

Analisis Spasial Titik dan Jalur Evakuasi Bencana Banjir Bandang di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu

Yosua Vernandus Tamba¹, *I Made Satya Graha¹, Dano Quinta Revana¹, Jhon Jhohan Putra Kumara Dewa¹

¹) Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Indonesia

*Corresponding Author, Email: satyagraha@unej.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap berbagai jenis bencana alam, seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, tanah longsor, dan banjir, akibat kondisi geografis dan geologisnya yang unik. Data BNPB tahun 2024 mencatat sebanyak 3.472 kejadian bencana di Indonesia yang menyebabkan 8,13 juta jiwa terdampak dan mengungsi, dengan banjir bandang menjadi salah satu penyumbang kerugian terbesar. Kecamatan Bumiaji, Kota Batu merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana banjir bandang akibat karakteristik topografinya yang berada di dataran tinggi lereng Gunung Arjuno serta menjadi bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas. Peristiwa banjir bandang pada tahun 2021 dan 2023 menimbulkan kerugian jiwa, kerusakan properti, serta kerugian ekonomi yang signifikan, sementara hingga saat ini Kecamatan Bumiaji belum memiliki rambu jalur evakuasi maupun *shelter* yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran spasial kerentanan banjir bandang serta merumuskan rekomendasi titik dan jalur evakuasi di Kecamatan Bumiaji. Metode yang digunakan meliputi analisis kerentanan dengan teknik *weighted overlay* terhadap aspek fisik, sosial, dan lingkungan yang dibobotkan menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), serta penentuan titik evakuasi melalui *weighted overlay* dan jalur evakuasi melalui *network analysis* dan *route analysis* dengan mempertimbangkan lebar jalan dan jarak dari sungai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 51% wilayah Kecamatan Bumiaji tergolong kerentanan tinggi, 45% kerentanan sedang, dan 4% kerentanan rendah, dengan 42 titik evakuasi beserta jalur evakuasinya yang tersebar di seluruh kecamatan pada masing-masing kategori kerentanan.

Kata kunci: Banjir Bandang, Titik Evakuasi, Jalur Evakuasi, Network Analysis, Sistem Informasi Geografis

Abstract

Indonesia is a country highly prone to various natural disasters, such as earthquakes, tsunamis, volcanic eruptions, landslides, and floods, due to its unique geographical and geological conditions. Data from BNPB in 2024 recorded 3,472 disaster events in Indonesia affecting and displacing 8.13 million people, with flash floods being one of the largest contributors to disaster-related losses. Bumiaji District, Batu City is one of the areas highly vulnerable to flash flood disasters due to its topographic characteristics on the highland slopes of Mount Arjuno and its position within the Brantas River Basin. Flash flood events in 2021 and 2023 caused casualties, property damage, and significant economic losses, while Bumiaji District still lacks evacuation route signage and adequate shelters to this day. This research aims to identify the spatial distribution of flash flood vulnerability and to formulate recommendations for evacuation points and routes in Bumiaji District. The methods used include vulnerability analysis through a weighted overlay technique covering physical, social, and environmental aspects, weighted using the Analytical Hierarchy Process (AHP), as well as the determination of evacuation points through weighted overlay and evacuation routes through network analysis and route analysis, taking into account road width and distance from rivers. The results show that 51% of Bumiaji District falls into the high vulnerability category, 45% into the medium category, and 4% into the low category, with 42 evacuation points and their corresponding routes distributed throughout the district within each vulnerability category

Keywords: *Flash Flood, Evacuation Point, Evacuation Route, Network Analysis, Geographic Information System*

I. PENDAHULUAN

Bencana merupakan fenomena kompleks yang mencakup peristiwa alam seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, banjir, kekeringan, dan badai tropis. Data Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) menunjukkan bahwa dalam dua dekade terakhir, rata-rata terjadi lebih dari 350 kejadian bencana besar setiap tahunnya (CRED, 2021; Supriyadi & Malau, 2025). Dampak bencana tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga memengaruhi ekonomi, budaya, dan lingkungan sehingga mengganggu stabilitas pembangunan suatu negara. Dalam kerangka Sustainable Development Goals (SDGs). Bencana memengaruhi ketercapaian berbagai tujuan pembangunan mulai dari pengentasan kemiskinan hingga aksi terhadap perubahan iklim. Salah satu bencana yang kerap terjadi di Indonesia ialah banjir bandang.

Di Indonesia, banjir bandang kerap terjadi di berbagai daerah seperti Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Selatan, dan Jawa Timur. Data BNPB tahun 2024 mencatat sebanyak 3.472 kejadian bencana di Indonesia yang menyebabkan 8,13 juta jiwa terdampak dan mengungsi (BNPB, 2024). Banjir bandang menjadi salah satu penyumbang terbesar kerugian akibat bencana di Indonesia, tidak hanya merusak infrastruktur dan permukiman, tetapi juga mengganggu layanan pendidikan, kesehatan, dan aktivitas ekonomi lokal.

Kebencanaan ditinjau dari konsep ancaman, kerawanan, kerentanan, dan risiko memiliki pengertian serta fungsi analisis yang berbeda sehingga perlu dibedakan secara jelas. Ancaman (*hazard*) merupakan kondisi atau fenomena yang berpotensi menimbulkan bencana dan menyebabkan kerugian (BNPB, 2012; Danil, 2021), seperti kejadian banjir yang dapat menggenangi suatu wilayah. Kerawanan (*susceptibility*) menggambarkan tingkat kecenderungan suatu wilayah untuk mengalami atau terdampak suatu kejadian berdasarkan karakteristik fisik dan lingkungan, seperti kemiringan lereng, elevasi, jarak terhadap sungai, kondisi tutupan lahan, TWI, *curvature*, dan jenis tanah. Sementara itu, kerentanan (*vulnerability*) menunjukkan kondisi masyarakat, bangunan, maupun wilayah yang menyebabkan suatu objek atau kelompok lebih mudah mengalami dampak ketika menghadapi ancaman (Harijoko et al., 2021), sehingga berkaitan dengan tingkat kemampuan atau keterbatasan dalam menghadapi bencana. Adapun risiko (*risk*) merupakan potensi kerugian atau dampak yang timbul dari interaksi antara ancaman, kerawanan, keterpaparan, dan kerentanan (Wesnawa & Christiawan, 2014).

