

Pemetaan Kerawanan Banjir Berbasis Topografi Menggunakan Metode GIS-AHP di DAS Air Bengkulu

Egi Ahmad Fahrezi¹⁾, Gusta Gunawan²⁾, Khairul Amri³⁾, Besperi⁴⁾, Rena Misliniyati⁵⁾

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bengkulu

Email: g1b022036.egiahmad@mhs.unib.ac.id¹⁾; g.gunawan@unib.ac.id²⁾; kamri@unib.ac.id³⁾; besperi@unib.ac.id⁴⁾; rena_misliniyati@unib.ac.id⁵⁾

ABSTRAK

Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Bengkulu berkaitan dengan kondisi fisik wilayah, terutama perbedaan topografi antara bagian hulu dan hilir. Wilayah hilir yang berelevasi rendah dan berlereng landai cenderung lebih berpotensi menjadi zona akumulasi limpasan permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerawanan banjir berbasis topografi menggunakan metode *Geographic Information System* dan *Analytical Hierarchy Process* (GIS-AHP) sebagai informasi awal dalam identifikasi wilayah rawan banjir di DAS Air Bengkulu. Parameter yang digunakan adalah elevasi dan kemiringan lereng yang diturunkan dari *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS), kemudian direklasifikasi ke dalam lima kelas kerawanan dan diberi bobot menggunakan AHP. Hasil pembobotan menunjukkan bahwa elevasi memiliki bobot 0,667, sedangkan kemiringan lereng memiliki bobot 0,333. Integrasi kedua parameter melalui *weighted overlay* menghasilkan peta kerawanan banjir berbasis topografi dengan kelas sangat tinggi seluas 121,21 km² atau 24,27% dan kelas tinggi seluas 104,49 km² atau 20,92%. Jika digabungkan, kelas tinggi dan sangat tinggi mencakup 225,70 km² atau 45,19% dari wilayah hasil klasifikasi. Sebaran wilayah rawan tersebut terutama berada pada bagian hilir hingga tengah DAS. Validasi spasial menggunakan data kejadian banjir terverifikasi menunjukkan adanya kesesuaian spasial antara lokasi banjir terdokumentasi dan wilayah yang teridentifikasi rawan berdasarkan hasil pemetaan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi awal untuk mendukung identifikasi wilayah prioritas mitigasi banjir, khususnya pada bagian hilir DAS Air Bengkulu. Namun, peta yang dihasilkan merupakan pemetaan kerawanan awal berbasis topografi, bukan representasi penuh dari seluruh faktor penyebab banjir.

Kata Kunci: DAS Air Bengkulu, elevasi, kemiringan lereng, GIS-AHP, kerawanan banjir.

ABSTRACT

Flooding in the Air Bengkulu Watershed is related to the physical characteristics of the area, particularly the topographic differences between the upstream and downstream regions. Downstream areas with low elevation and gentle slopes tend to have higher potential for surface runoff accumulation. This study aims to map topography-based flood susceptibility using the *Geographic Information System* and *Analytical Hierarchy Process* (GIS-AHP) as preliminary information for identifying flood-prone areas in the Air Bengkulu Watershed. The parameters used were elevation and slope, derived from the *National Digital Elevation Model* (DEMNAS), then reclassified into five susceptibility classes and weighted using AHP. The weighting results showed that elevation had a weight of 0.667, while slope had a weight of 0.333. The integration of both parameters through *weighted overlay* produced a topography-based flood susceptibility map, with the very high class covering 121.21 km² or 24.27% and the high class covering 104.49 km² or 20.92% of the classified area. Combined, both classes covered 225.70 km² or 45.19% of the classified area, mainly distributed in the downstream to middle parts of the watershed. Spatial validation using verified flood occurrence data showed spatial agreement between documented flood locations and areas identified as flood-prone based on the mapping results. Therefore, this study provides preliminary spatial information to support the identification of priority areas for flood mitigation, particularly in the downstream part of the Air Bengkulu Watershed. However, the resulting map represents an initial topography-based susceptibility assessment, not a complete representation of all flood-causing factors.

Key words: Air Bengkulu Watershed, elevation, slope, GIS-AHP, flood susceptibility.

Submitted: 17 April 2026	Reviewed: 20 Juni 2026	Revised 24 Juni 2026	Published: 01 Agustus 2026
------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana hidrometeorologi yang cukup sulit dikendalikan karena terbentuk melalui interaksi kompleks antara faktor hidrologi dan karakteristik fisik daerah aliran sungai (Basuki dkk., 2022; Cea & Costabile, 2022; Gupta &

Govindaraju, 2023; Wasko dkk., 2021). Kompleksitas tersebut menunjukkan bahwa banjir tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya curah hujan, tetapi juga oleh kondisi topografi yang mengatur pergerakan limpasan permukaan (Chan dkk., 2022; Kaya & Derin, 2023). Dalam sistem

daerah aliran sungai (DAS), air hujan yang jatuh ke permukaan akan berubah menjadi limpasan dan bergerak mengikuti bentuk permukaan wilayah menuju area yang lebih rendah (Cea & Costabile, 2022; Gupta & Govindaraju, 2023). Oleh karena itu, topografi menjadi faktor penting dalam memahami pola kerawanan banjir karena berperan dalam mengontrol arah aliran, kecepatan limpasan, dan potensi akumulasi air pada wilayah rendah (Desalegn & Mulu, 2021; Kaya & Derin, 2023; Nkonu et al., 2023).

Dalam kajian berbasis topografi, elevasi dan kemiringan lereng dipilih karena dapat merepresentasikan perbedaan karakter wilayah antara hulu dan hilir. Elevasi menunjukkan posisi suatu wilayah terhadap potensi penerimaan aliran, sedangkan kemiringan lereng menggambarkan kemampuan lahan dalam mempercepat atau memperlambat aliran permukaan. Al-Juaidi (2023) menegaskan pentingnya kemiringan lereng dalam membentuk pola limpasan dan kerawanan banjir, sementara Liu dkk. (2025) menunjukkan bahwa faktor topografi dapat menjelaskan variasi spasial kerawanan banjir.

Kondisi tersebut relevan dengan DAS Air Bengkulu yang memiliki perbedaan topografi cukup jelas antara wilayah hulu dan hilir. Bagian hulu cenderung berada pada elevasi lebih tinggi dan memiliki lereng yang lebih curam, sedangkan bagian hilir relatif lebih rendah, landai, dan berdekatan dengan kawasan perkotaan. Perbedaan ini dapat memengaruhi pergerakan limpasan dari hulu menuju hilir, sehingga wilayah hilir lebih berpotensi menjadi area akumulasi aliran permukaan. Kajian Faski dan Purnama (2021) serta Faski dkk. (2021) menunjukkan bahwa kondisi hidrometeorologi DAS Air Bengkulu perlu dipahami bersama dengan karakter fisik wilayahnya.

