

# Pemetaan Zonasi Banjir Bandang Menggunakan Metode Frekuensi Rasio dan Weight of Evidence di Sumberjambe Jember

*Flash Flood Zonation Mapping Using Frequency Ratio and Weight of Evidence Methods in Sumberjambe, Jember*

Afif Amiluddin<sup>1\*</sup>, Icha Tatrisya Derka<sup>1</sup>, Maulida Faradella<sup>1</sup>,  
Devi Hanurani Sugianti<sup>1</sup>, Katminto<sup>1</sup>, Elida Novita<sup>2</sup>, Entin Hidayah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mochammad Sroedji, Jember 68124, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jember 68121, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember 68121, Indonesia

\*E-mail: afif@umsj.ac.id

Diterima: 25 Februari 2026; Disetujui: 17 Maret 2026

---

## ABSTRAK

Bencana banjir bandang di kecamatan Sumberjambe mengakibatkan kerusakan saluran air bersih bagi masyarakat. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya informasi area yang aman untuk pemasangan pipa air bersih. Hal ini menunjukkan diperlukannya informasi mengenai zonasi area banjir bandang, sebagai bentuk antisipasi dan mitigasi supaya tidak berdampak serupa dan mengurangi potensi korban jiwa. Tujuan umum Penelitian ini adalah membuat peta zonasi bencana banjir bandang berbasis Sistem Informasi geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh. Tujuan Khusus penelitian mencakup, Identifikasi dan inventarisasi data berbasis survei lapangan dan penginderaan jauh. Menentukan faktor alam yang berpengaruh yaitu, Elevasi, Kemiringan Tanah, Indeks kesehatan tanaman (NDVI), Tata Guna Lahan, Jarak Terhadap Sungai, Kepadatan Sungai, dan Indeks Kelembapan Topografi (TWI). Menentukan faktor yang memiliki kontribusi besar terhadap kejadian menggunakan statistik bivariat Frekuensi Rasio (FR) dan Weight of Evidence (WoE). Penelitian ini terdiri dari survei lapangan kejadian banjir bandang, pembagian sampel, inventarisasi data faktor, perhitungan bobot faktor, perhitungan faktor dan Analisis Area Under the Curve (AUC). Hasil evaluasi AUC menunjukkan tingkat akurasi FR 0.96 dan WoE 0.82, FR menghasilkan model dengan akurasi yang lebih baik di wilayah studi.

**Kata kunci:** Banjir bandang; pemetaan kerentanan; sistem informasi geografis; penginderaan jauh; rasio frekuensi; weight of evidence; mitigasi bencana

---

## ABSTRACT

*Flash flood disasters in Sumberjambe District have caused damage to clean water supply systems. This condition highlights the need for information on safe areas for clean water pipeline installation, indicating the importance of flash flood zoning as a measure for anticipation and mitigation to prevent similar impacts and reduce potential loss of life. The main objective of this study is to produce a flash flood susceptibility zoning map based on Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing. This study involves the identification and inventory of data obtained from field surveys and remote sensing, the determination of natural factors influencing flash flood occurrences, and the evaluation of factor contributions using bivariate statistical methods, namely Frequency Ratio (FR) and Weight of Evidence (WoE). The analyzed factors include elevation, slope, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), land use, distance to rivers, river density, and the Topographic Wetness Index (TWI). The research integrates flash flood field surveys, sample partitioning, factor data inventory, factor weight calculation, susceptibility mapping, and model validation using Area Under the Curve (AUC) analysis. The AUC evaluation results show that the FR model achieved an accuracy value of 0.96, while the WoE model obtained an accuracy value of 0.82, indicating that the FR method provides better predictive performance in the study area.*

**Keywords:** Flash floods; frequency ratio; geographic information system; google earth engine; community; weight of evidence

## PENDAHULUAN

Banjir bandang merupakan salah satu bencana alam yang berpengaruh langsung terhadap area yang dilalui dan berakibat pada kerusakan lingkungan, kerugian ekonomi dan keselamatan masyarakat (Yariyan et al., 2020). Bencana banjir bandang memiliki tingkat kerumitan tinggi, dikarenakan banyak faktor yang berkontribusi dalam hal ini (Parajuli et al., 2023). Kecamatan Sumberjambe merupakan kawasan di wilayah lereng Gunung Raung yang baru – baru ini terjadi banjir bandang pada tanggal 11 Januari 2025, dampak langsung bencana ini adalah kerusakan area persawahan masyarakat dan rusaknya fasilitas saluran air bersih. Rusaknya saluran air bersih mengakibatkan masyarakat Desa Sumberjambe mengalami krisis air bersih,

dan berdampak langsung pada kesehatan, ekonomi dan sosial masyarakat (Negese et al., 2022; Tariq et al., 2022). Dari permasalahan sulitnya air bersih seperti sumur, Masyarakat berinisiatif memasang pipa dari sumber mata air untuk menyuplai air bersih ke rumah masing-masing, pemasangan yang seadanya dan posisi pipa melewati area sungai sangat berpotensi terjadinya kerusakan. Pengurangan tingkat kerusakan saluran air ini dapat diminimalisir dengan mempertimbangkan faktor posisi penempatan pipa air bersih terhadap kejadian bencana. Salah satu upaya dalam mengurangi ancaman kerusakan pipa air bersih, adalah dengan mengetahui area yang aman dan tidak aman. Dengan menggunakan Sistem informasi geografis dan penginderaan jauh, untuk membuat peta

zonasi kawasan banjir bandang (Aprilia et al., 2021). Potensi terjadinya banjir bandang sangat mungkin dialami di kawasan kecamatan Sumberjambe di lain hari, meninjau posisi topografis, iklim, model lingkungan dan pola perubahan iklim yang sulit diprediksi maka upaya mitigasi menjadi sangat penting (Cea & Costabile, 2022). Dari identifikasi faktor lingkungan, di gunakanlah data model spasial untuk penyusunan model banjir bandang (Majeed et al., 2023; Maulana et al., 2023; Tariq et al., 2022). Penyusunan data menggunakan metode konvensional multi platform sangat memakan waktu karena pemilihan data harus satu-persatu melalui website penyedia. Sehingga dalam efisiensi waktu akan digunakan metode *cloud computing* yaitu *Google earth Engine* (GEE), dengan menyusun kode algoritma data akan didapatkan grafik pola spasio-temporal untuk faktor NDVI (Abdollahi et al., 2023; Benedict & Jaelani, 2021; Maillard et al., 2023; Peng et al., 2025). Data model yang didapatkan membutuhkan input nilai bobot di setiap faktornya, hal tersebut untuk mengetahui kontribusi kejadian di setiap faktor. Nilai setiap faktor didapatkan dengan menghubungkan sampel kejadian dengan statistik bivariat FR dan WoE (Chowdhury, 2024; Rani Mahanta & Singh Rawat, 2020). Hasil Peta zonasi ini bisa digunakan sebagai informasi dasar dalam penyusunan pipa air bersih. Oleh karena itu penelitian ini fokus pada penyusunan peta zonasi rawan bencana beserta informasi faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian banjir bandang.

