nilai derajat kejenuhan (D_j) yang melebihi 1 bahkan mencapai lebih dari 2 pada beberapa jalur, sehingga kondisi tersebut tidak merepresentasikan proses evakuasi yang realistis. Oleh karena itu, berdasarkan histori evakuasi erupsi Gunung Merapi tahun 2010 yang berlangsung sekitar 2 jam, volume kendaraan dievaluasi menjadi 1.654 smp/jam (JE I), 1.534,5 smp/jam (JE II), 924,5 smp/jam (JE III), 602,5 smp/jam (JE IV), dan 692,5 smp/jam (JE V). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pada iterasi keempat nilai D_j masing-masing jalur menjadi 1,11, 1,02, 0,64, 0,41, dan 0,48, yang diikuti penurunan kecepatan tempuh (V_t) menjadi 21,10 km/jam, 22,29 km/jam, 25,67 km/jam, 28,45 km/jam, dan 27,34 km/jam, serta peningkatan waktu tempuh (W_t) menjadi 4,61 menit, 7,82 menit, 3,11 menit, 6,20 menit, dan 2,43 menit. Hasil evaluasi tersebut menghasilkan kondisi lalu lintas yang lebih representatif dan selanjutnya digunakan sebagai dasar pembentukan *Cost* CASPER dalam pemodelan rute evakuasi.
2. Hasil pemodelan menggunakan metode CASPER, berhasil menghasilkan empat skenario rute evakuasi pada masing-masing jalur berdasarkan perubahan kondisi lalu lintas pada setiap iterasi pembebanan. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai *Cost* CASPER pada seluruh jalur meningkat seiring bertambahnya volume kendaraan sehingga waktu tempuh perjalanan juga meningkat. Temuan penelitian menunjukkan bahwa perubahan nilai *Cost* CASPER tidak selalu sebanding dengan perubahan panjang lintasan. Pada JE V, panjang lintasan berkurang dari 16,08 km menjadi 14,23 km, namun *Cost* CASPER meningkat dari

111,76 menit menjadi 201,04 menit. Hasil tersebut membuktikan bahwa pemilihan rute evakuasi lebih dipengaruhi oleh kondisi operasional jaringan jalan dibandingkan jarak tempuh semata, sehingga metode CASPER mampu menghasilkan rute yang lebih representatif dibandingkan metode pencarian lintasan terpendek konvensional.

3. Hasil pemodelan jalur evakuasi berhasil disajikan dalam bentuk WebGIS menggunakan ArcGIS *Online* sehingga dapat diakses secara daring melalui perangkat komputer maupun telepon seluler. WebGIS memuat lima titik kumpul evakuasi, lokasi barak pengungsian, rute prioritas, rute alternatif pada masing-masing jalur evakuasi. Selain menampilkan informasi spasial, WebGIS juga menyediakan atribut hasil analisis berupa nama lokasi, panjang lintasan, dan nilai *Cost* CASPER yang dapat diakses melalui fitur *pop-up*. Penyajian dalam bentuk WebGIS memungkinkan hasil pemodelan jalur evakuasi lebih mudah dipahami, diakses, dan dimanfaatkan sebagai media informasi pendukung evakuasi bencana Gunung Merapi.