Kota Batu menyimpan ancaman bencana banjir bandang yang signifikan, yaitu banjir dengan volume dan kecepatan aliran yang sangat tinggi, datang secara tiba-tiba, dan membawa material destruktif berupa lumpur, bebatuan, hingga kayu. Kecamatan Bumiaji merupakan bagian dari Kota Batu yang memiliki potensi besar pada sektor agrikultur dan pariwisata berkat posisinya di dataran tinggi yang subur pada lereng Gunung Arjuno. Kecamatan Bumiaji juga merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas dengan karakteristik topografi dataran tinggi hingga ketinggian 950 mdpl, sehingga termasuk wilayah yang sangat rentan terhadap banjir bandang. Berdasarkan Kajian Risiko Bencana (KRB) Kota Batu tahun 2022, Kecamatan Bumiaji telah ditetapkan sebagai kawasan dengan tingkat risiko banjir bandang yang tinggi (Suprpto et al., 2022).

Peristiwa banjir bandang pada November 2021 yang melanda Desa Sumberbrantas, Giripurno, dan Bulukerto, serta kejadian serupa yang terulang pada tahun 2023 di Desa Bumiaji, menjadi penguat bahwa ancaman ini bersifat berulang. Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Batu mencatat bencana ini mengakibatkan 12 korban, 2 di antaranya meninggal dunia, 35 unit rumah rusak, 33 unit rumah terendam lumpur tebal, serta 7 unit mobil dan 73 unit

sepeda motor hanyut. Sebanyak 107 ekor hewan ternak warga juga mati, dengan estimasi kerugian sektor pertanian mencapai Rp98,2 miliar dan kerusakan infrastruktur penunjang pertanian sebesar Rp15,2 miliar (Azmi, 2021). Kerusakan infrastruktur jalan dan jembatan akibat material yang terbawa banjir bandang turut mengisolasi wilayah, melumpuhkan aktivitas ekonomi, menghambat proses evakuasi, serta menyulitkan distribusi bantuan pada masa pemulihan.

Penelitian terkait mitigasi non-struktural di Kecamatan Bumiaji masih sangat terbatas. Penelitian terdahulu yang ada lebih berfokus pada kerawanan banjir dan kesiapsiagaan kelembagaan di seluruh Kota Batu menggunakan metode Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE) dan MACTOR (Suprpto et al., 2022), serta tingkat kerawanan tanah longsor di Kecamatan Bumiaji menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Aina et al., 2022). Hingga saat ini, Kecamatan Bumiaji masih belum memiliki rambu jalur evakuasi maupun shelter, sehingga masyarakat belum memiliki acuan yang jelas mengenai lokasi berkumpul yang aman maupun rute tercepat menuju lokasi tersebut apabila terjadi bencana banjir bandang. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis titik dan jalur evakuasi banjir bandang di Kecamatan Bumiaji menggunakan teknik overlay dalam menentukan titik evakuasi yang layak, serta network analysis dalam menentukan jalur alternatif tercepat dari permukiman menuju titik evakuasi tersebut. Penelitian sebelumnya belum sampai pada pengaplikasian AHP terkait titik dan jalur evakuasi. Sehingga penelitian ini mengisi celah kajian tersebut melalui lokus di Kecamatan Bumiaji.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perencanaan titik dan jalur evakuasi banjir bandang yang tepat bagi Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan rekomendasi titik dan jalur evakuasi banjir bandang di kawasan tersebut. Penelitian ini dibatasi hanya pada lokasi penelitian yang telah ditentukan, yaitu Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, tanpa melakukan analisis valuasi ekonomi kerugian maupun faktor pemicu banjir bandang, serta tidak membahas cara penanggulangan banjir bandang itu sendiri. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran terkait titik dan jalur evakuasi bencana banjir bandang yang optimal, serta mengurangi Kerugian masyarakat dan pemerintah Kecamatan Bumiaji ketika menghadapi dampak bencana banjir bandang.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, yang secara administratif terdiri atas 9 desa, yaitu Desa Bumiaji, Bulukerto, Giripurno, Gunungsari, Pandanrejo, Punten, Sumberbrantas, Sumbergondo, dan Tulungrejo. Kecamatan Bumiaji berbatasan dengan Kecamatan Pacet (Kabupaten Mojokerto) dan Kecamatan Prigen (Kabupaten Pasuruan) di sebelah utara, Kecamatan Karangploso (Kabupaten Malang) di sebelah timur, Kecamatan Dau (Kabupaten Malang) dan Kecamatan Batu (Kota Batu) di sebelah selatan, serta Kecamatan Pujon (Kabupaten Malang) di sebelah barat.

Pengumpulan data dilakukan melalui dua jenis survei, yaitu survei primer berupa survei lapangan dan kuesioner kepada responden ahli, serta survei sekunder berupa studi literatur dan data instansional. Responden kuesioner penelitian terdiri atas Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Batu, Badan Perencanaan Pembangunan Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Batu, serta Kecamatan Bumiaji, yang dipilih karena memiliki kewenangan dan pengetahuan langsung terkait penanggulangan bencana, kebijakan spasial, serta kondisi sosial dan infrastruktur wilayah. Data yang dikumpulkan meliputi data bangunan dan permukiman, fasilitas umum dan kritis, tata guna lahan, jaringan jalan dan sungai, data demografi, data kelompok rentan, serta peta dasar yang bersumber dari Badan Pusat Statistik Kota Batu, Badan Informasi Geospasial, Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Batu, Dinas Lingkungan Hidup Kota

Batu, Dinas Sosial Kota Batu, dan instansi terkait lainnya.

