

KERAWANAN BENCANA ALAM SEBAGAI ANCAMAN NIRAMILITER: STUDI PENATAAN INFRASTRUKTUR RAWAN BENCANA DI KABUPATEN MAGELANG

Aditiawan Wisnu Susilo Putro^{1*}, Fourita Dian Martini², Januari Tarigan³

¹Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang
Jawa Tengah
gefitop.11@gmail.com¹⁾

²Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang
Jawa Tengah
fouritadian@gmail.com²⁾

³Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang
Jawa Tengah
jantarigan8@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerawanan bencana alam di Kabupaten Magelang serta memvisualisasikannya dalam bentuk model peta tiga dimensi (3D) berbasis topografi. Kabupaten Magelang merupakan wilayah yang memiliki karakteristik geologi dan geomorfologi kompleks berpotensi menimbulkan bencana erupsi gunung api, lahar, longsor, banjir, dan gempa bumi. Metode penelitian menggunakan pendekatan spasial dengan pengolahan data topografi, tata guna lahan, dan zonasi risiko bencana yang diintegrasikan ke dalam model visual 3D. Model peta 3D yang dihasilkan menampilkan elevasi wilayah secara realistik serta overlay zona kerawanan bencana berdasarkan tingkat risiko rendah, sedang, dan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa visualisasi 3D mampu meningkatkan pemahaman spasial terhadap potensi ancaman bencana dibandingkan peta dua dimensi konvensional, sehingga lebih efektif sebagai alat pendukung perencanaan mitigasi, penataan infrastruktur, dan pengambilan keputusan strategis. Dalam konteks Teknik Sipil Pertahanan, model ini berperan sebagai media analisis untuk perencanaan infrastruktur rawan bencana, dukungan operasi militer selain perang (OMSP), serta penguatan ketahanan wilayah. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi pemerintah daerah dan institusi pendidikan militer dalam upaya pengurangan risiko bencana dan peningkatan kesiapsiagaan wilayah.

Kata-kunci: **infrastruktur; kabupaten magelang; kerawanan bencana; mitigasi bencana; peta 3D; topografi**

ABSTRACT

This study aims to analyze disaster vulnerability in Magelang Regency and visualize it through a three-dimensional (3D) topographic map model. Magelang Regency has complex geological and geomorphological characteristics, which contribute to potential hazards such as volcanic eruptions, lahars, landslides, floods, and earthquakes. The research employs a spatial analysis approach by integrating topographic data, land-use information, and disaster risk zoning into a 3D visualization model. The resulting 3D map presents realistic elevation features overlaid with disaster vulnerability zones classified into low, medium, and high-risk levels. The findings indicate that 3D visualization significantly enhances spatial understanding of disaster risks compared to conventional two-dimensional maps, making it a more effective tool for mitigation planning and strategic decision-making. From a Defense Civil Engineering perspective, this model serves as an analytical tool for planning disaster infrastructure, supporting military operations other than war (MOOTW), and strengthening regional resilience. This study is expected to provide valuable references for local governments, disaster management agencies, and military education institutions in disaster risk reduction and preparedness efforts.

Keywords: **disaster mitigation; disaster vulnerability; magelang regency; topography; 3D mapping**

PENDAHULUAN

Kabupaten Magelang merupakan salah satu wilayah strategis di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki tingkat kerawanan bencana alam cukup tinggi. Kondisi ini dipengaruhi oleh karakteristik geografis dan geologis wilayah yang berada di antara Gunung Merapi dan Gunung Merbabu, serta dilintasi oleh sejumlah sungai besar yang berhulu di kawasan pegunungan. Kombinasi topografi bergunung, kemiringan lereng yang curam, dan sistem hidrologi yang kompleks menjadikan Kabupaten Magelang rentan terhadap berbagai jenis bencana alam, antara lain erupsi gunung berapi, aliran lahar, tanah longsor, banjir, dan gempa bumi. Ancaman bencana tersebut tidak hanya berdampak pada keselamatan masyarakat, tetapi juga berpotensi mengganggu stabilitas wilayah, infrastruktur strategis, dan kesiapan pertahanan daerah.