Tujuan penelitian ini adalah menyusun peta zonasi banjir bandang di kecamatan Sumberjambe menggunakan metode frekuensi rasio dan wofe, dengan menggunakan data penginderaan jauh Cloud Computing dan sistem informasi geografis untuk mendapatkan hasil peta yang memiliki resolusi tinggi dan memiliki akurasi yang tinggi. Hasil pemodelan akan divalidasi dengan data survei lapangan, metode evaluasi ini sangat cocok dalam mengetahui hubungan antara model dengan kejadian adalah menggunakan *Receiver operating Characteristic* (ROC) (Costache, 2019; Costache et al., 2021). Pendekatan pemecahan masalah ini sangat kuat dalam menyusun peta zonasi banjir bandang dan memiliki keandalan tinggi.

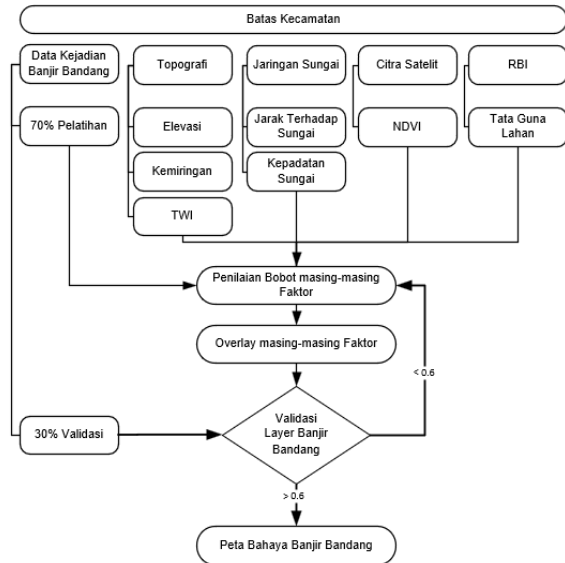
Metodologi konvensional yang pernah digunakan memakan waktu karena harus mencari penilaian bobot yang sesuai dengan kondisi area. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengujian metode FR dan WoE dalam menyusun bobot secara internal sesuai dengan area yang diteliti. Pada skala kecamatan. Secara umum penelitian terdahulu menerapkan kedua metode tersebut pada skala Daerah Aliran Sungai (DAS) atau wilayah regional, sehingga performanya pada batas administratif yang lebih spesifik tingkat kecamatan masih jarang dikaji. Selain itu mengetahui kinerja model secara kuantitatif menggunakan analisis ROC, untuk menilai metode yang paling sesuai dalam mendukung mitigasi banjir bandang secara khusus tingkat kecamatan .

**METODOLOGI**

Penelitian ini di mulai pada bulan Mei - Agustus, di musim kemarau di Kecamatan Sumberjambe, Kabupaten Jember Jawa Timur. Tahapan penelitian dibagi menjadi tiga tahap. Tahap satu adalah inventarisasi data survei dan spasial. Tahap dua pengolahan data, Tahap tiga validasi dan layouting. Adapun tahapan dalam diagram alir Gambar 2.

**Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen survey dan Analisa spasial seperti, *PC Workstation, Quantum GIS, Google earth Engine*, dan *Smartphone* untuk survei digitasi banjir bandang.



Gambar 2. Metodologi penelitian

Tabel 1. Bahan penelitian

No	Data	Resolusi	Sumber
1	Elevasi	10m	www.tanahair.com
2	Kemiringan	10m	Turunan dari Elevasi
3	TWI	10m	Turunan dari Elevasi
4	Jarak Terhadap Sungai	10m	Turunan dari jaringan sungai
5	River Density	10m	Turunan dari jaringan sungai
6	NDVI	10m	Sentinel 2B
7	Landuse	10m	www.tanahair.com

Bahan penelitian ini mencakup beberapa data spasial utama dan turunan. Data utama mencakup DEMNAS, Peta Jaringan Sungai, Peta NDVI dan Peta administrasi. Data turunan di sebutkan dalam Tabel 1.

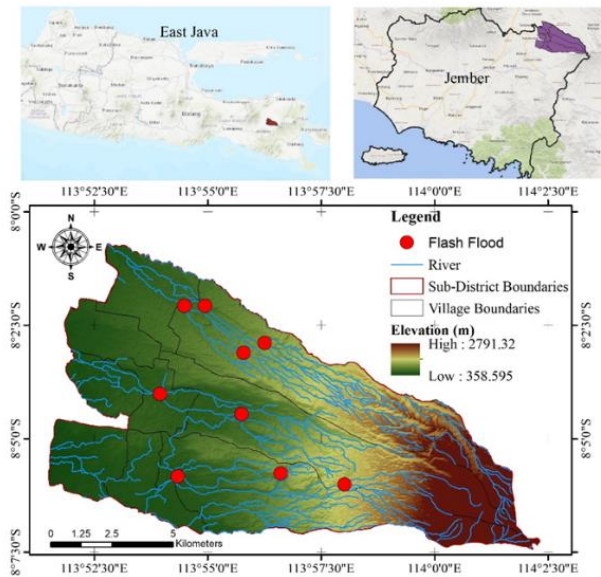
**Prosedur Penelitian**

**Tahap Persiapan**

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan sumberjambe, kabupaten Jember Jawa Timur. Penelitian dilakukan dari bulan mei hingga agustus. Bulan mei pengambilan data lapangan dan inventarisasi data spasial, juni juli Pengolahan data agustus finalisasi pengolahan data. penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dengan integrasikan data geospasial dan statistik dalam perhitungan penelitian.