Titik evakuasi merupakan area berkumpul sementara bagi masyarakat yang dievakuasi, yang penetapannya dapat mempermudah kegiatan evakuasi seperti pengobatan luka atau pertolongan pertama (Sri & Nahrowy, 2023). Jalur evakuasi merupakan perencanaan jalan tersingkat untuk mencapai daerah aman dengan tujuan meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh bencana, sehingga penentuannya perlu memperhatikan keamanan, jarak tempuh, dan kelayakan jalur sebagai infrastruktur evakuasi (Sri & Nahrowy, 2023). Penentuan jalur dan titik evakuasi pada penelitian ini menggunakan pendekatan spasial berupa *weighted overlay* dan *network analysis*. *Weighted overlay* merupakan analisis spasial dengan teknik *overlay* beberapa peta terkait faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penilaian kesesuaian lokasi, yang umum digunakan untuk menyelesaikan masalah multi kriteria seperti pemilihan lokasi optimal (Ukhti et al., 2021). *Network analysis* merupakan proses pemodelan yang merepresentasikan jaringan jalan nyata melalui hubungan antar ruas (*edges*) dan simpul (*nodes*), sedangkan *route analysis* merupakan bagian dari *network analysis* yang berfokus pada perhitungan jalur optimal antar titik (Yang, 2025; Sahetapy et al., 2016).

Variabel penelitian terdiri atas dua kelompok utama, yaitu variabel titik evakuasi dan variabel jalur evakuasi. Variabel titik evakuasi terdiri atas jarak permukiman, jarak sungai, tata guna lahan, dan kemiringan lereng, sedangkan variabel jalur evakuasi terdiri atas lebar jalan dan jarak dari sungai. Setiap indikator dikategorikan ke dalam tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, dengan skor masing-masing 1, 2, dan 3.

Penentuan titik evakuasi mempertimbangkan jarak permukiman terhadap titik evakuasi, jarak sungai, tata guna lahan, dan kemiringan lereng. Seluruh peta indikator yang telah direklasifikasi dan dibobotkan kemudian digabungkan melalui proses *weighted overlay* di perangkat lunak SIG untuk menghasilkan peta titik evakuasi. Perencanaan jalur evakuasi dilakukan menggunakan *tools network analysis*, khususnya *route analysis*, pada perangkat lunak GIS dengan mempertimbangkan lebar jalan dan jarak dari sungai, untuk memperoleh informasi rute terpendek dari permukiman menuju titik evakuasi yang telah ditentukan.

Kemudian dilakukan pembobotan menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) berdasarkan hasil kuisisioner terhadap tiga institusi, yakni 1) Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Batu, 2) Badan Perencanaan, Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Batu, 3) Kecamatan Bumiaji. Tahapannya meliputi 1) tabulasi data, 2) membentuk matriks perbandingan berpasangan, 3) Menghitung *Geometric Mean* (GM) tiap baris, menggunakan formula 1, kemudian 4) melakukan perhitungan bobot AHP menggunakan formula 2, 5) menghitung *consistency index* (CI) menggunakan formula 3, 6) menghitung *consistency ratio* (CR) menggunakan formula 4.

$$GM_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

Keterangan:

a_{ij} : nilai baris i , kolom j
 n : jumlah kriteria

$$AHP_i = \frac{GM_i}{\sum_{k=1}^n GM_k} \quad (2)$$

Keterangan:

AHP_i : bobot AHP untuk kriteria ke-i

GM_i : *Geometric Mean* dari baris ke-i

$\sum_{k=1}^n GM_k$: total GM dari seluruh kriteria

n : jumlah kriteria dalam matriks perbandingan

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Keterangan:

λ_{max} : nilai eigen maksimum dari matriks

n : jumlah kriteria

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

Keterangan:

CI : indeks acuan berdasarkan jumlah kriteria. Jika $CR < 0.1$, maka perbandingan konsisten

Pembobotan AHP digunakan dalam menentukan bobot dari masing-masing indikator yang menyusun sub-variabel. Pada Kerentanan fisik, bobot akhirnya adalah bangunan rumah 63%, fasilitas umum 25%, dan fasilitas fisik 12% dengan consistency ratio sebesar 0,01. Pada Kerentanan Sosial bobot akhirnya adalah kepadatan penduduk 60%, Rasio jenis kelamin 15%, rasio kelompok umur 19%, dan rasio penduduk disabilitas 6% dengan consistency ratio 0,1. Pada Kerentanan lingkungan, lahan sawah 61%, lahan perkebunan 24%, hutan produksi 10%, dan hutan lindung 5% dengan consistency ratio 0,06.

Tabel 1. Variabel Kerentanan

Variabel	Sub variabel	Indikator	Parameter	Kategori	Skor
Kerentanan (<i>Vulnerability</i>)	Kerentanan fisik	Bangunan Rumah	Permanen: atap genteng/beton, dinding bata/beton bertulang	Rendah	1
			Semi permanen: atap seng/asbes tebal, dinding bata tanpa tulangan atau papan kayu tebal	Sedang	2
			Non-permanen: atap asbes tipis/seng tipis, dinding anyaman bambu/papan tipis	Tinggi	3
		Fasilitas Umum (Sarana Pendidikan dan Fasilitas Ibadah)	<30%	Rendah	1
			30 – 60%	Sedang	2
			>60%	Tinggi	3
		Fasilitas Kritis(Sarana Kesehatan)	<30%	Rendah	1
			30 – 60%	Sedang	2
			>60%	Tinggi	3
	Kerentanan sosial	Kepadatan penduduk	500 jiwa/km ²	Rendah	1
			500 – 1000 jiwa/km ²	Sedang	2
			>1000 jiwa/km ²	Tinggi	3
		Rasio jenis kelamin	20%	Rendah	1
			20 – 40%	Sedang	2