Permasalahan banjir di DAS Air Bengkulu telah dikaji melalui berbagai pendekatan, mulai dari pemodelan hidrologi, pemodelan genangan, perubahan penggunaan lahan, hingga evaluasi koefisien limpasan dan tata ruang. Gunawan (2021a, 2021b) serta Gunawan dkk. (2023) menunjukkan bahwa pemodelan hidrologi dan genangan dapat digunakan untuk memahami respons banjir di DAS Air Bengkulu, sedangkan Saraswati dkk. (2025) dan Sulistyio dkk. (2024) menegaskan bahwa karakteristik DAS, perubahan penggunaan lahan, koefisien limpasan, dan tata ruang memiliki keterkaitan dengan kejadian banjir. Namun, kajian-kajian tersebut belum secara khusus menempatkan elevasi dan kemiringan lereng sebagai kontrol topografi utama dalam membaca pola spasial kerawanan banjir di DAS Air Bengkulu.

Padahal, elevasi dan kemiringan lereng dapat digunakan untuk menunjukkan kecenderungan wilayah yang lebih berpotensi mengalami akumulasi limpasan, terutama pada bagian hilir DAS. Dengan demikian, pemetaan kerawanan banjir berbasis topografi diperlukan untuk memperjelas peran bentuk permukaan wilayah terhadap distribusi spasial daerah rawan banjir. Pendekatan ini penting karena tidak semua wilayah dalam satu DAS memiliki respons yang sama terhadap limpasan permukaan, terutama ketika terdapat perbedaan topografi yang jelas antara wilayah hulu dan hilir.

Untuk menjawab celah tersebut, penelitian ini memanfaatkan *Digital Elevation Model (DEM)* sebagai data spasial utama untuk menurunkan parameter elevasi dan kemiringan lereng. Penggunaan DEM penting karena kualitas dan resolusi data elevasi dapat memengaruhi hasil analisis kerawanan maupun pemodelan banjir, terutama pada wilayah dengan variasi topografi (Avand et al., 2022; Muthusamy et al., 2021). Parameter yang dihasilkan dari DEM kemudian dianalisis lebih lanjut melalui pendekatan GIS-AHP.

Analisis spasial dalam penelitian ini dilakukan menggunakan GIS karena mampu mengolah, mengintegrasikan, dan menampilkan data topografi dalam bentuk peta kerawanan. GIS sering dikombinasikan dengan AHP untuk menentukan bobot parameter berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap kerawanan banjir. Swain dkk. (2020) menunjukkan bahwa GIS-AHP dapat digunakan untuk menyusun peta kerawanan banjir berbasis parameter fisik wilayah, sedangkan Vojtek dan Vojteková (2019) menerapkan AHP dalam pemetaan kerawanan banjir pada skala spasial yang lebih luas. Pendekatan serupa juga digunakan dalam kajian terbaru seperti Pimenta dkk. (2025) dan Shrestha dkk. (2025), karena mampu mengubah parameter fisik menjadi informasi spasial yang lebih mudah diinterpretasikan.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerawanan banjir berbasis topografi menggunakan metode GIS-AHP di DAS Air Bengkulu. Parameter yang digunakan dibatasi pada elevasi dan kemiringan lereng yang diturunkan dari data DEMNAS. Kedua parameter tersebut direklasifikasi, diberi bobot menggunakan AHP, dan diintegrasikan melalui *weighted overlay* untuk menghasilkan peta kerawanan banjir berbasis topografi. Penelitian ini menempatkan topografi sebagai kontrol fisik awal, bukan sebagai satu-satunya penyebab banjir, sehingga hasilnya dapat memberikan informasi spasial awal untuk mengidentifikasi wilayah yang lebih berpotensi

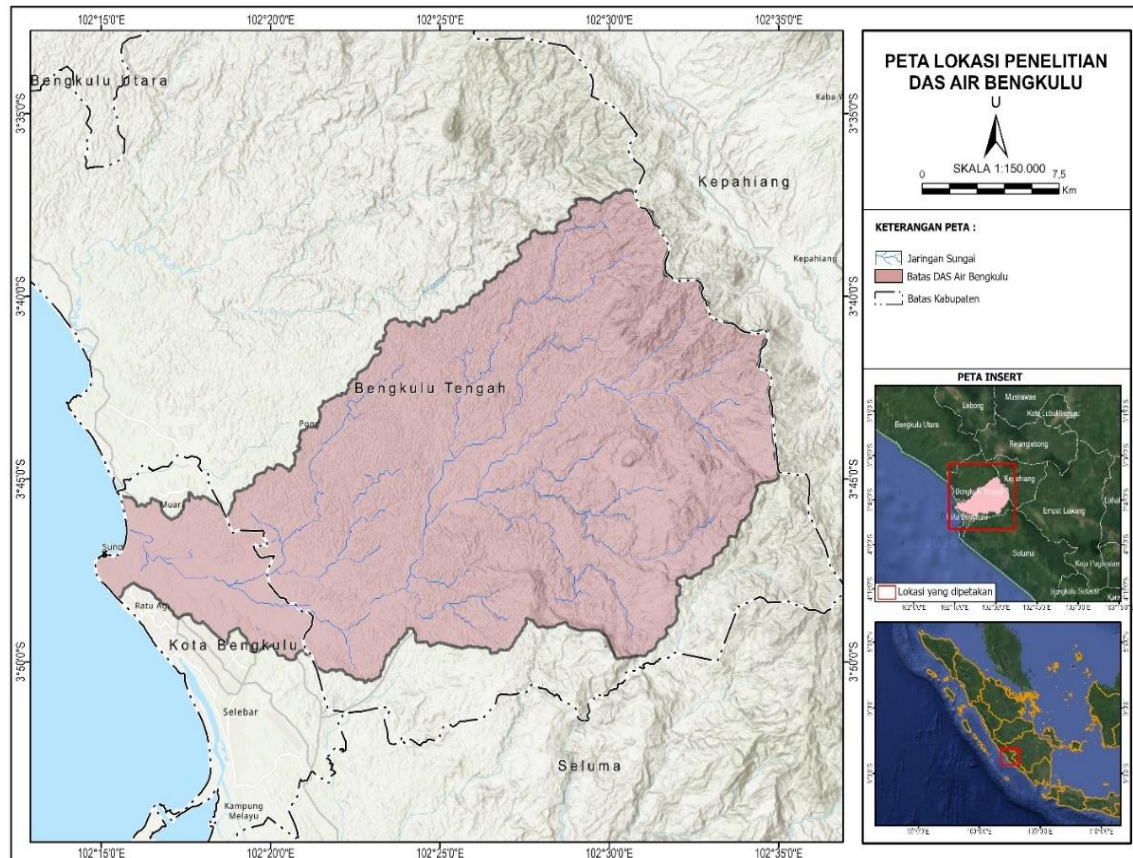
mengalami akumulasi limpasan, khususnya pada bagian hilir DAS Air Bengkulu.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Bengkulu, Provinsi Bengkulu. Secara geografis, DAS Air Bengkulu berada pada kisaran $102^{\circ}14'-102^{\circ}35'$ BT dan $3^{\circ}37'-3^{\circ}50'$ LS, dengan

luas sekitar 500,5 km². Lokasi ini dipilih karena memiliki perbedaan topografi yang jelas antara bagian hulu yang lebih tinggi dan curam serta bagian hilir yang lebih rendah, landai, dan berdekatan dengan kawasan perkotaan. Kondisi tersebut relevan untuk dianalisis dalam pemetaan kerawanan banjir berbasis topografi. Lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 1**.