Data kejadian banjir didapatkan dengan cara survei di lokasi kejadian banjir bandang menggunakan *smartphone*, menggunakan aplikasi *SW maps* untuk mendapatkan data digitasi area banjir, koordinat kejadian banjir, dan dokumentasi Kawasan banjir bandang. Berikut merupakan hasil digitalisasi berdasarkan area lokasi kejadian.

Data Elevasi Nasional (DEMNAS) merupakan data hasil pengembangan dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan resolusi 8 m x 8 m. data DEMNAS dihasilkan melalui pengolahan dua data citra topografi yaitu IFSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) dan ALOS PALSAR (*Advanced Land Observing Satellite – Phased Array L-band SAR*) (Dutta et al., 2023).



Gambar 1. Area lokasi banjir bandang

### Tahap Kedua Pengolahan Data

Masing-masing bahan data yang telah disiapkan selanjutnya diproses untuk menjadi layer baru dengan menggunakan algoritma yang sesuai dengan kebutuhan jenis datanya. Pada penelitian ini data Topografi merupakan faktor yang penting karena sebagai dasar dalam melakukan simulasi aliran air dari titik tinggi menuju titik rendah. Faktor penentuan arah dan kecepatan aliran dipengaruhi oleh faktor kemiringan, semakin tinggi nilai kemiringan maka akan semakin tinggi pula kecepatan suatu aliran (A. Bannari et al., 2018). Data kemiringan memiliki hubungan langsung dengan proses terjadinya suatu aliran permukaan atau *surface run off* (De Rosa et al., 2018). Data topoData ini digunakan menjadi data elevasi, data *Slope* dan *TWI*. Berikut merupakan rumus dari *TWI*:

$$TWI = \ln(\alpha / \tan\beta) \quad (1)$$

Dimana;  $\alpha$  adalah *Specific Cathcment Area*  $\beta$  adalah kemiringan.

### Model Hidrologi

Pemodelan hidrologi menggunakan data berbasis jaringan sungai yang selanjutnya akan diturunkan menjadi jarak terhadap sungai dan kepadatan sungai (Abbas, 2023). Model ini di buat dari data jaringan sungai dengan menggunakan *algorithm Euclidean distance* untuk membuat *distance to river* dan *density* untuk menyusun data kepadatan sungai. Kepadatan sungai berfungsi untuk mengetahui area yang memiliki kontribusi tinggi Kepadatan sungai dihitung dengan membagi Panjang semua saluran di dalam area dengan luas area studi. Berikut rumus dari kepadatan sungai (Saha & Saha, 2020).

$$stream\ Density = \frac{S_{length}}{C_{area}} \quad (2)$$

Dimana,  $S_{length}$  adalah Panjang aliran,  $C_{area}$  adalah Luasan area studi.

### Model Lingkungan

Model lingkungan disusun untuk mendapatkan kondisi eksisting lingkungan menggunakan citra satelit, data lingkungan ini dibuat dalam dua data yaitu data *NDVI* dan

Tagatuna lahan. Data *NDVI* memiliki kontribusi yang baik dalam identifikasi penilaian bobot secara lingkungan dalam hal vegetasi. (Khosravi et al., 2016) Data citra diturunkan dari satelite Sentinel 2B. Berikut merupakan rumus dalam menyusun faktor *NDVI*:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (3)$$

Dimana; B8 sebagai *NIR* dan B4 sebagai *Red*. Pada data penggunaan lahan didapatkan dengan menggunakan citra *RGB* yang kemudian diklasifikasikan menggunakan *machine learning random Forest di platform GEE*. Hasil akurasi klasifikasi *land cover* sebesar 0.8 dan koefisien kappa sebesar 0.7, nilai akurasi tersebut menunjukkan data *land cover* memiliki akurasi yang tinggi.

### Penilaian Bobot

Penilaian bobot faktor dilakukan menggunakan metode *Frequency Ratio (FR)* dan *Weight of Evidence (wofe)* untuk menentukan nilai bobot masing-masing kelas dalam kerentanan banjir bandang (Dutta et al., 2023). Penilaian menggunakan data *training* sebanyak 70% dari sebaran titik banjir yang sudah di survei, dan validasi menggunakan 30%. Penyusunan klasifikasi masing-masing layer menggunakan algoritma *natural neighbour*, klasifikasi ini paling sesuai dalam mendistribusikan sebaran memperhatikan bentuk spasial. Enam klasifikasi dipilih berdasarkan hasil penelitian sebelumnya untuk data resolusi tinggi digunakan lima sampai tujuh kelas klasifikasi, serta mempertimbangkan luasan area tingkat kecamatan (Liu et al., 2023; Zhou et al., 2019). Metode *FR* memiliki kemampuan dalam melakukan duplikasi dan identifikasi faktor dari kejadian sebelumnya untuk di duplikat ke area yang lain dalam bentuk penilaian bobot kelas. Berikut merupakan rumus dari *FR* (Zhang et al., 2021).

$$fr = \frac{N_i^p / N}{A_i^p / A} \quad (4)$$

Dimana,  $N_i^p$  adalah nomor jumlah piksel kejadian banjir bandang pada kelas I pada faktor P, N adalah jumlah total piksel pada kelas ke-I dari faktor p. A adalah jumlah total piksel di wilayah studi. Jika  $FR > 1$  maka kelas tersebut memiliki nilai kontribusi tinggi sedangkan jika  $FR < 1$  maka nilai kelas tersebut dianggap memiliki nilai kontribusi rendah (Popa et al., 2019). *Weight of evidence (wofe)* adalah metode statistic berbasis data yang digunakan dalam memprediksi suatu kejadian menggunakan probabilitas bayes, metode ini sederhana dan efektif dalam melakukan prediksi penilaian faktor dari kejadian asli. Berikut merupakan rumus dari *Wofe* (Spatial et al., 2022).

$$Wofe = \ln \frac{\%Pix_t}{\%Pix_v} \quad (5)$$

Dimana  $\ln$  adalah natural log,  $Pix_t$  adalah persentase dari total piksel area lain,  $Pix_v$  adalah persentase piksel kejadian sebenarnya pada kelas tersebut (Rane & Jayaraj, 2022). *WoEpositif (W<sup>+</sup>)*: menunjukkan adanya korelasi positif, artinya semakin besar nilai suatu variabel, semakin besar kemungkinan kejadiannya. *WoENegatif (W<sup>-</sup>)*: menunjukkan korelasi negatif, artinya keberadaan variabel tersebut tidak berkaitan atau bahkan mengurangi kemungkinan kejadian (Rane & Jayaraj, 2022). Semua hasil faktor kondisi banjir yang telah dikalibrasi, selanjutnya dihitung dengan Teknik *overlay* untuk mendapatkan data kerentanan banjir bandang dalam nilai *float*. Berikut merupakan rumus dari Teknik *overlay*:

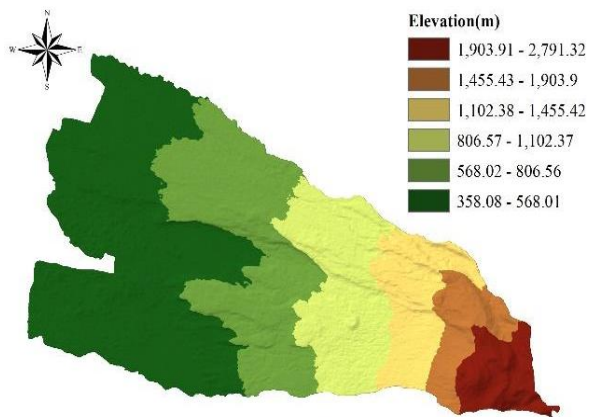
$$\begin{aligned}
 FF = & (\text{Float}(\text{elevasi} + \text{kemiringan} + \text{TWI} \\
 & + \text{Jarak terhadap sungai} \\
 & + \text{Kepadatan sungai} + \text{NDVI} \\
 & + \text{Tataguna lahan} \quad (6)
 \end{aligned}$$

Faktor masing-masing pengondisian banjir yang sudah diberikan nilai akan di *overlay* menggunakan perhitungan raster yaitu *raster Calculator* (Chowdhury, 2024). Peta model bencana hasil *overlay* tidak hanya menampilkan informasi Kawasan zonasi bencana, melainkan juga harus bisa dinilai kendala nya, dengan berdasarkan kejadian sesungguhnya. Metode validasi yang digunakan adalah pendekatan *Area Under Curve* (AUC), validasi AUC mampu memberikan ukuran kuantitatif mengenai tingkat akurasi prediksi model. Melalui analisis AUC, kualitas pemodelan dapat dinilai secara objektif.

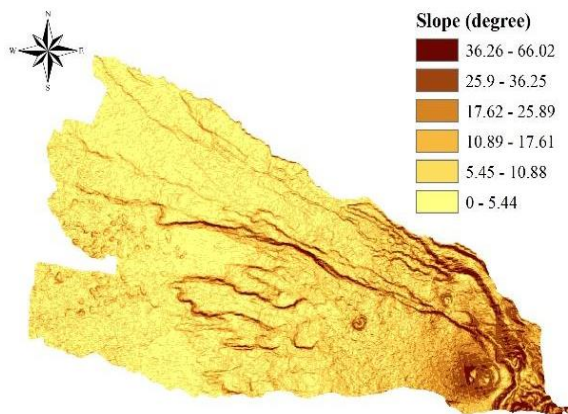
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data dasar yang telah di siapkan di proses menjadi beberapa data peta yang sesuai dengan kondisi penyusun banjir bandang, Adapun data yang telah di diolah ada tujuh faktor yaitu Elevasi Gambar 2, kemiringan Gambar 3, TWI Gambar 4, Jarak Terhadap Sungai Gambar 5, Kepadatan Sungai Gambar 6, NDVI Gambar 7, dan Tata Guna Lahan Gambar 8.

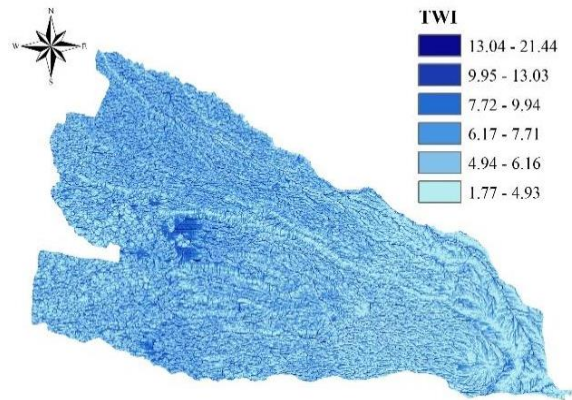
Dari hasil pemodelan tujuh faktor penyusun model banjir bandang, yang di nilai menggunakan metode FR dan WoE memiliki hasil bobot yang berbeda. Masing-masing faktor dibagi menjadi 6 kelas karena untuk meningkatkan ketajaman dari klasifikasi yang ditentukan. Berikut merupakan bobot hasil FR (Pandey et al., 2021).



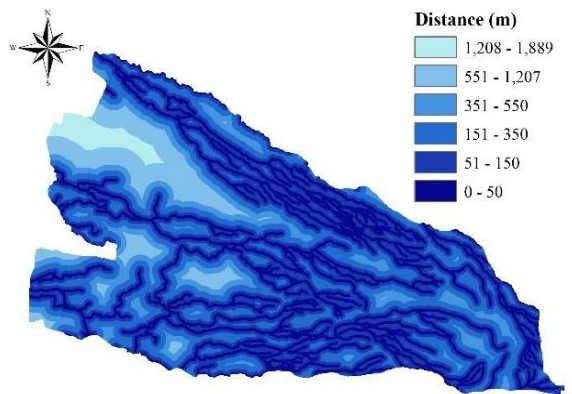
Gambar 2. Data elevasi



Gambar 3. Data kemiringan



Gambar 4. Data TWI



Gambar 5. Data jarak terhadap sungai

Hasil perhitungan statistik menggunakan FR dan WoE menunjukkan setiap kelas faktor memiliki kontribusi yang berbeda-beda, nilai setiap kelas menunjukkan seberapa besar kontribusi faktor dalam kejadian model. Kedua metode memiliki keluaran nilai yang berbeda disebabkan model matematis dari masing-masing rumus. FR melakukan perhitungan langsung dari kejadian banjir untuk di duplikasi, sedangkan WoE perhitungan berbasis logaritmik. Model perhitungan tersebut yang membuat hasil penilaian bobot menjadi berbeda. Pada faktor elevasi kelas yang berkontribusi ada pada kelas satu dan kelas dua, dengan nilai 8 dan 28, Ini didukung pula oleh hasil WoE yang menunjukkan nilai positif tertinggi pada kelas yang sama sebesar +20, menandakan korelasi kuat antara elevasi menengah dengan kejadian banjir (Afif & Tatrissa derka, 2025).