Variabel	Sub variabel	Indikator	Parameter	Kategori	Skor
Kerentanan Lingkungan	Rasio penduduk disabilitas		>40%	Tinggi	3
			20%	Rendah	1
			20 – 40%	Sedang	2
	Rasio kelompok umur rentan		>40%	Tinggi	3
			20%	Rendah	1
			20 – 40%	Sedang	2
	Luas Hutan lindung		>40%	Tinggi	3
			<20%	Rendah	1
			20-40%	Sedang	2
		Kawasan Perkebunan	>40%	Tinggi	3
			<20%	Rendah	1
			20-40%	Sedang	2
		Luas Sawah	>40%	Tinggi	3
			<20%	Rendah	1
			20-40%	Sedang	2
	Luas Hutan Produksi		>40%	Tinggi	3
			<20%	Rendah	1
			20-40%	Sedang	2
			>40%	Tinggi	3

Tabel 2. Variabel Jalur

Variabel	Sub variabel	Indikator	Parameter	Kategori	Skor
Jalur evakuasi	Aksesibilitas	Lebar jalan	<3m	Rendah	1
			3 – 4 m	Sedang	2
			>4 m	Tinggi	3
	Jarak dari sungai		0 - 25m	Tinggi	1
			25 – 250m	Sedang	2
			>250m	Rendah	3

Tabel 3. Variabel Titik

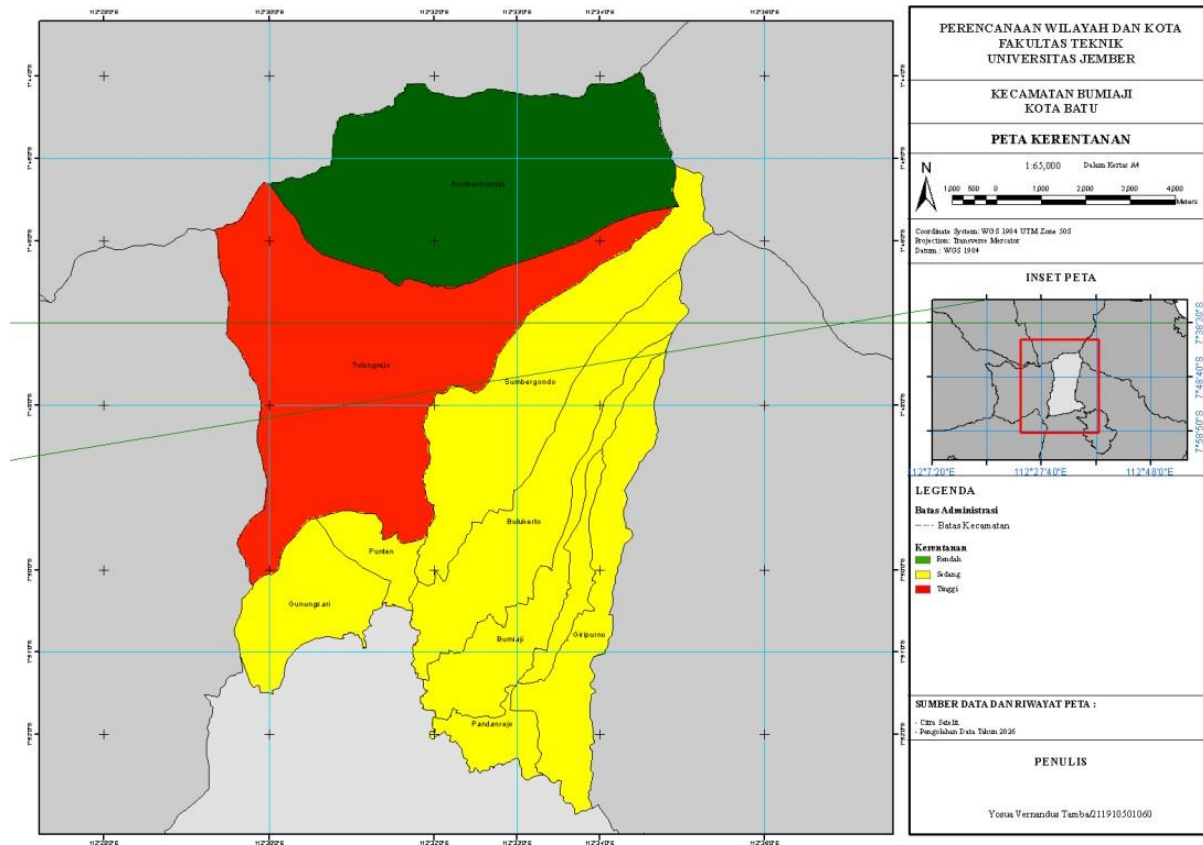
Variabel	Sub variabel	Indikator	Parameter	Kategori	Skor
Titik evakuasi	Lokasi	Jarak permukiman	500 – 1000 m	Rendah	1
			150 – 500 m	Sedang	2
			0 – 150 m	Tinggi	3
		Jarak Sungai	<100 m	Rendah	1
			100 – 250 m	Sedang	2
			>250 m	Tinggi	3
		Tata guna lahan	Tempat ibadah	Rendah	1
			Sekolah dan Bangunan pemerintah	Sedang	2
			Lahan terbuka	Tinggi	3
		Kemiringan Lereng	25 - >45%	Rendah	1
			15 – 25%	Sedang	2
			0 – 15%	Tinggi	3

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1. Wilayah Prioritas Evakuasi Banjir Bandang

Peta kerentanan banjir bandang digunakan sebagai dasar dalam menentukan wilayah prioritas evakuasi. Wilayah yang berada pada kategori kerentanan sedang dan tinggi menjadi prioritas utama dalam penyediaan fasilitas evakuasi karena memiliki potensi terdampak yang lebih besar apabila terjadi banjir bandang. Pada wilayah Kecamatan Bumiaji, ditemukan bahwa Desa Sumberbrantas tergolong pada kategori kerentanan rendah dan Desa Tulungrejo tergolong dalam

kategori rendah. Sedangkan desa lainnya tergolong dalam kategori sedang. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan di Sulawesi Selatan, menunjukkan dominasi pada level sedang (Aldiansyah et al., 2025). Sedangkan pada penelitian didominasi pada level tinggi, walaupun disusul pada level sedang.