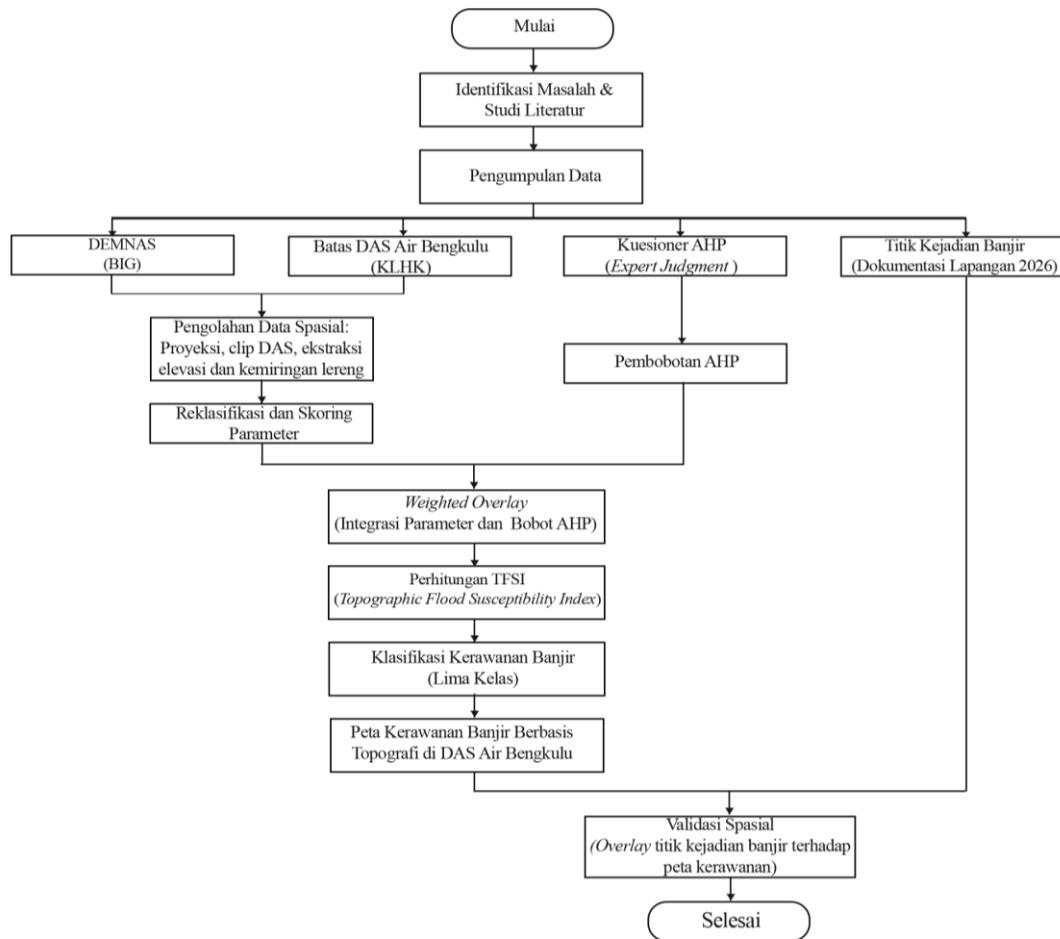


Gambar 1. Lokasi penelitian DAS Air Bengkulu
Sumber: Penulis, 2026.

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian disusun untuk memberikan gambaran mengenai tahapan pemetaan kerawanan banjir berbasis topografi di DAS Air Bengkulu. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah dan studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data spasial, reklasifikasi dan skoring parameter topografi, pembobotan menggunakan metode

Analytical Hierarchy Process (AHP), integrasi parameter melalui *weighted overlay*, perhitungan *Topographic Flood Susceptibility Index* (TFSI), klasifikasi tingkat kerawanan banjir, penyusunan peta kerawanan banjir berbasis topografi, serta validasi spasial menggunakan data kejadian banjir terverifikasi. Alur penelitian disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bagan alir penelitian pemetaan kerawanan banjir berbasis topografi menggunakan metode GIS-AHP di DAS Air Bengkulu
Sumber: Penulis, 2026.

Data Penelitian

Data penelitian terdiri atas DEMNAS yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), batas DAS Air Bengkulu dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 50 titik kejadian banjir terverifikasi dari dokumentasi lapangan, serta kuesioner AHP untuk memperoleh

bobot parameter. DEMNAS digunakan untuk menurunkan parameter elevasi dan kemiringan lereng, batas DAS digunakan untuk membatasi wilayah analisis, titik kejadian banjir digunakan sebagai data pembanding dalam validasi spasial, sedangkan kuesioner AHP digunakan sebagai dasar penentuan bobot parameter. Rincian data penelitian disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data yang digunakan dalam penelitian

No	Data	Sumber	Format/Resolusi	Kegunaan
1	DEMNAS	BIG	Raster/8 m	Ekstraksi elevasi dan kemiringan lereng
2	Batas DAS Air Bengkulu	KLHK	Vektor/shapfile	Pembatas wilayah analisis
3	Titik kejadian banjir	Dokumentasi lapangan tahun 2026	Titik koordinat	Validasi spasial deskriptif
4	Kuesioner AHP	Akademisi dan praktisi sumber daya air di Provinsi Bengkulu	Kuesioner	Penentuan bobot parameter AHP

Sumber: Penulis, 2026.

Pengolahan Data Spasial

Pengolahan data spasial dilakukan menggunakan DEMNAS dan batas DAS Air Bengkulu. Data

DEMNAS terlebih dahulu disesuaikan sistem koordinatnya, kemudian dipotong berdasarkan batas DAS agar analisis hanya mencakup wilayah penelitian. DEMNAS hasil pemotongan

digunakan untuk menurunkan parameter elevasi dan kemiringan lereng sebagai dasar pemetaan kerawanan banjir berbasis topografi.