Pada faktor kemiringan kelas FR yang memiliki nilai tertinggi pada kelas tiga sebesar 15, kelas empat sebesar 14, kelas dua sebesar 11 dan kelas satu sebesar 8. Hasil serupa juga tampak dari WofE, di mana slope kelas ke-3 memiliki nilai positif +12. Pada Kawasan ini range kemiringan yang berpotensi besar ada pada kemiringan 10 hingga 36 derajat. Pada faktor TWI FR menunjukkan kelas tertinggi ada pada kelas enam dengan nilai 24, ini menunjukkan TWI memiliki perilaku yang semakin tinggi semakin berpotensi air akan berkumpul pada area tersebut. Pada perhitungan WofE, kelas yang sama juga menunjukkan nilai tertinggi sebesar +9, variabel TWI memiliki potensi kontribusi yang tinggi dalam prediksi banjir bandang.

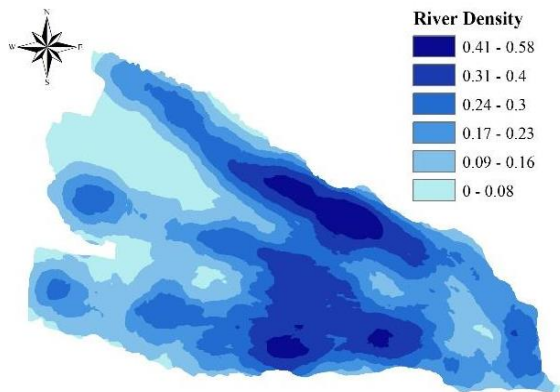
Faktor jarak terhadap sungai menunjukkan bahwa semakin dekat dengan sungai, area yang terdampak banjir semakin tinggi. Pada FR, area yang terdampak pada kelas satu, dua dan tiga kelas kedua menunjukkan bobot tertinggi sebesar 14, yang berarti lokasi yang relatif dekat sungai paling sering terdampak. WoE juga memberikan bobot tertinggi pada kelas kedua dengan nilai +13. Sementara

kelas terjauh dari sungai menunjukkan nilai nol, artinya tidak memiliki kontribusi signifikan terhadap kejadian banjir. Faktor ini juga menunjukkan sebaran banjir bandang terhadap kawasan yang dilalui banjir bandang, faktor jarak terhadap sungai merupakan aspek yang penting dalam menilai jangkauan banjir bandang.

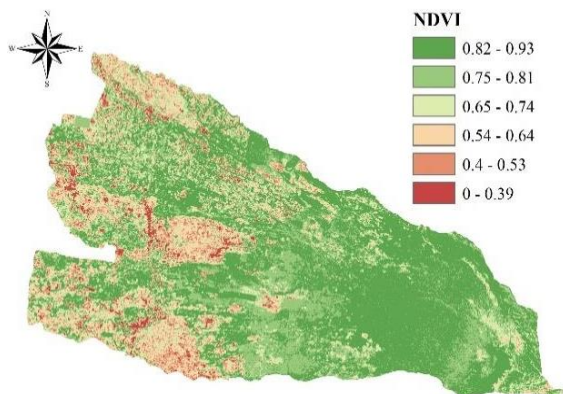
Faktor kepadatan sungai nilai FR menunjukkan bahwa kelas kelima memiliki bobot tertinggi yaitu 32, yang berarti wilayah dengan kepadatan sungai tinggi sangat berisiko banjir. Namun, hasil WoE menunjukkan anomali, dengan nilai negatif besar pada kelas ketiga sebesar -22, yang menandakan bahwa pada beberapa kondisi, tingginya kepadatan sungai tidak selalu menunjukkan korelasi positif dengan kejadian banjir. Hal ini bisa dipengaruhi oleh bentuk topografi atau keberadaan kanal irigasi buatan (Dutta et al., 2023).

Pada faktor NDVI FR, kelas ke lima (vegetasi rendah) menunjukkan bobot tertinggi sebesar 13, menandakan bahwa daerah dengan vegetasi rendah cenderung lebih rentan banjir bandang. WoE juga mendukung ini, di mana nilai negatif ditemukan pada kelas keenam sebesar 10, yang berarti bahwa vegetasi tinggi justru mengurangi potensi banjir. Hal ini menunjukkan fungsi vegetasi dalam menyerap air hujan dan menahan aliran permukaan yang berlebihan (Alocious et al., 2025).

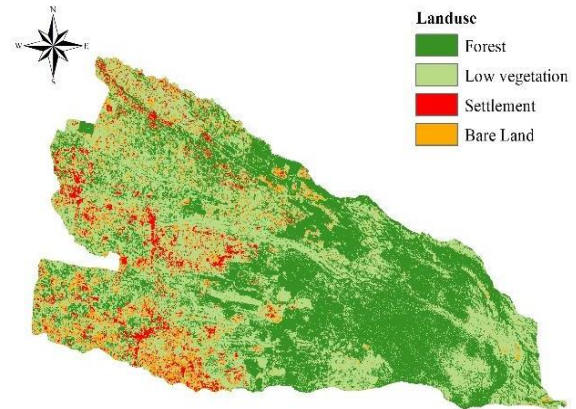
Hasil FR tertinggi terdapat pada kelas ke dua ke empat (dengan bobot 11 dan 12), yang merupakan area dengan vegetasi rendah dan lahan terbuka yang kurang mampu menyerap air. WoE juga menunjukkan nilai positif pada kelas empat dengan nilai (+20), menunjukkan kontribusi signifikan terhadap kejadian banjir, sedangkan kelas pertama menunjukkan nilai negatif (-20). Dalam hitungan ini menunjukkan variabel hutan memiliki tingkat mengurangi potensi banjir bandang, sedangkan pemukiman atau lahan terbuka memiliki potensi yang tinggi terhadap kejadian banjir bandang. Gambar 11 dan 12 merupakan hasil dari penggabungan masing-masing faktor.