Gambar 1. Peta Kerentanan Banjir Bandang

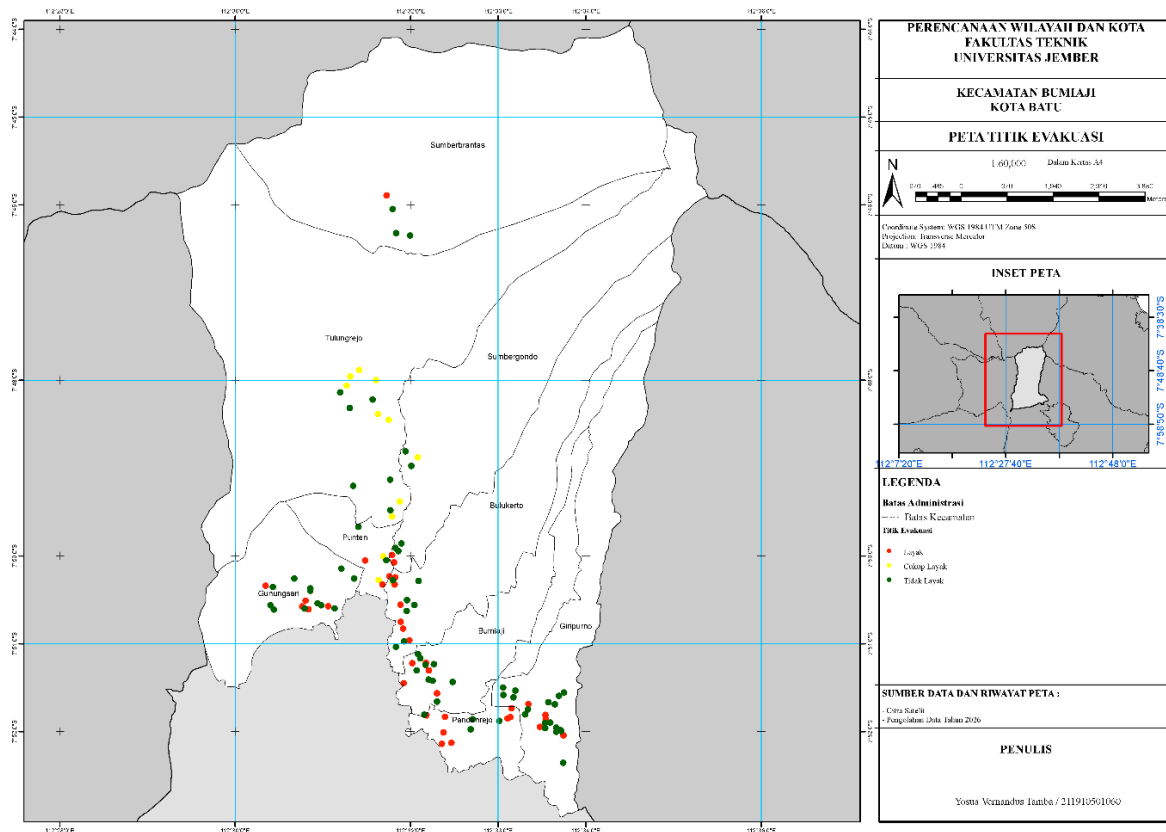
Tabel 4. Kerentanan Banjir Bandang Kecamatan Bumiaji Per Desa

No.	Desa	Persentase	Kategori
1	Tulungrejo	51%	Tinggi
2	Punten	2%	Sedang
3	Giripurno	8%	Sedang
4	Gunungsari	5%	Sedang
5	Bulukerto	8%	Sedang
6	Bumiaji	7%	Sedang
7	Pandanrejo	5%	Sedang
8	Sumberbrantas	4%	Rendah
9	Sumbergondo	11%	Sedang
Total		100%	

III.2 Analisis Titik Evakuasi

Penentuan titik evakuasi mempertimbangkan empat parameter, yaitu jarak dari permukiman, jarak dari sungai, tata guna lahan, dan kemiringan lereng. Permukiman pada Kecamatan Bumiaji berpusat pada bagian tengah dan selatan wilayah, sedangkan wilayah yang jauh dari permukiman berada di utara dan timur. Jaringan sungai pada Kecamatan Bumiaji terbagi secara merata di

seluruh wilayah akibat banyaknya anak sungai yang berkembang mengikuti kondisi morfologi wilayah. Tata guna lahan menunjukkan pola yang tidak merata, namun secara umum fasilitas terpusat pada area permukiman. Kemiringan lereng Kecamatan Bumiaji didominasi oleh kategori rendah, menunjukkan wilayah yang relatif datar hingga landai sehingga memiliki tingkat aksesibilitas yang baik untuk proses evakuasi. Evakuasi menjadi hal yang penting, karena bencana akan memberikan dampak kerusakan ekonomi, infrastruktur dan lingkungan (Devi et al., 2022; Prasetyo et al., 2026), sehingga kerugian dapat diminimalisir.



Gambar 2. Peta Titik Evakuasi

Hasil weighted overlay dari keempat parameter tersebut menghasilkan peta titik evakuasi yang didominasi oleh kategori layak, dengan titik-titik yang mayoritas tersebar di sekitar pusat permukiman Kecamatan Bumiaji. Secara keseluruhan, hasil analisis menghasilkan 42 titik evakuasi yang tersebar di wilayah Kecamatan Bumiaji, yang penentuannya mempertimbangkan kelayakan aksesibilitas masyarakat menuju lokasi evakuasi tersebut. Hal yang menarik ketersediaan ruang terbuka hijau tidak hanya untuk ekologis kota, namun juga sebagai tempat mitigasi bencana. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Kota Palu, bahwa ruang terbuka hijau memiliki peran ganda, untuk ekologis dan bencana (Basri et al., 2025).