Reklasifikasi Parameter Topografi

Parameter elevasi dan kemiringan lereng direklasifikasi ke dalam lima kelas kerawanan dengan skor 1 sampai 5. Skoring parameter digunakan untuk mengubah data topografi menjadi nilai kerawanan yang dapat diintegrasikan dalam analisis GIS-AHP (Swain et al., 2020). Skor 1 menunjukkan kontribusi paling rendah, sedangkan skor 5 menunjukkan kontribusi paling tinggi

terhadap kerawanan banjir. Penentuan kelas dilakukan berdasarkan sebaran nilai parameter pada DAS Air Bengkulu, karakter topografi hulu–hilir, serta pendekatan skoring dalam pemetaan kerawanan banjir berbasis GIS-AHP. Wilayah dengan elevasi rendah dan lereng landai diberi skor lebih tinggi karena secara topografis lebih berpotensi menjadi zona akumulasi limpasan, sedangkan wilayah dengan elevasi tinggi dan lereng curam diberi skor lebih rendah karena cenderung berperan sebagai area pengaliran. Reklasifikasi parameter topografi disajikan pada

Tabel 2.

Tabel 2. Reklasifikasi parameter topografi

Parameter	Interval	Kelas Kerawanan	Skor
Elevasi (m)	< 50	Sangat tinggi	5
	50 – 100	Tinggi	4
	100 – 150	Sedang	3
	150 – 200	Rendah	2
	> 200	Sangat rendah	1
Kemiringan lereng (%)	0 – 5	Sangat tinggi	5
	5 – 10	Tinggi	4
	10 – 15	Sedang	3
	15 – 25	Rendah	2
	> 25	Sangat rendah	1

Sumber: Penulis, 2026.

Pembobotan Analytical Hierarchy Process

Pembobotan parameter dilakukan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1980) untuk menentukan tingkat kepentingan relatif antara elevasi dan kemiringan lereng terhadap kerawanan banjir berbasis topografi. Dalam penelitian ini, AHP diterapkan hanya pada dua parameter topografi sesuai dengan ruang lingkup penelitian. Tahapan AHP meliputi penentuan parameter yang akan dibandingkan, penyusunan matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison matrix*) menggunakan skala fundamental Saaty, normalisasi matriks untuk memperoleh bobot relatif masing-masing parameter, serta penerapan bobot pada proses *weighted overlay* untuk menghasilkan peta kerawanan banjir berbasis topografi. Pendekatan GIS-AHP banyak digunakan dalam pemetaan kerawanan banjir karena mampu mengintegrasikan parameter fisik melalui proses skoring dan pembobotan (Swain et al., 2020; Vojtek & Vojteková, 2019).

Nilai perbandingan berpasangan diperoleh melalui *expert judgment* menggunakan kuesioner AHP berdasarkan skala fundamental Saaty. Responden ahli berasal dari kalangan akademisi serta praktisi bidang sumber daya air di Provinsi Bengkulu yang

berasal dari Balai Wilayah Sungai Sumatera VII (BWSS VII) dan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) kabupaten/kota. Responden dipilih secara purposive berdasarkan kompetensi, pengalaman, dan keterlibatan dalam bidang hidrologi, sumber daya air, serta pengelolaan banjir sehingga mampu memberikan penilaian terhadap tingkat kepentingan masing-masing parameter. Berdasarkan hasil penilaian responden ahli, elevasi dinilai lebih penting dibandingkan kemiringan lereng dalam memengaruhi kerawanan banjir berbasis topografi. Oleh karena itu, digunakan nilai perbandingan berpasangan sebesar 2:1 sesuai skala fundamental Saaty sebagai dasar penyusunan matriks AHP.

Penilaian tersebut sejalan dengan karakteristik topografi DAS Air Bengkulu, di mana wilayah berelevasi rendah cenderung menjadi lokasi akumulasi limpasan permukaan, sedangkan kemiringan lereng berperan dalam mengendalikan kecepatan aliran. Temuan ini juga didukung oleh berbagai penelitian yang menyatakan bahwa elevasi dan kemiringan lereng merupakan parameter penting dalam pemetaan kerawanan banjir (Al-Juaidi, 2023; Kaya & Derin, 2023; Liu et al., 2025). Matriks perbandingan berpasangan parameter topografi disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Matriks perbandingan berpasangan parameter topografi

Parameter	Elevasi	Kemiringan Lereng
Elevasi	1	2
Kemiringan Lereng	1/2	1

Sumber: Penulis, 2026.

Matriks perbandingan berpasangan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa elevasi memiliki tingkat kepentingan lebih tinggi dibandingkan kemiringan lereng dengan nilai perbandingan 2:1. Nilai tersebut kemudian dinormalisasi untuk memperoleh bobot relatif masing-masing parameter yang selanjutnya digunakan pada proses *weighted overlay*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa elevasi memiliki bobot sebesar 0,667, sedangkan kemiringan lereng memiliki bobot sebesar 0,333. Bobot parameter topografi disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Bobot parameter topografi

Parameter	Bobot
Elevasi	0,667
Kemiringan Lereng	0,333

Sumber: Penulis, 2026.

Karena matriks AHP hanya terdiri atas dua parameter dan disusun secara resiprokal, matriks berada dalam kondisi konsisten sehingga bobot yang dihasilkan dapat digunakan dalam proses *weighted overlay*. Meskipun demikian, bobot tersebut tetap dipahami sebagai pendekatan berbasis topografi, bukan sebagai representasi penuh dari seluruh faktor penyebab banjir.

Weighted Overlay dan Perhitungan TFSI

Setelah parameter elevasi dan kemiringan lereng direklasifikasi serta diberi bobot, kedua parameter diintegrasikan menggunakan metode *weighted overlay*. Proses ini dilakukan dengan mengalikan skor setiap parameter dengan bobot AHP, kemudian menjumlahkannya untuk menghasilkan nilai kerawanan banjir berbasis topografi. Dalam penelitian ini, nilai tersebut disebut sebagai *Topographic Flood Susceptibility Index* (TFSI), yaitu indeks operasional yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kerawanan banjir berdasarkan kombinasi elevasi dan kemiringan lereng. TFSI tidak dimaksudkan sebagai formulasi indeks baru, tetapi sebagai hasil integrasi spasial dari dua parameter topografi yang telah diberi skor dan bobot.

$$TFSI = (We \times Se) + (Ws \times Ss) \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

TFSI = *Topographic Flood Susceptibility Index*

We = bobot elevasi

Ws = bobot kemiringan lereng

Se = skor elevasi

Ss = skor kemiringan lereng

Nilai TFSI yang dihasilkan kemudian diklasifikasikan ke dalam lima kelas kerawanan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Penentuan batas kelas dilakukan menggunakan metode *Natural Breaks* (Jenks) pada perangkat lunak GIS agar pembagian kelas mengikuti variasi nilai hasil overlay pada DAS Air Bengkulu.