Gambar 6. Data kepadatan sungai



Gambar 7. Data NDVI



Gambar 8. Data tata guna lahan

Distribusi zona kerentanan banjir bandang di Kecamatan Sumberjambe dianalisis menggunakan dua pendekatan statistik, yaitu WoE dan *Frequency Ratio*. Berdasarkan hasil klasifikasi WoE, zona dengan tingkat kerentanan *High* merupakan kelas dominan dengan luas 4.005 hektar (31%), sedangkan zona *Very High* mencakup sekitar 495 hektar (4%). Sebaliknya, model FR menghasilkan dominasi pada zona *Low* dan *Very Low* masing-masing sebesar 34% dan 33%, sementara zona *High* hanya 16%. Perbedaan distribusi ini menunjukkan bahwa pendekatan WoE cenderung lebih konservatif dalam klasifikasi risiko tinggi, sedangkan FR lebih menyebar dengan proporsi zona aman yang lebih luas. Model zonasi yang telah di gabung, selanjutnya akan dihitung tingkat akurasi, perhitungan tingkat akurasi menggunakan metode ROC AUC. Titik hasil survei yang telah di pisah dengan proporsional 70% untuk testing dan 30% untuk validasi. Metode ini sangat sesuai dalam menguji keberhasilan model terhadap kejadian aslinya. Gambar 13. merupakan grafik hasil perhitungan validasi model.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model FR memiliki nilai AUC sebesar 0,964, mengindikasikan performa prediktif yang sangat baik dan mendekati sempurna (Megahed et al., 2023). Sebaliknya, model WoE memiliki AUC sebesar 0,826, yang tetap menunjukkan performa kuat namun relatif lebih rendah (Dutta et al., 2023). Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa meskipun model WoE lebih banyak mengklasifikasikan wilayah sebagai berisiko tinggi, model FR justru memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi dalam memetakan kejadian banjir bandang. Dengan hasil ini model memiliki nilai akurasi yang tinggi dengan presisi yang tinggi (Febriyanti et al., 2024). Oleh karena itu, pendekatan FR lebih direkomendasikan dalam pemodelan zonasi kerentanan pada studi ini, khususnya ketika akurasi prediktif menjadi prioritas utama. Pendekatan model perhitungan menggunakan statistic bivariat bisa di eksplorasi lebih lanjut menggunakan perhitungan yang lebih kompleks seperti *machine learning* dan faktor yang lebih bervariasi seperti menggunakan *random forest* (RF), *parallel random forest* (PRF), *regularized random forest* (RRF), and *extremely randomized trees* (ERT) (Band et al., 2020)

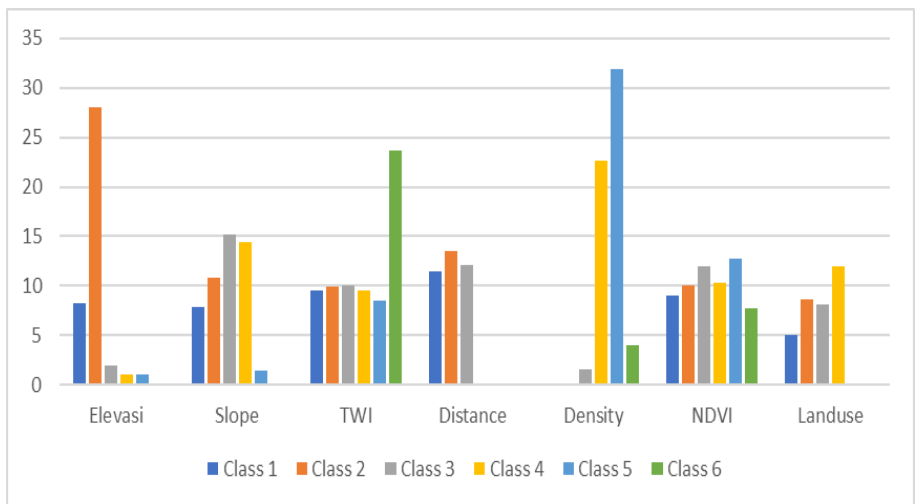
Peta zonasi model berbasis administrasi kecamatan memiliki kelebihan dalam pemisahan batas area kejadian banjir bandang, setiap desa dapat dipisah berdasarkan administratifnya. Dari hasil identifikasi lapangan terkait adanya kejadian banjir bandang ini adalah adanya perubahan lahan yang belum ada tanaman baru sehingga kondisi di hulu ada yang berupa tanah kosong. Hal tersebut mengakibatkan ketika terjadinya curah hujan tinggi air akan mengalir menjadi aliran permukaan dan tidak terserap di tanah.

Tabel 1. Hasil perhitungan frekuensi rasio

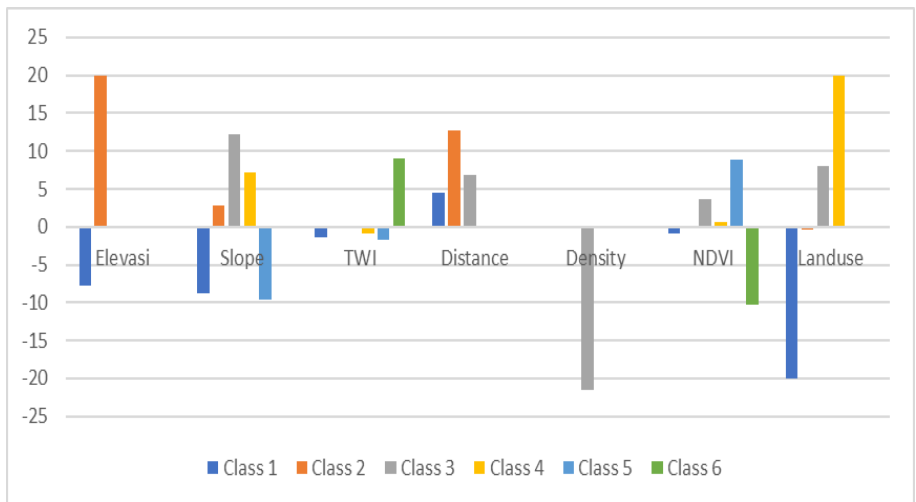
Kelas	Elevasi	Kemiringan	TWI	Jarak terhadap Sungai	Kepadatan Sungai	NDVI	Tataguna Lahan
1	8	8	10	12	0	9	5
2	28	11	10	14	0	10	9
3	2	15	10	12	2	12	8
4	1	14	10	0	23	10	12
5	1	1	8	0	32	13	0
6	0	0	24	0	4	8	0