Tingkat kelayakan dibagi menjadi 3 kategori, yaitu : layak, cukup layak dan tidak layak. Proses kalsifikasi masing-masing titik ditentukan melalui hasil overlay dari tata guna lahan, kemiringan lereng, jarak dari sungai dan jarak permukiman. Tata guna lahan terbagi menjadi 3 kategori yaitu Lahan terbuka (skor 3), kantor pemerintahan dan fasilitas pendidikan (skor 2) dan perumahan (skor 1). Jarak permukiman diidentifikasi dari jarak permukiman terhadap jaringan jalan dengan kategori <150 m (skor 3), 150 – 500 m (Skor2) dan 500 – 1000 m (Skor 1). Jarak dari sungai diklasifikasi dengan mengidentifikasi jarak permukiman terhadap sungai dengan kategori <100 m (Skor 1), 100 – 250 m (Skor 2), dan >250 m (Skor 3). Kemiringan lereng diidentifikasi dengan

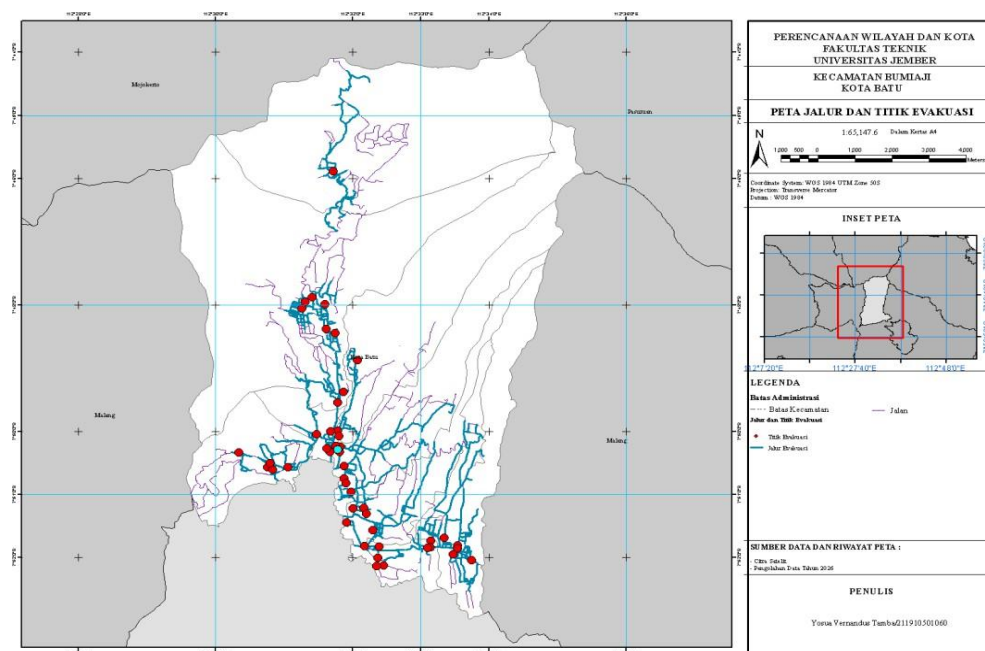
kategori tidak curam, cukup curam dan curam.

III.3 Analisis Jalur Evakuasi

Jalur evakuasi diidentifikasi dengan mempertimbangkan indikator lebar jalan dan jarak dari sungai melalui proses overlay pada jaringan jalan Kecamatan Bumiaji, dengan tujuan mengetahui jaringan jalan yang layak dijadikan jalur evakuasi. Selanjutnya dilakukan network analysis berupa route analysis untuk mencari jalur tercepat dari permukiman menuju titik evakuasi yang telah ditentukan sebelumnya. Jalur evakuasi yang dihasilkan mempertimbangkan keamanan, jarak tempuh, dan kelayakan jalur sebagai infrastruktur evakuasi, sehingga diharapkan dapat meminimalkan waktu tempuh masyarakat menuju titik aman ketika terjadi bencana banjir bandang. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Hasddin & Tamburaka (2021) yang menunjukkan bahwa kombinasi *weighted overlay* dan *network analysis* efektif digunakan untuk memetakan titik dan jalur evakuasi pada kawasan rawan banjir.

Tabel 5. Panjang Jalur Evakuasi Per Desa

No.	Desa	Panjang Jalur Evakuasi (m)						
		Jalur 1	Jalur 2	Jalur 3	Jalur 4	Jalur 5	Jalur 6	Jalur 7
1	Bulukerto	0,59	15,85	297.005,9	119.184,04	1.234,15	16.486,74	69.113,85
2	Bumiaji	59.839,07	522.796,59	186.143,1	34.573,16	63.952,61	-	-
3	Giripurno	223.774,26	443.434,28	110.061,83	37.881,8	393.337,22	-	-
4	Gunungsari	78.898,87	113.298,44	22.677,95	122.365,73	53.687,82	-	-
5	Pandanrejo	64.203,77	127.764,39	690,04	293,61	157.031,04	67.337,46	21,54
6	Punten	10.712,24	1.916,07	1.949,85	22.160,54	212.298,18	44.112,31	-
7	Sumberbrantas	942.604,75	-	-	-	-	-	-
8	Sumbergondo	173.665,43	121.858,76	-	-	-	-	-
9	Tulungrejo	8.713,83	106.916,42	175.060,84	151.270,86	60.413,08	431.646,55	39.404,09



Gambar 3. Peta Jalur dan Titik Evakuasi

Desa Bulukerto memiliki 5 rute evakuasi yang mencakup permukiman inti desa melalui Jalan Purwosenjoto, Jalan Maruwan, dan Jalan Yasemi, dengan cakupan titik evakuasi terbanyak berada di sepanjang koridor permukiman pusat desa. Desa Bumiaji memiliki 5 rute evakuasi yang memanfaatkan jaringan jalan lingkungan seperti Jalan Rahayu, Jalan Masjid, dan Jalan A. Ghonaim, mengarahkan warga dari permukiman padat pusat desa menuju titik-titik kumpul yang tersebar merata di sisi utara, tengah, dan selatan desa. Desa Giripurno memiliki 5 rute evakuasi yang memanfaatkan Jalan Raya Giripurno beserta jaringan jalan lingkungan di sekitarnya, mencakup permukiman yang tersebar dari barat laut hingga tenggara desa.