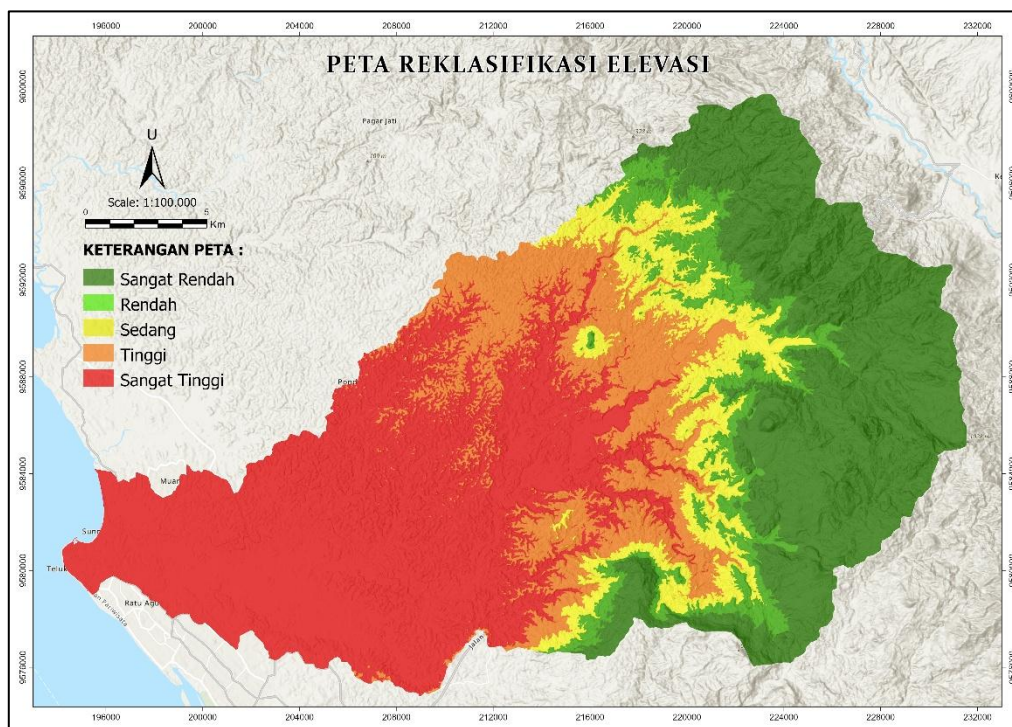
Validasi Spasial

Validasi spasial dilakukan menggunakan data kejadian banjir terverifikasi yang diperoleh dari dokumentasi lapangan tahun 2026. Lokasi kejadian banjir ditumpangtindihkan dengan peta kerawanan banjir berbasis topografi untuk melihat kesesuaian spasial antara kejadian banjir terdokumentasi dan wilayah rawan hasil pemetaan. Penggunaan data kejadian banjir sebagai pembanding hasil pemetaan telah digunakan dalam kajian kerawanan banjir berbasis GIS-AHP (Pimenta et al., 2025; Swain et al., 2020). Validasi ini bersifat deskriptif, bukan sebagai ukuran akurasi statistik, karena penelitian ini hanya menggunakan parameter topografi dan belum melibatkan faktor lain seperti curah hujan, penggunaan lahan, karakteristik tanah, kapasitas drainase, dan kondisi sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Elevasi

Hasil reklasifikasi elevasi menunjukkan bahwa wilayah DAS Air Bengkulu didominasi oleh kelas elevasi <50 m dengan luas 200,50 km² atau 40,06% dari total wilayah analisis. Kelas ini termasuk kategori kerawanan sangat tinggi dan banyak tersebar pada bagian hilir DAS, sehingga menunjukkan potensi sebagai zona penerima dan akumulasi limpasan dari bagian hulu. Sebaliknya, kelas elevasi >200 m mencakup 147,22 km² atau 29,41% dan umumnya berada pada bagian hulu DAS yang cenderung berperan sebagai area pengaliran. Temuan ini sejalan dengan kajian Kaya dan Derin (2023) serta Liu dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa faktor topografi, termasuk elevasi, berperan dalam menjelaskan variasi spasial kerawanan banjir. Sebaran spasial hasil reklasifikasi elevasi ditampilkan pada **Gambar 3**, sedangkan rincian luas kelas elevasi DAS Air Bengkulu disajikan pada **Tabel 5**



Gambar 3. Peta reklasifikasi elevasi DAS Air Bengkulu
Sumber: Penulis, 2026.

Tabel 5. Luas kelas elevasi DAS Air Bengkulu

Elevasi (m)	Kelas Kerawanan	Skor	Luas (km ²)	Persentase (%)
< 50	Sangat tinggi	5	200,50	40,06
50 – 100	Tinggi	4	75,50	15,09
100 – 150	Sedang	3	42,35	8,46
150 – 200	Rendah	2	34,93	6,98
> 200	Sangat rendah	1	147,22	29,41

Sumber: Penulis, 2026.

Hasil Analisis Kemiringan Lereng

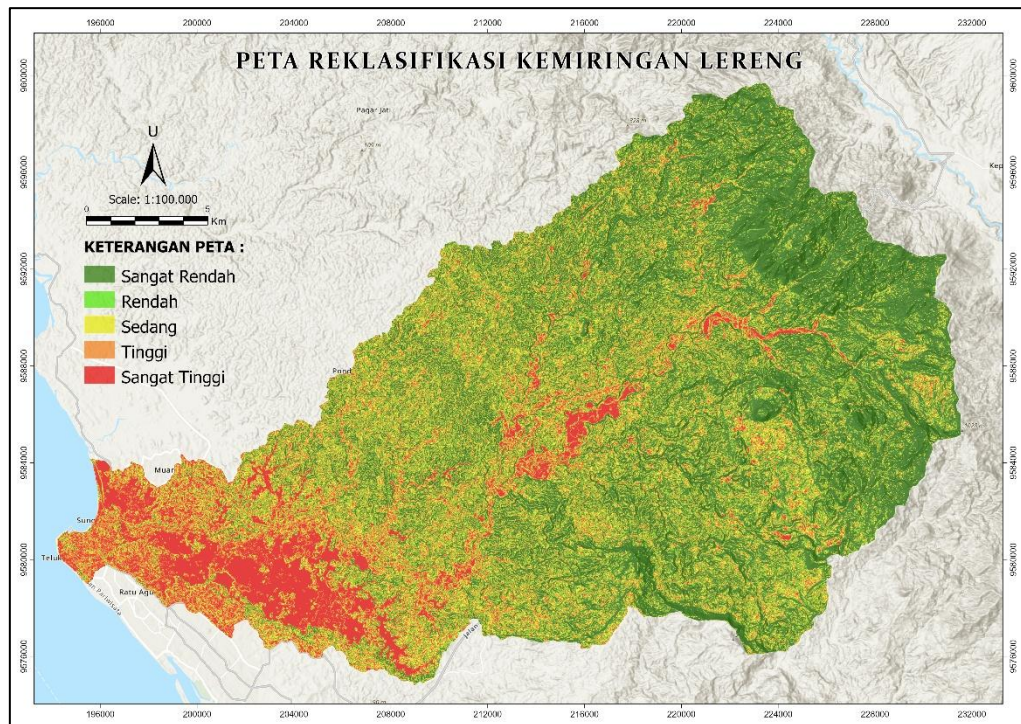
Hasil reklasifikasi kemiringan lereng menunjukkan bahwa kelas lereng >25% memiliki luas terbesar, yaitu 188,49 km² atau 37,73% dari total wilayah analisis. Kelas ini umumnya tersebar pada bagian hulu DAS dan menunjukkan karakter topografi yang lebih curam, sehingga cenderung berperan sebagai area pengaliran. Sementara itu, kelas lereng 0–5% mencakup 56,47 km² atau 11,30% dan banyak ditemukan pada bagian hilir DAS. Lereng