Dalam konteks ketahanan wilayah, bencana alam dapat dikategorikan sebagai ancaman nirmiliter yang memerlukan penanganan terpadu lintas sektor. Penanggulangan bencana di Kabupaten Magelang tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah daerah dan instansi kebencanaan, tetapi juga melibatkan peran strategis Tentara Nasional Indonesia (TNI) melalui Operasi Militer Selain Perang (OMSP). Pelaksanaan OMSP, khususnya pada fase tanggap darurat dan pemulihan pascabencana, membutuhkan pemahaman spasial yang akurat terhadap kondisi medan, sebaran risiko bencana, serta keterkaitan antara topografi dan infrastruktur wilayah.

Peta konvensional dua dimensi sering kali belum mampu menggambarkan kompleksitas medan dan hubungan vertikal antar elemen topografi secara komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan visualisasi yang lebih representatif dan informatif. Model peta tiga dimensi (3D) berbasis topografi dan zonasi risiko bencana menawarkan keunggulan dalam menampilkan elevasi wilayah, kemiringan lereng, alur sungai, serta kawasan rawan bencana secara lebih realistik dan intuitif. Visualisasi 3D memungkinkan pengguna untuk memahami potensi ancaman bencana secara spasial, menganalisis jalur evakuasi, serta mengidentifikasi lokasi infrastruktur kritis yang rentan terdampak bencana.

Bagi institusi militer, khususnya Program Studi Teknik Sipil Pertahanan Akademi Militer (AKMIL), penguasaan teknologi visualisasi spasial menjadi kompetensi penting dalam mendukung perencanaan dan pembangunan infrastruktur pertahanan yang tangguh bencana. Model peta 3D kerawanan bencana Kabupaten Magelang dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran dan studi kasus untuk menganalisis keterkaitan antara kondisi alam, tata guna lahan, dan perencanaan infrastruktur. Selain itu, model ini juga berfungsi sebagai alat simulasi untuk mendukung perencanaan operasi bantuan kemanusiaan, penggelaran pasukan, serta penentuan jalur logistik pada saat terjadi bencana.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan model peta 3D yang mengintegrasikan data topografi dan risiko kerawanan bencana di Kabupaten Magelang. Model ini diharapkan mampu meningkatkan

kesadaran risiko bencana, memperkuat kesiapsiagaan wilayah, serta mendukung pengambilan keputusan strategis dalam rangka penguatan ketahanan wilayah dan pelaksanaan OMSP. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu Teknik Sipil Pertahanan serta peningkatan kapasitas institusi militer dalam menghadapi ancaman bencana alam di masa depan.

METODE

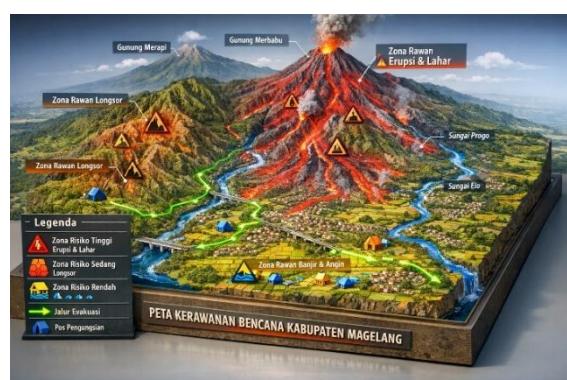
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitis dengan metode analisis spasial (pengumpulan data, pembuatan model 3D dan analisis visual). Pendekatan ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi kerawanan bencana alam di Kabupaten Magelang secara komprehensif melalui integrasi data topografi dan zonasi risiko bencana ke dalam model peta tiga dimensi (3D). Penelitian bersifat terapan (applied research) karena hasilnya diarahkan untuk mendukung perencanaan mitigasi bencana, kesiapsiagaan wilayah, dan pembangunan infrastruktur tangguh bencana dalam konteks Teknik Sipil Pertahanan.