Desa Gunungsari memiliki 5 rute evakuasi yang memanfaatkan Jalan Joyo Damo 1, Jalan Gunungsari, dan Jalan Melati, melayani permukiman yang tersebar memanjang dari barat hingga timur laut desa menuju perbatasan dengan Desa Puntan. Desa Pandanrejo memiliki 6 rute evakuasi, jumlah terbanyak kedua setelah Tulungrejo, memanfaatkan Jalan Anggrek, Jalan Samadi, dan Jalan Raya Pandanrejo, dengan jalur yang saling bersambung membentuk satu jaringan evakuasi menerus dari barat hingga ke perbatasan Desa Giripurno. Desa Puntan memiliki 6 rute evakuasi yang memanfaatkan Jalan Rusman, Jalan Bukit Berbunga, dan Jalan Semeru, dengan cakupan titik evakuasi terbanyak di Desa Puntan dibandingkan desa lain, sesuai dengan kepadatan permukiman inti desa yang tinggi.

Desa Sumberbrantas hanya memiliki satu jalur evakuasi saja. Kondisi ini dipengaruhi oleh permukiman desa dari sumberbrantas yang relatif kecil. Meskipun Desa Sumberbrantas hanya memiliki satu jalur evakuasi saja, jalur ini sudah disesuaikan agar mencakup seluruh wilayah permukiman di Desa Sumberbrantas. Jalur ini berawal dari Jalan Raya Sumberbrantas di bagian utara, melewati kawasan permukiman awal desa, kemudian menyambung ke selatan menuju pusat permukiman utama yang ditandai dengan persimpangan Jalan Betet dan Jalan Raya Bumiaji-Cangar. Walau demikian, jalur evakuasi yang terbatas perlu menjadi perhatian, karena jalur tersebut juga penting sebagai jalur penyediaan pangan dalam konteks ketahanan pangan pasca bencana (Hidayat et al., 2021). Desa Sumbergondo memiliki 2 rute evakuasi yang seluruhnya memanfaatkan Jalan Raya Sumbergondo sebagai poros utama, mengarahkan warga dari permukiman yang tersebar memanjang dari utara ke selatan desa. Desa Tulungrejo memiliki jumlah rute evakuasi terbanyak, yaitu 7 rute, mencerminkan kompleksitas jaringan jalan serta luasnya cakupan wilayah permukiman desa ini dibandingkan delapan desa lainnya di Kecamatan Bumiaji. Hal ini memiliki implikasi pada rencana tata ruang, khususnya pada struktur ruang. Ketersediaan aksesibilitas jalan tidak hanya untuk mobilitas ekonomi, namun juga sebagai jalur mitigasi bencana. Hal ini sesuai dengan pernyataan Muhammad Irfan, bahwa struktur ruang yang konektivitas berperan penting dalam mitigasi bencana (Irfan et al., 2025). Sehingga rencana tata ruang memiliki peran penting dan harus terintegrasi dengan mitigasi bencana (Chen et al., 2026; Herman et al., 2025).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perencanaan titik evakuasi menghasilkan 42 titik evakuasi yang tersebar di wilayah Kecamatan Bumiaji. Penentuan titik evakuasi tersebut mempertimbangkan empat parameter, yaitu jarak dari permukiman, jarak dari sungai, tata guna lahan, dan kemiringan lereng, dengan hasil yang didominasi oleh kategori layak dan mayoritas tersebar di sekitar pusat permukiman Kecamatan Bumiaji. Secara umum, variasi jumlah rute evakuasi antar desa dipengaruhi oleh luas wilayah, kepadatan permukiman, dan kompleksitas jaringan jalan pada masing-masing desa. Desa dengan permukiman padat dan jaringan jalan yang kompleks, seperti Tulungrejo, Puntan, dan Pandanrejo, membutuhkan jumlah rute yang lebih banyak agar seluruh klaster permukiman dapat terlayani secara merata, sedangkan desa dengan kepadatan permukiman rendah seperti Sumberbrantas dan Sumbergondo cukup dilayani oleh satu hingga dua rute utama.