datar hingga landai dapat memperlambat aliran permukaan sehingga air lebih mudah tertahan dan membentuk genangan. Hal ini sejalan dengan Al-Juaidi (2023) yang menjelaskan bahwa kemiringan lereng berperan dalam membentuk pola limpasan dan kerawanan banjir. Sebaran spasial hasil reklasifikasi kemiringan lereng ditampilkan pada **Gambar 4**, sedangkan rincian luas kelas kemiringan lereng DAS Air Bengkulu disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Luas kelas kemiringan lereng DAS Air Bengkulu

Kemiringan Lereng (%)	Kelas Kerawanan	Skor	Luas (km ²)	Persentase (%)
0 – 5	Sangat tinggi	5	56,47	11,30
5 – 10	Tinggi	4	61,62	12,34
10 – 15	Sedang	3	64,07	12,83
15 – 25	Rendah	2	128,87	25,80
> 25	Sangat rendah	1	188,49	37,73

Sumber: Penulis, 2026.



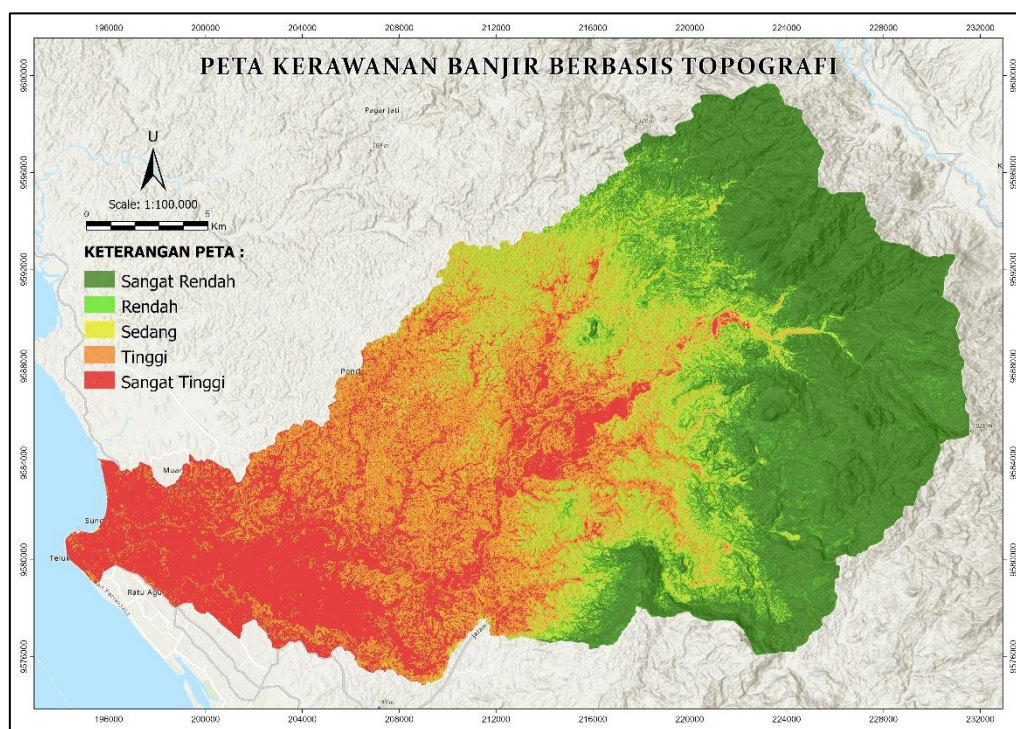
Gambar 4. Peta reklasifikasi kemiringan lereng DAS Air Bengkulu
Sumber: Penulis, 2026.

Peta Kerawanan Banjir Berbasis Topografi

Peta kerawanan banjir berbasis topografi diperoleh dari integrasi parameter elevasi dan kemiringan lereng melalui metode *weighted overlay*. Parameter elevasi diberi bobot 0,667, sedangkan kemiringan lereng diberi bobot 0,333 berdasarkan hasil pembobotan AHP. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa kelas kerawanan sangat rendah memiliki luas terbesar, yaitu 152,89 km² atau 30,61% dari wilayah hasil klasifikasi. Kelas ini umumnya tersebar pada bagian hulu DAS yang memiliki elevasi lebih tinggi dan kemiringan lereng relatif curam.

Kelas kerawanan tinggi memiliki luas 104,49 km² atau 20,92%, sedangkan kelas sangat tinggi mencakup 121,21 km² atau 24,27%. Jika digabungkan, kelas tinggi dan sangat tinggi mencakup 225,70 km² atau 45,19% dari wilayah hasil klasifikasi. Sebaran kelas tinggi hingga sangat

tinggi terutama berada pada bagian hilir hingga tengah DAS yang memiliki elevasi lebih rendah dan kemiringan lereng lebih landai. Kondisi ini menunjukkan bahwa wilayah hilir memiliki kecenderungan lebih besar sebagai zona akumulasi limpasan permukaan berdasarkan kontrol topografi. Pola tersebut sejalan dengan konsep bahwa wilayah berelevasi rendah dan berlereng landai lebih berpotensi mengalami akumulasi air dibandingkan wilayah yang lebih tinggi dan curam (Al-Juaidi, 2023; Kaya & Derin, 2023; Liu et al., 2025). Luas total hasil klasifikasi kerawanan banjir berbasis topografi adalah 499,51 km². Perbedaan kecil dengan luas DAS pada deskripsi lokasi disebabkan oleh proses pengolahan raster, terutama pada tahap pemotongan data, reklasifikasi, dan *weighted overlay*. Sebaran spasial peta kerawanan banjir berbasis topografi ditampilkan pada **Gambar 5**, sedangkan rincian luas setiap kelas kerawanan disajikan pada **Tabel 7**.



Gambar 5. Peta kerawanan banjir berbasis topografi DAS Air Bengkulu
Sumber: Penulis, 2026.