Tabel 2. Hasil perhitungan WoE

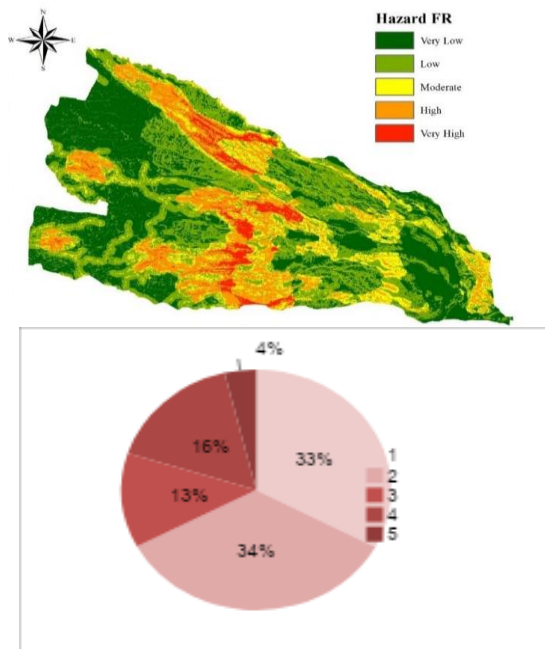
Kelas	Elevasi	Kemiringan	TWI	Jarak terhadap Sungai	Kepadatan Sungai	NDVI	Tataguna Lahan
1	-8	-9	10	12	0	9	5
2	20	3	10	14	0	10	9
3	0	12	10	12	2	12	8
4	0	7	10	0	23	10	12
5	0	-10	8	0	32	13	0
6	0	0	24	0	4	8	0



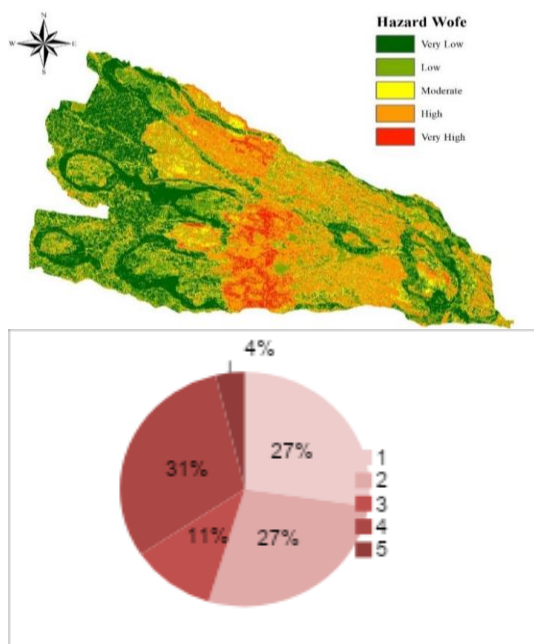
Gambar 9. Grafik distribusi bobot frekuensi rasio



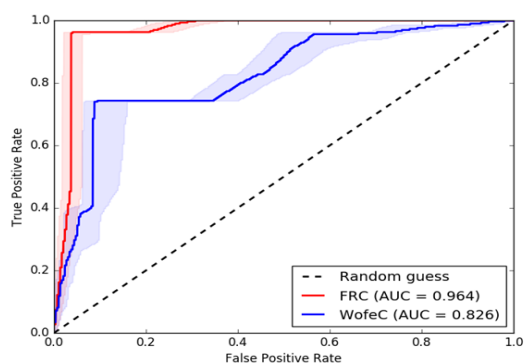
Gambar 10. Grafik distribusi bobot woE



Gambar 11. Peta zonasi Bencana Banjir Bandang dan Distribusi spasial metode FR



Gambar 12. Peta zonasi Bencana Banjir Bandang dan Distribusi spasial metode WoE



Gambar 13. Hasil validasi model peta zonasi banjir bandang

## KESIMPULAN

Zonasi kerentanan banjir bandang di Kecamatan Sumberjambe dengan menggunakan dua pendekatan statistik, yaitu WoE dan FR. Kedua metode menunjukkan pola distribusi yang berbeda. Model WoE cenderung mengklasifikasikan wilayah dengan risiko tinggi lebih luas (31% untuk kategori *High*), sedangkan model FR mengelompokkan sebagian besar wilayah ke dalam kategori rendah dan sangat rendah (67% total), menunjukkan pendekatan yang lebih konservatif. Hasil evaluasi akurasi model menggunakan analisis ROC menunjukkan bahwa model FR memiliki nilai AUC sebesar 0,964, yang lebih tinggi dibandingkan model WoE sebesar 0,826. Hal ini menandakan bahwa model FR memiliki kemampuan prediktif yang lebih tinggi dan lebih andal dalam mengidentifikasi area rawan banjir bandang. Oleh karena itu, model FR direkomendasikan sebagai dasar dalam penyusunan peta zonasi kerentanan banjir bandang dalam studi kasus yang berbasis kecamatan. Data hasil model dapat digunakan dalam upaya upaya mitigasi bencana dan perencanaan infrastruktur, khususnya dalam penempatan jalur pipa air bersih secara aman dan berkelanjutan (Krvavica et al., 2023). Explorasi metode penyusunan model banjir bandang ini memiliki peluang yang sangat tinggi, seperti di mulai dari explorasi resolusi data, perhitungan dan sebaran sampling,

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih peneliti sampaikan kepada Pemerintah Indonesia khususnya pada skema pendanaan penelitian dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) yang diperuntukkan bagi dosen pemula untuk mengembangkan kemampuan risetnya, mengembangkan penelitian, dan menghasilkan publikasi ilmiah

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Bannari, G. Kadhem, A. El-Battay, & N. Hameid. (2018). Comparison of SRTM-V4.1 and ASTER-V2.1 for Accurate Topographic Attributes and Hydrologic Indices Extraction in Flooded Areas. *Journal of Earth Science and Engineering*, 8(1), 8–30. <https://doi.org/10.17265/2159-581x/2018.01.002>
- Abbas, A. S. (2023). *Watershed Delineation from DEM by Model Builder in ArcGIS*. 9(11), 2796–2805.
- Abdollahi, A., Pradhan, B., Alamri, A., & Lee, C. W. (2023). Google Earth Engine for Advanced Land Cover Analysis from Landsat-8 Data with Spectral and Topographic Insights. *Journal of Sensors*, 2023(MI). <https://doi.org/10.1155/2023/6657171>
- Afif, A., & Tatrissa derka, I. (2025). *Identifikasi Karakteristik Sub-DAS Sungai Biting Menggunakan DEMNAS dan STRM*. 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.30736/jt.v17i1.1263>
- Aloscius, A. A., Artuso, M., & Torabi Moghadam, S. (2025). Nature-Based Solutions for Flood Mitigation: The Case Study of Kochi. *Sustainability (Switzerland)*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/su17051983>
- Aprilia, R., Hidayah, E., & Junita K, D. (2021). Frequency ratio application for mapping flood susceptibility in Welang Watershed, East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/930/1/012095>