Bagi pemangku kepentingan, khususnya Pemerintah Kota Batu seperti Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan Kecamatan Bumiaji, disarankan untuk memanfaatkan hasil pemetaan kerentanan serta perencanaan titik dan jalur evakuasi ini sebagai dasar penyusunan mitigasi bencana banjir bandang, termasuk penambahan fasilitas pendukung pada lokasi dan jalur evakuasi serta pemeriksaan berkala pada titik-titik dengan potensi bencana yang tinggi. Bagi masyarakat Kecamatan Bumiaji, disarankan untuk meningkatkan kesiapsiagaan terhadap potensi bencana banjir bandang dengan memahami lokasi dan jalur evakuasi yang telah direncanakan, serta berpartisipasi aktif dalam kegiatan sosialisasi, simulasi evakuasi, dan pelatihan kebencanaan, di samping berperan dalam menjaga kondisi lingkungan terutama di sekitar daerah aliran sungai dan kawasan hulu. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan analisis kerentanan menjadi kajian risiko bencana yang lebih utuh dengan menambahkan komponen bahaya (*hazard*) dan kapasitas (*capacity*), serta dapat menambahkan analisis waktu tempuh evakuasi dan pemanfaatan sistem peringatan dini guna menghasilkan perencanaan evakuasi yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aina, C., Nurjahjaningtyas, I., & Alfiah, R. (2022). *Mitigasi Daerah Rawan Bencana Longsor Berbasis Pemetaan Sistem Informasi Geografis di Kecamatan Bumiaji*. 53–65. file:///C:/Users/USER/Documents/TA/F TEKNIK_JURNAL_Mitigasi Daerah Rawan Bencana Longsor Berbasis Pemetaan.pdf
- Aldiansyah, F., Ahmad, D. N. A., & Asman, A. I. (2025). Analisis Tingkat Risiko Banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bialo Provinsi Sulawesi Selatan . *Jurnal Peweka Tadulako*, 4(1 SE-Articles), 72–86. <https://doi.org/10.22487/peweka.v4i1.46>
- Azmi, F. (2021). *Data Lengkap BPBD JATIM Soal Korban Kerusakan Banjir Bandang di Kota Batu*. DetikNews. <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-5801217/data-lengkap-bpbd-jatim-soal-korban-kerusakan-banjir-bandang-di-kota-batu>
- Basri, I. S., Arifin, R., Sarifuddin, & Pelealu, R. E. (2025). Ketersediaan dan Kebutuhan RTH Publik sebagai Infrastruktur Evakuasi Bencana di Kawasan Perkotaan: Studi Kasus Kecamatan Palu Timur, Kota Palu. *Jurnal Peweka Tadulako*, 4(2 SE-Articles), 216–238. <https://doi.org/10.22487/peweka.v4i2.65>
- BNPB. (2012). Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 03 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penilaian Kapasitas Dalam Penanggulangan Bencana Dengan. *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, 03. <https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/peraturan-kepala/2012/perka-3-tahun-2012-tentang-panduan-penilaian-kapasitas-daerah-dalam-penanggulangan-bencana.pdf>
- BNPB. (2024). *Data Bencana Indonesia 2024* (A. Muhari, T. Harijito, F. Irawan, & A. Utomo (eds.)). Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Chen, S., Zou, Q., Wang, B., Zhou, W., Zhou, B., Jiang, H., & Yang, T. (2026). “Tire Operation” model: A disaster-driven hybrid framework for assessing ecological resilience and guiding spatial planning in hazard-prone communities. *Landscape and Urban Planning*, 276, 105741. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2026.105741>
- CRED. (2021). *Disaster Year in Review*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. <https://doi.org/https://cred.be>
- Danil, M. (2021). Manajemen Bencana. *Mitigasi Bencana*, 7–14.
- Devi, A. D. L. D., Najib, M. N., Eky, R. A., & Vivi, V. N. (2022). Strategi Mitigasi Bencana Berdasarkan Pemetaan Tingkat Kerentanan Sosial Ekonomi Masyarakat Terdampak Banjir Bandang Di Desa Rogo . *Jurnal Peweka Tadulako*, 1(1 SE-Articles), 1–11. <https://doi.org/10.22487/jpwkt.v1i1.1>
- Harijoko, A., Puspitasari, D., Prabaningrum, I., Prastika, K. P., & Wijayanti, N. (2021). *Manajemen*

Penanggulangan Bencana Dan Pengurangan Risiko Bencana Di Indonesia. Gadjah Mada University Press.

- Hasddin, H., & Tamburaka, E. (2021). Analisis Spasial Titik Dan Jalur Evakuasi Dalam Mitigasi Pengurangan Risiko Bencana Banjir Di Kecamatan Mandonga Kota Kendari. *Jurnal Envirotek*, 13(2), 16–23. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.121>
- Herman, S. R. W., Takwim, S., A. R., Hadid, A. K., & Halim, M. A. (2025). Koherensi Kebijakan dan Perencanaan Kota Berkelanjutan: Studi Kasus RDTR Kota Palu. *Jurnal Peweka Tadulako*, 4(2 SE-Articles), 157–168. <https://doi.org/10.22487/peweka.v4i2.79>
- Hidayat, A. R. T., Rachmawati, T. A., & Wahyuningtiyas, L. (2021). Food security in the disaster-prone area: an empirical study from the rural area of Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 653(1), 12011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012011>
- Irfan, M., Wahyuni, S., & Iqbal Kamaruddin. (2025). Perencanaan Struktur dan Pola Ruang Kawasan Pemerintahan Tobadak berbasis Konsep Urban Resilience. *Jurnal Peweka Tadulako*, 4(1 SE-Articles), 99–112. <https://doi.org/10.22487/peweka.v4i1.52>
- Lutfi, Mulyati, S., & Nahrowy, A. R. (2023). Penentuan Titik Evakuasi Bencana Banjir Bandang Sungai Ore di Desa Bangga, Kecamatan Dolo Selatan, Kabupaten Sigi. *Jurnal Ruang*, 17(2), 37–44.
- Prasetyo, P., Graha, I. M. S., Jayanimita, M. E., & Wiyono, R. U. A. (2026). Modeling Shoreline Change Using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Method for Coastal Disaster Mitigation in Jember Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1636(1), 12002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1636/1/012002>
- Sahetapy, G. B., Poli, H., & Suryono, S. (2016). Analisis Jalur Evakuasi Bencana Banjir Di Kota Manado. *Spasial*, 3(2). <https://doi.org/10.35793/sp.v3i2.12536>
- Suprpto, F. A., Juanda, B., Rustiadi, E., & Munibah, K. (2022). Kajian kerawanan dan kesiapsiagaan kelembagaan dalam penanganan banjir di Kota Batu, Jawa Timur. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(1), 48. <https://doi.org/10.22146/mgi.74421>
- Supriyadi, S., & Malau, A. G. (2025). Clustering dengan Menggunakan K-Means untuk Analisa Dampak Banjir. *Jurnal Impresi Indonesia*, 4(9), 3428–3436. <https://doi.org/https://doi.org/10.58344/jii.v4i9.6998>
- Ukhti, F., Manurung, Z. K., & Mahendra, M. D. (2021). Perbandingan Teknik Boolean Dengan Weighted Overlay Dalam Analisis Potensi Longsor di Banjarmasin. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 25–32. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.53>
- Wesnawa, I. G. A., & Christiawan, P. I. (2014). *Geografi Bencana*. Graha Ilmu.
- Yang, J. (2025). Research on optimization strategies for urban park green space planning in Nanjing based on GIS from the perspectives of network analysis and Thiessen polygon theory. *International Journal of Modern Physics C*, 36(8), 1–25. <https://doi.org/10.1142/S012918312441002X>