Tabel 7. Luas kelas kerawanan banjir berbasis topografi DAS Air Bengkulu

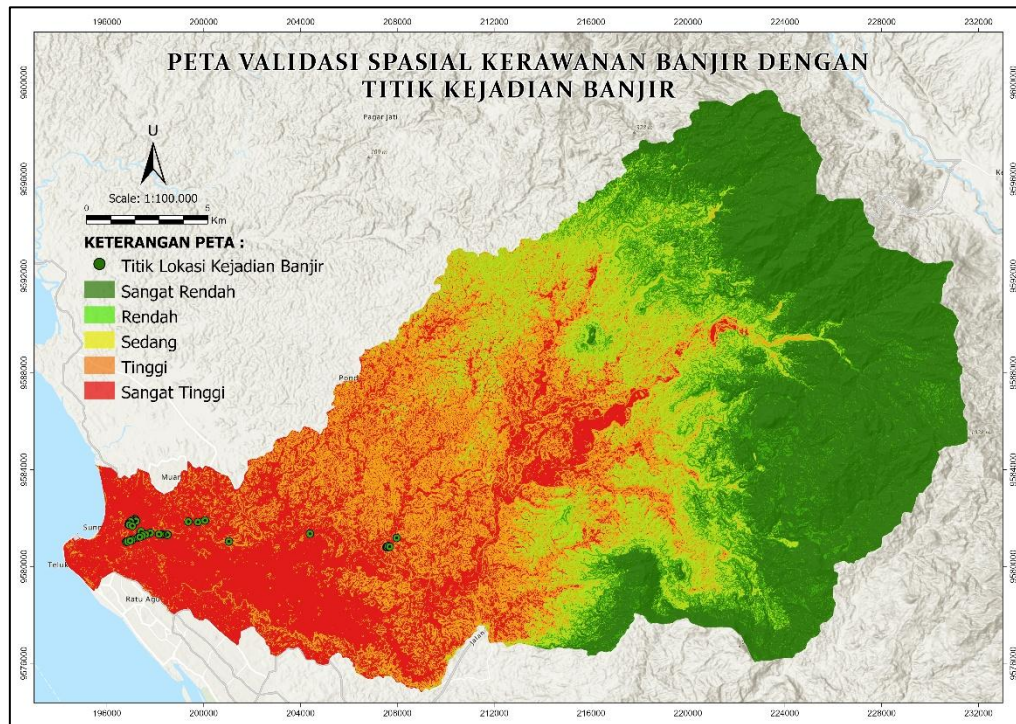
Kelas Kerawanan	Luas (km ²)	Persentase (%)
Sangat tinggi	121,21	24,27
Tinggi	104,49	20,92
Sedang	77,83	15,58
Rendah	43,09	8,63
Sangat rendah	152,89	30,61

Sumber: Penulis, 2026.

Hasil Validasi Spasial

Validasi spasial dilakukan menggunakan data kejadian banjir terverifikasi yang diperoleh dari dokumentasi lapangan pada tahun 2026. Data tersebut digunakan untuk memastikan bahwa lokasi yang dianalisis merupakan lokasi yang

benar-benar mengalami kejadian banjir. Selanjutnya, lokasi kejadian banjir ditumpangtindihkan dengan peta kerawanan banjir berbasis topografi untuk melihat kesesuaian spasial antara kejadian banjir terdokumentasi dan wilayah rawan hasil pemetaan. Penggunaan data kejadian banjir sebagai pembanding hasil pemetaan telah digunakan dalam kajian kerawanan banjir berbasis GIS-AHP (Pimenta et al., 2025; Swain et al., 2020). Validasi ini bersifat deskriptif, bukan sebagai ukuran akurasi statistik, karena penelitian ini hanya menggunakan parameter topografi dan belum melibatkan faktor lain seperti curah hujan, penggunaan lahan, karakteristik tanah, kapasitas drainase, dan kondisi sungai.



Gambar 6. Overlay data kejadian banjir terverifikasi terhadap peta kerawanan banjir berbasis topografi di DAS Air Bengkulu

Sumber: Penulis, 2026.

Hasil *overlay* menunjukkan adanya kesesuaian spasial antara data kejadian banjir terverifikasi dan wilayah yang teridentifikasi rawan berdasarkan peta kerawanan banjir berbasis topografi. Temuan ini menunjukkan bahwa lokasi banjir terdokumentasi berada pada pola kerawanan yang sesuai dengan hasil pemetaan berbasis elevasi dan kemiringan lereng. Namun, hasil ini tidak dimaksudkan untuk menyatakan akurasi kelas kerawanan secara statistik, melainkan untuk memperkuat interpretasi pola kerawanan secara deskriptif.

Pembahasan Umum

Hasil penelitian menunjukkan bahwa elevasi dan kemiringan lereng berperan dalam membentuk pola kerawanan banjir berbasis topografi di DAS Air Bengkulu. Wilayah dengan elevasi rendah dan lereng landai cenderung memiliki kerawanan lebih tinggi karena mendukung perlambatan aliran dan akumulasi limpasan permukaan. Sebaliknya, wilayah dengan elevasi lebih tinggi dan lereng curam cenderung berperan sebagai area pengaliran, sehingga potensi genangan lokal relatif lebih rendah. Temuan ini sejalan dengan kajian Kaya dan Derin (2023), Al-Juaidi (2023), serta Liu dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa topografi berperan penting dalam membentuk pola spasial kerawanan banjir.

Pola kerawanan menunjukkan perbedaan yang jelas antara bagian hulu dan hilir DAS Air

Bengkulu. Bagian hulu cenderung didominasi kelas kerawanan rendah hingga sangat rendah, sedangkan bagian hilir hingga tengah DAS lebih banyak berada pada kelas tinggi hingga sangat tinggi. Kelas tinggi dan sangat tinggi mencakup 225,70 km² atau 45,19% dari wilayah hasil klasifikasi. Hasil *overlay* dengan data kejadian banjir terverifikasi menunjukkan adanya kesesuaian spasial antara lokasi banjir terdokumentasi dan wilayah yang teridentifikasi rawan berdasarkan peta kerawanan banjir berbasis topografi.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini perlu dipahami sebagai pemetaan kerawanan awal berbasis topografi. Kejadian banjir tetap dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti curah hujan, penggunaan lahan, karakteristik tanah, kapasitas drainase, dan kondisi sungai. Oleh karena itu, hasil penelitian ini lebih tepat digunakan sebagai informasi spasial awal dalam identifikasi wilayah prioritas mitigasi banjir, khususnya pada bagian hilir DAS Air Bengkulu.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa elevasi dan kemiringan lereng dapat digunakan untuk menggambarkan pola kerawanan banjir berbasis topografi di DAS Air Bengkulu. Hasil analisis elevasi menunjukkan bahwa wilayah dengan elevasi <50 m mencakup 200,50 km² atau 40,06% dari wilayah penelitian dan banyak tersebar pada bagian hilir DAS. Sementara itu, hasil analisis

kemiringan lereng menunjukkan bahwa kelas lereng 0–5% mencakup 56,47 km² atau 11,30% dan juga banyak ditemukan pada wilayah hilir yang relatif landai.