IV.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data pergerakan evakuasi aktual atau simulasi evakuasi yang lebih dinamis sehingga distribusi volume kendaraan dan pola pergerakan pengungsi dapat menggambarkan kondisi yang lebih mendekati situasi evakuasi sebenarnya saat terjadi erupsi Gunung Merapi.
2. Pengembangan metode *Capacity Aware Shortest Path Evacuation Routing* (CASPER) pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan parameter lain seperti tingkat bahaya erupsi, perilaku pengemudi, pola waktu keberangkatan yang bervariasi, maupun kapasitas lokasi pengungsian sehingga model rute evakuasi yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif.
3. Pengembangan WebGIS disarankan untuk menggunakan platform dengan infrastruktur *server* mandiri (*self-hosted*), seperti ArcGIS *Enterprise* atau alternatif *open-source*. Peningkatan infrastruktur ini diperlukan untuk mengatasi limitasi fitur visualisasi sekaligus integrasi data kebencanaan serta kondisi lalu lintas secara *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adilang, D. C., Tungka, A. E., & Warouw, F. (2022). Pemetaan Jalur Evakuasi Tsunami Dengan Metode Network Analyst Berbasis Sig Di Kota Manado Tsunami Evacuation Route Mapping Using Network Analyst Method Based On Gis In Manado City. *Jurnal Spasial*, 9(1), 2022.
- Adri, W., Sabri, L. M., & Wahyuddin, Y. (2021). Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Gunung Api Dan Persebaran Lokasi Shelter Menggunakan Metode Network Analyst (Studi Kasus : Gunung Merapi, Boyolali-Magelang). In *Jurnal Geodesi Undip Januari* (Number 10).
- Afandi, N., Yosmar, S., & Mayasari, Z. M. (2022). Penentuan Jalur Evakuasi Tsunami Bagi Pengendara Di Kota Bengkulu Menggunakan Algoritma Fuzzy Dijkstra. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 7(1), 139. <https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.6786>
- Anggoro, B. S., Tyas, W. P., & Mardiansyah, F. H. (2024). Analisis Titik Kumpul Dalam Proses Evakuasi Penduduk dan Ternak Ketika Erupsi Gunung Merapi Wilayah Studi Kecamatan Cepogo, Boyolali. *TATALOKA*, 26(2), 126–142. <https://doi.org/10.14710/tataloka.26.2.126-142>
- A'yun, A. Q. (2025). *Analisis Lokasi Rawan Kecelakaan Menggunakan Metode Kernel Density Dengan Arcgis (Studi Kasus : Kabupaten Serang)* [Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan]. <http://eprints.pktj.ac.id/3745/1/21011032-SKRIPSI-ABSTRAK.pdf>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2018). *Modul 4 Penyusunan Rencana Evakuasi* (E. T. Paripurno, S. Purwanto, Sumino, I. B. Adi, W. Heniwati, A. A. Ajawaila, H. H. Wantoro, A. B. Prasetyo, & Yugyasmono, Eds.; 8; 8th ed.). Badan Nasional Penanggulangan Bencana. <https://share.google/xgXA0pP7zQoTJPPpGp>
- Bagaskara, M. A., Muhamad Taki, H., & Wartaman, A. S. (2025). Optimization of GIS-Based Evacuation Routes for Mitigating Mount Merapi Eruption in Wukirsari Village, Sleman. *JOURNAL OF SYNERGY LANDSCAPE*, 5(1). <https://doi.org/10.25105/e9xx7h45>
- Chasanah, F., & Sakakibara, H. (2022). Implication of Mutual Assistance Evacuation Model to Reduce the Volcanic Risk for Vulnerable Society: Insight from Mount Merapi, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 14(13).

<https://doi.org/10.3390/su14138110>

- Chen, X., & Li, Q. (2017). Modeling Road Network Vulnerability for Evacuees and First Responders in No-Notice Evacuation. *Journal of Advanced Transportation*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/6193127>
- Damayanti, V., Agustina, I. H., Ekasari, A. M., & Aji, R. R. (2025). Penentuan Jalur Evakuasi dalam Upaya Kesiapsiagaan Bencana di Desa Cikole Lembang. *Jurnal Abdimas PHB*, 8(2).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia* (21; Number 021). <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/09pbm2023-pedoman-kapasitas-jalan-indonesia-esri-indonesia>. (2025). <https://esriindonesia.co.id/id>
- Fida Ismaili, A., Eka Apsari, A., Wahyu Adhi, B., & Wahyu Hidayat, D. (2024). Analisis Pemilihan Rute Evakuasi Menggunakan Metode AHP Di Kawasan Rawan Bencana Merapi. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 11(2). <https://doi.org/10.46447/ktj.v11i2.638>
- 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>
- Kristanti, A. R., Pratiwi, D., Rahmawati, I. A., Setiawan, A. R., Habibi, A., & Cahyani, D. E. (2024). Optimasi Jalur Evakuasi Bencana Dalam Mereduksi Dampak Erupsi Gunung Semeru Menggunakan Shortest Path Dan Maximum Flow. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 9(2), 207. <https://doi.org/10.25157/teorema.v9i2.14140>
- Kurniawan, D., Nurmalasari, S., Prasetyo, M. C., & Sari, D. N. (2024). Optimalisasi GIS dalam Penentuan Jalur Evakuasi di Daerah Rawan Longsor Kecamatan Gumelar Kabupaten Banyumas. *Proceedings Series on Social Sciences & Humanities*, 16, 27–32. <https://doi.org/10.30595/pssh.v16i.1004>
- Laila, F. (2018). *Erupsi Gunung Merapi: Perubahan Sosial Dan Adaptasi Masyarakat Di Kabupaten Sleman Tahun 1984-2010*. Universitas Diponegoro.
- Martín, B., Ortega, E., Cuevas-Wizner, R., Ledda, A., & De Montis, A. (2021). Assessing road network resilience: An accessibility comparative analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 95.