PEMBAHASAN

Hasil visualisasi topografi tiga dimensi (3D) Kabupaten Magelang menunjukkan karakter medan yang kompleks dan beragam, didominasi oleh kawasan pegunungan di sekitar Gunung Merapi dan Gunung Merbabu, perbukitan, serta dataran tengah. Representasi elevasi dan kontur dalam model 3D memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kemiringan lereng

dan arah aliran material bencana, yang menjadi faktor utama dalam pembentukan risiko bencana alam di wilayah tersebut. Dibandingkan peta dua dimensi, visualisasi 3D mampu meningkatkan pemahaman spasial terhadap hubungan antara topografi dan potensi ancaman bencana.

Overlay zonasi kerawanan bencana pada model topografi 3D (**Gambar 1**) mengklasifikasikan wilayah Kabupaten Magelang ke dalam tiga tingkat risiko.



Gambar 1. Kerentanan Bencana Wilayah Kabupaten Magelang
(Sumber: Data Primer, 2025)

Zona merah yang terkonsentrasi di lereng Gunung Merapi menunjukkan tingkat risiko tertinggi, terutama terhadap erupsi gunung api dan aliran lahar. Visualisasi zona merah secara transparan memungkinkan analisis keterkaitan langsung antara kemiringan lereng curam dan potensi bahaya, sehingga menegaskan perlunya pembatasan pemanfaatan ruang dan penguatan fungsi kawasan sebagai zona lindung.

Zona oranye berada pada wilayah transisi antara dataran dan perbukitan yang memiliki risiko sedang, khususnya terhadap longsor. Tekstur retakan tanah pada visualisasi zona ini merepresentasikan kondisi geoteknik yang relatif labil. Keberadaan zona oranye menunjukkan bahwa wilayah transisi memerlukan perhatian

khusus dalam perencanaan infrastruktur dan jalur evakuasi, terutama untuk mengantisipasi peningkatan risiko akibat curah hujan tinggi atau perubahan tata guna lahan.

Zona kuning mencakup dataran pertanian dan sebagian kawasan permukiman dengan risiko rendah hingga sedang, terutama terkait banjir dan genangan air. Meskipun tingkat risikonya relatif lebih rendah, visualisasi zona ini menegaskan pentingnya pengelolaan drainase dan tata air yang baik untuk mencegah dampak bencana hidrologi. Dalam konteks mitigasi, zona kuning berpotensi dikembangkan dengan tetap menerapkan prinsip infrastruktur tangguh bencana.

Secara keseluruhan, model peta 3D kerawanan bencana Kabupaten Magelang terbukti efektif sebagai alat analisis mitigasi bencana dan perencanaan evakuasi. Visualisasi ini juga memiliki nilai strategis sebagai media pembelajaran dan simulasi operasi bantuan kemanusiaan, khususnya bagi institusi militer. Integrasi topografi dan zonasi kerawanan bencana dalam bentuk 3D memberikan dasar yang kuat bagi perencanaan infrastruktur tangguh bencana serta penguatan ketahanan wilayah dari perspektif Teknik Sipil Pertahanan.

Pemanfaatan tata guna lahan Kabupaten Magelang (**Gambar 2**) berperan strategis dalam pencegahan dan pengurangan risiko bencana alam, mengingat karakter wilayah yang didominasi kawasan pegunungan, perbukitan, dan daerah aliran sungai. Pendekatan Teknik Sipil Pertahanan menempatkan pengaturan ruang sebagai upaya mitigasi ancaman nirmiliter melalui penetapan zona lindung di lereng Gunung Merapi dan kawasan rawan lahar, serta

pengembangan infrastruktur pengendali seperti sabo dam, penguatan tebing sungai, dan koridor evakuasi yang terintegrasi.