Hasil integrasi kedua parameter melalui metode GIS-AHP menghasilkan peta kerawanan banjir berbasis topografi dengan kelas sangat tinggi seluas 121,21 km² atau 24,27% dan kelas tinggi seluas 104,49 km² atau 20,92%. Jika digabungkan, kelas tinggi dan sangat tinggi mencakup 225,70 km² atau 45,19% dari wilayah hasil klasifikasi. Sebaran kelas tersebut terutama berada pada bagian hilir hingga tengah DAS, sehingga menunjukkan bahwa wilayah berelevasi rendah dan berlereng landai memiliki kecenderungan lebih besar sebagai zona akumulasi limpasan permukaan.

Validasi spasial menggunakan data kejadian banjir terverifikasi menunjukkan adanya kesesuaian spasial antara lokasi banjir terdokumentasi dan wilayah yang teridentifikasi rawan berdasarkan peta kerawanan banjir berbasis topografi. Namun, hasil penelitian ini perlu dipahami sebagai pemetaan kerawanan awal berbasis topografi, bukan sebagai representasi penuh dari seluruh faktor penyebab banjir. Faktor lain seperti curah hujan, penggunaan lahan, karakteristik tanah, kapasitas drainase, dan kondisi sungai dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya untuk menghasilkan pemetaan kerawanan banjir yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Juaidi, A. (2023). The interaction of topographic slope with various geo-environmental flood-causing factors on flood prediction and susceptibility mapping. *Environmental Science and Pollution Research*, 30. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26616-y>
- Avand, M., Kuriqi, A., Khazaei, M., & Ghorbanzadeh, O. (2022). DEM resolution effects on machine learning performance for flood probability mapping. *Journal of Hydro-Environment Research*, 40(November 2021), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2021.10.002>
- Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Indrajaya, Y., Pramono, I. B., Nugroho, N. P., Supangat, A. B., Indrawati, D. R., Savitri, E., Wahyuningrum, N., Purwanto, Cahyono, S. A., Putra, P. B., Adi, R. N., Nugroho, A. W., Auliyani, D., Wuryanta, A., Riyanto, H. D., Harjadi, B., Yudilastyantoro, C., ... Simarmata, D. P. (2022). Improvement of Integrated Watershed Management in Indonesia for Mitigation and Adaptation to Climate Change: A Review. *Sustainability* (Switzerland), 14(16), 1–41. <https://doi.org/10.3390/su14169997>
- Cea, L., & Costabile, P. (2022). Flood Risk in Urban Areas: Modelling, Management and Adaptation to Climate Change: A Review. *Hydrology*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/hydrology9030050>
- Chan, S. W., Abid, S. K., Sulaiman, N., Nazir, U., & Azam, K. (2022). A systematic review of the flood vulnerability using geographic information system. *Heliyon*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09075>
- Desalegn, H., & Mulu, A. (2021). Flood vulnerability assessment using GIS at Fetam watershed, upper Abbay basin, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1), e05865. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05865>
- Faski, G. I. S. L., & Purnama, I. L. S. (2021). The Impact of Global Climate Change to Climate Condition of Bengkulu Watershed, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 325. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132508010>
- Faski, G. I. S. L., Purnama, I. L. S., & Suprayogi, S. (2021). Application of hydrometeorological data to analyze water balance conditions in Bengkulu watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 893(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/893/1/012078>
- Gunawan, G. (2021a). Flood modelling of Air Bengkulu Watershed, Indonesia, using SUH and HEC-HMS. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 871(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/871/1/012033>
- Gunawan, G. (2021b). Hydrological modelling of Air Bengkulu river watershed in Indonesia using SUH and HEC-HMS models. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1173(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1173/1/012021>
- Gunawan, G., Misliniyati, R., Kurnia, I., & Saputra, T. (2023). Pemodelan Genangan Banjir Sub DAS Bengkulu Hilir Berbasis Ras Mapper dan Arc-Gis 10 . 8. *Media Komunkasi Teknik Sipil*, 29(1), 84–92. <https://doi.org/10.14710/mkts.v29i1.53915>
- Gupta, A., & Govindaraju, R. S. (2023). Uncertainty quantification in watershed hydrology : Which method to use ? *Journal of Hydrology*, 616(October 2022), 128749.

- <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128749>
- Kaya, C. M., & Derin, L. (2023). Parameters and methods used in flood susceptibility mapping: a review. *Journal of Water and Climate Change*, 14(6), 1935–1960. <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.035>
- Liu, J., Zhao, X., Chen, Y., Sun, H., Gu, Y., & Xu, S. (2025). A novel flood conditioning factor based on topography for flood susceptibility modeling. *Geoscience Frontiers*, 16(1). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101960>
- Muthusamy, M., Casado, M. R., Butler, D., & Leinster, P. (2021). Understanding the effects of Digital Elevation Model resolution in urban fluvial flood modelling. *Journal of Hydrology*, 596(February), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126088>
- Nkonu, R. S., Antwi, M., Amo-Boateng, M., & Dekongmen, B. W. (2023). GIS-based multi-criteria analytical hierarchy process modelling for urban flood vulnerability analysis, Accra Metropolis. *Natural Hazards*, 117(2), 1541–1568. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05915-0>
- Pimenta, L., Duarte, L., Teodoro, A. C., Beltrão, N., Gomes, D., & Oliveira, R. (2025). GIS-Based Flood Susceptibility Mapping Using AHP in the Urban Amazon: A Case Study of Ananindeua, Brazil. *Land*, 14(8), 1–23. <https://doi.org/10.3390/land14081543>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- Saraswati, G. S., Asdak, C., & Joy, B. (2025). Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Bengkulu dan Perubahan Penggunaan Lahannya dalam Kaitannya dengan Kejadian Banjir. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(4), 915–922. <https://doi.org/10.14710/jil.23.4.915-922>
- Shrestha, S., Dahal, D., Poudel, B., Banjara, M., & Kalra, A. (2025). Flood Susceptibility Analysis with Integrated Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process: A Multi-Criteria Framework for Risk Assessment and Mitigation. *Water (Switzerland)*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/w17070937>
- Sulistyo, B., Adiprasetyo, T., Murcitra, B. G., Purwadi, A. J., & Listyaningrum, N. (2024). Runoff Coefficient in the Air Bengkulu Watershed and the Evaluation of the Existing Spatial Planning. *Indonesian Journal of Geography*, 56(2), 277–287. <https://doi.org/10.22146/ijg.91397>
- Swain, K. C., Singha, C., & Nayak, L. (2020). Flood susceptibility mapping through the GIS-AHP technique using the cloud. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/ijgi9120720>
- Vojtek, M., & Vojteková, J. (2019). Flood susceptibility mapping on a national scale in Slovakia using the analytical hierarchy process. *Water (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/w11020364>
- Wasko, C., Westra, S., Nathan, R., Orr, H. G., Villarini, G., Villalobos Herrera, R., & Fowler, H. J. (2021). Incorporating climate change in flood estimation guidance. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 379(2195), 1–24. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0548>