- <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102851>
- Mayaguezz, H., Muhaemin, M., Gilang, M., Putra, A., Susanti, O., Anma,), Kusuma, H., Efendi, E., Lahay, A. F., Muhammad,), Amiin, K., Kelautan, I., Perikanan, J., Pertanian, F., & Studi, P. (2023). Muhamad Gilang Arindra Putra, Oktora Susanti, Anma Hari Kusuma, Eko Efendi ... Universitas Lampung 3) 4) 5) 6) 7) 8). *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat UBB*, 10(1). <https://tanggamuskab.bps.go.id>
- 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>
- Muryani, C., Sarwono, Noviani, R., & Azizah, R. N. (2024). Disaster risk analysis of Merapi Volcano eruption in the north slope based on the New Volcanic Risk Ranking (VRR) methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1314(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1314/1/012015>
- Mutiawati, C., Suryani, F. M., Isya, M., Lulusi, Anggraini, R., Putri, V. N., & Rivinaldi, R. (2022). Feasibility Study Of Tsunami Evacuation Routes Based On Road Performance Using The Indonesian Highway Capacity Manual. *Communications - Scientific Letters of the University of Žilina*, 24(4), F109–F119. <https://doi.org/10.26552/com.C.2022.4.F109-F119>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2006). *PP 34 Tahun 2006 Tentang Jalan* (34).
- Peraturan Bupati (Perbup) Kabupaten Sleman Nomor 4 Tahun 2025 tentang Jalur Evakuasi Bencana Gunungapi Merapi, Pub. L. 4 (2025). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/316041/perbup-kab-sleman-no-4-tahun-2025>
- Perbup Sleman Nomor 4 Tahun 2025.
- Perdana Khidmat, R. (2022). The Analysis of Open Space Configuration as an Evacuation Assembly Point, Case Study: Universitas Bandar Lampung. *Jurusan Teknologi Infrastruktur Dan Kewilayahan*, 12(1), 35365. <https://doi.org/10.36448/ja.v12i1>
- Pratiwi, T. S., & Chotimah, H. C. (2022). Pemulihan Pasca Bencana Erupsi Di Kawasan Wisata Merapi Daerah Istimewa Yogyakarta Ditinjau Dari Model

- Penta Helix. *Jurnal Konstituen*, 4(1), 1–8.
<https://doi.org/10.33701/jk.v4i1.2435>
- Purbani, D., Ramdhan, M., Lesmana, H., Daulat, A., Heriati, A., Ontowirjo, B., & Pasir Putih, J. (2022). Determining The Capacity Of Temporary Evacuation Shelter In Carita And Labuan District Pandeglang Regency. *Jurnal Segara*, 18(1), 13–24. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/segara>
- Rahmat, M., Sani Roychansyah, D. M., & Mulyani Sunarharum, T. (2023). *Ketangguhan Wilayah Pesisir Selatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Terhadap Bahaya Bencana Tsunami*.
- Rojo, M. (2020). Evaluation of traffic assignment models through simulation. *Sustainability (Switzerland)*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/su12145536>
- Shahabi, K., & Wilson, J. P. (2014). CASPER: Intelligent capacity-aware evacuation routing. *Computers, Environment and Urban Systems*, 46, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.03.004>
- Sopha, B. M., Achsan, R. E. D., & Asih, A. M. S. (2019). Mount Merapi eruption: Simulating dynamic evacuation and volunteer coordination using agent-based modeling approach. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 9(2), 292–322. <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-05-2018-0035>
- Sphere Association. (2018). *Minimum Standards in Shelter, Settlement and non-Food Items*. <https://spherestandards.org/handbook-2018/>
- Tsania Fatimatuzahra, D., & Somantri. (2022). *Perancangan Web Geographic Information System (WebGIS) Kehutanan Pada Wilayah Sukabumi*. 17(1), 184–195.
- Valgunadi, A. N. (2024). Mapping The Level Of Tsunami Hazard For Determining Shelter Points And Evacuation Routes As An Effort To Mitigate The Megathrust Threat In Tasikmalaya Regency. *JURNAL GEOGRAFI Geografi Dan Pengajarannya*, 22(1), 19–34. <https://doi.org/10.26740/jggp.v22n1.p19-34>
- Wang, Y., Wang, T., Ma, W., Li, F., Wang, X., Sean, M., Yang, Z., & Wang, J. (2022). Dynamic Optimization of Evacuation Route in the Fire Scenarios of Offshore Drilling Platforms. *Ocean Engineering*, 247. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801822000385?via%3Dihub>
- 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>
- Xie, S., Yang, Z., Wang, M., Xu, G., & Bai, S. (2025). Evaluating the Resilience of Mountainous Sparse Road Networks in High-Risk Geological Disaster Areas: A Case Study in Tibet, China. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(5).
<https://doi.org/10.3390/app15052688>
- Yaibok, C., Suwanno, P., Pornbunyanon, T., Kanjanakul, C., Bumrungrat, S., Jitpat, P., Tsumita, N., & Fukuda, A. (2024a). Synergizing flood risk and road network dynamics for optimized evacuation strategies. *Asian Transport Studies*, 10.
<https://doi.org/10.1016/j.eastsj.2024.100137>
- Yusri Tanra, A. A., Mulyadi, R., & Sir, M. M. (2023). Analisis Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara dan Jalur Evakuasi Tsunami di Area kurang Sistem Informasi Geografi studi kasus: Kabupaten Mamuju. *Jurnal Linears*, 6(2), 87–95. <https://doi.org/10.26618/j-linears.v6i2.11572>