Gambar 2. Pendekatan Tata Guna Lahan Kabupaten Magelang
(Sumber: Data Primer, 2025)

Pada wilayah transisi dan dataran permukiman, pemanfaatan lahan diarahkan secara terbatas dengan penerapan rekayasa stabilisasi lereng, sistem drainase terpadu, dan pengendalian tata air untuk mengurangi risiko longsor dan banjir. Integrasi teknologi pemetaan dan visualisasi 3D mendukung pengambilan keputusan berbasis risiko, simulasi skenario bencana, serta perencanaan infrastruktur tangguh bencana. Secara keseluruhan, tata guna lahan berbasis Teknik Sipil Pertahanan memperkuat ketahanan wilayah Kabupaten Magelang sekaligus mendukung kesiapsiagaan dan Operasi Militer Selain Perang (OMSP).

KESIMPULAN

Visualisasi topografi tiga dimensi (3D) Kabupaten Magelang mampu menggambarkan secara komprehensif karakter medan yang kompleks, mulai dari kawasan pegunungan di sekitar Gunung Merapi dan Merbabu, wilayah perbukitan, hingga dataran tengah. Model 3D memberikan pemahaman

spasial yang lebih akurat terhadap kemiringan lereng, elevasi, dan arah aliran material bencana dibandingkan peta dua dimensi, sehingga memperjelas keterkaitan antara kondisi topografi dan tingkat kerawanan bencana alam.

Overlay zonasi kerawanan bencana pada model 3D mengklasifikasikan wilayah Kabupaten Magelang ke dalam tiga zona risiko yang berbeda. Zona merah di lereng Gunung Merapi menunjukkan tingkat risiko tertinggi terhadap erupsi dan aliran lahar, sehingga menegaskan perlunya pembatasan pemanfaatan ruang dan penguatan fungsi kawasan sebagai zona lindung. Zona oranye pada wilayah transisi dataran-perbukitan memiliki risiko sedang terhadap longsor akibat kondisi geoteknik yang labil, sedangkan zona kuning di dataran pertanian dan permukiman memiliki risiko rendah hingga sedang terhadap banjir dan genangan air, namun tetap memerlukan pengelolaan tata air yang baik.

Secara keseluruhan, peta 3D kerawanan bencana terbukti efektif sebagai alat analisis mitigasi bencana, perencanaan evakuasi, dan penataan ruang berbasis risiko. Selain mendukung perencanaan infrastruktur tangguh bencana, model ini memiliki nilai strategis sebagai media pembelajaran dan simulasi operasi bantuan kemanusiaan. Dalam perspektif Teknik Sipil Pertahanan, integrasi visualisasi 3D dan tata guna lahan memperkuat ketahanan wilayah Kabupaten Magelang serta mendukung kesiapsiagaan nasional dan pelaksanaan Operasi Militer Selain Perang (OMSP).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Gubernur Akademi Militer atas dukungan dan arahan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan dosen Program Studi Teknik Sipil Pertahanan Akademi Militer atas kontribusi pemikiran dan pendampingan akademik dalam penyusunan dan penyempurnaan penelitian ini. Dukungan tersebut sangat berperan dalam pengembangan kajian visualisasi 3D kerawanan bencana yang bermanfaat bagi penguatan ketahanan wilayah dan dukungan Operasi Militer Selain Perang (OMSP).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2022). *Indeks Risiko Bencana Indonesia*. Jakarta: BNPB.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). (2021). *Peta Topografi Indonesia Skala Menengah*. Cibinong: BIG.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2020). *Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2020–2024*. Jakarta: BNPB.
- Bappeda Kabupaten Magelang. (2021). *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Magelang Tahun 2021–2041*. Magelang: Pemerintah Kabupaten Magelang.
- Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019). *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Merapi*. Bandung: Badan Geologi.
- Pusat Pendidikan dan Latihan Penanggulangan Bencana. (2018). *Mitigasi Bencana Berbasis Wilayah*. Jakarta: BNPB.

- Sutopo, P. N., et al. (2017). *Manajemen Bencana di Indonesia*. Jakarta: BNPB.
- Yudhicara, & Sudradjat, A. (2016). Analisis kerawanan longsor berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Geologi Indonesia*, 11(2), 85–98.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air dan Pengelolaan Bencana*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.