- Band, S. S., Janizadeh, S., Pal, S. C., Saha, A., Chakraborty, R., Melesse, A. M., & Mosavi, A. (2020). Flash Flood Susceptibility Modeling Using New Approaches of Hybrid and Ensemble Tree-Based Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 12(21), 1–23. <https://doi.org/10.3390/rs12213568>
- Benedict, & Jaelani, L. M. (2021). A Long-term Spatial and Temporal Analysis of NDVI Changes in Java Island Using Google Earth Engine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 936(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/936/1/012038>
- 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>
- Chowdhury, M. S. (2024). Flash flood susceptibility mapping of north-east depression of Bangladesh using different GIS based bivariate statistical models. *Watershed Ecology and the Environment*, 6(September 2023), 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.002>
- Costache, R. (2019). Flash-flood Potential Index mapping using weights of evidence, decision Trees models and their novel hybrid integration. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 33(7), 1375–1402. <https://doi.org/10.1007/s00477-019-01689-9>
- Costache, R., Arabameri, A., Blaschke, T., Pham, Q. B., Pham, B. T., Pandey, M., Arora, A., Linh, N. T. T., & Costache, I. (2021). Flash-flood potential mapping using deep learning, alternating decision trees and data provided by remote sensing sensors. *Sensors (Switzerland)*, 21(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/s21010280>
- De Rosa, P., Fredduzzi, A., Minelli, A., & Cencetti, C. (2018). Automaticweb procedure for calculating flood flow frequency. *Water (Switzerland)*, 11(1), 1–22. <https://doi.org/10.3390/w11010014>
- Dutta, M., Saha, S., Saikh, N. I., Sarkar, D., & Mondal, P. (2023). Application of bivariate approaches for flood susceptibility mapping: a district level study in Eastern India. *HydroResearch*, 6, 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2023.02.004>
- Febriyanti, I. H., Rahardjo, A. P., & ... (2024). Identifikasi dan Analisa Kerentanan Banjir Bandang di DAS Cimanuk Hulu Garut dengan Model Shannon's Entropy. *Jurnal ALAMI: Jurnal ...*, 8(1). <https://ejurnal.bppt.go.id/index.php/Alami/article/view/5718>
- Khosravi, K., Nohani, E., Maroufinia, E., & Pourghasemi, H. R. (2016). A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique. *Natural Hazards*, 83(2), 947–987. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2357-2>
- Krvavica, N., Šiljeg, A., Horvat, B., & Panđa, L. (2023). Pluvial Flash Flood Hazard and Risk Mapping in Croatia: Case Study in the Gospić Catchment. *Sustainability (Switzerland)*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021197>
- Liu, J., Xiong, J., Chen, Y., Sun, H., Zhao, X., & Tu, F. (2023). A new avenue to improve the performance of integrated modeling for flash flood susceptibility assessment: Applying cluster algorithms. 146(November 2022). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109785>
- Maillard, O., Vides-Almonacid, R., Salazar, A., & Larrea-Alcazar, D. M. (2023). Effect of Deforestation on Land Surface Temperature in the Chiquitania Region, Bolivia. *Land*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/land12010002>
- Majeed, M., Lu, L., Anwar, M. M., Tariq, A., Qin, S., El-Hefnawy, M. E., El-Sharnouby, M., Li, Q., & Alasmari, A. (2023). Prediction of flash flood susceptibility using integrating analytic hierarchy process (AHP) and frequency ratio (FR) algorithms. *Frontiers in Environmental Science*, 10(January), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1037547>
- Maulana, B. I., Hidayah, E., & Halik, G. (2023). Flood Susceptibility Mapping in Gending District by Comparison Frequency Ratio and Weight of Evidence for Mitigation Strategy. *UKaRsT*, 7(1), 17–32. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v7i2.3999>
- Megahed, H. A., Abdo, A. M., AbdelRahman, M. A. E., Scopa, A., & Hegazy, M. N. (2023). Frequency Ratio Model as Tools for Flood Susceptibility Mapping in Urbanized Areas: A Case Study from Egypt. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/app13169445>
- Negese, A., Worku, D., Shitaye, A., & Getnet, H. (2022). Potential flood-prone area identification and mapping using GIS-based multi-criteria decision-making and analytical hierarchy process in Dega Damot district, northwestern Ethiopia. *Applied Water Science*, 12(12), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01772-7>
- Pandey, M., Arora, A., Arabameri, A., Costache, R., Kumar, N., Mishra, V. N., Nguyen, H., Mishra, J., Siddiqui, M. A., Ray, Y., Soni, S., & Shukla, U. K. (2021). Flood Susceptibility Modeling in a Subtropical Humid Low-Relief Alluvial Plain Environment: Application of Novel Ensemble Machine Learning Approach. *Frontiers in Earth Science*, 9(December), 1–26. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.659296>
- Parajuli, G., Neupane, S., Kunwar, S., Adhikari, R., & Acharya, T. D. (2023). A GIS-Based Evacuation Route Planning in Flood-Susceptible Area of Siraha Municipality, Nepal. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/ijgi12070286>
- Peng, X., Chen, S., Miao, Z., Xu, Y., Ye, M., & Lu, P. (2025). Automatic Flood Monitoring Method with SAR and Optical Data Using Google Earth Engine. *Water (Switzerland)*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/w17020177>
- Popa, M. C., Peptenatu, D., Draghici, C. C., & Diaconu, D. C. (2019). Flood hazard mapping using the flood and Flash-Flood Potential Index in the Buzau River catchment, Romania. *Water (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/w11102116>
- Rane, N. L., & Jayaraj, G. K. (2022). Comparison of multi-influence factor, weight of evidence and frequency ratio techniques to evaluate groundwater potential zones of basaltic aquifer systems. *Environment, Development and Sustainability*, 24(2), 2315–2344. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01535-5>
- Rani Mahanta, A., & Singh Rawat, K. (2020). Comparative Analysis of CARTOSAT, ASTER and SRTM Digital Elevation Models for Kancheepuram Watershed. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(5), 827–834. <https://iaeme.com/Home/issue/>
- Saha, A., & Saha, S. (2020). Comparing the efficiency of weight of evidence, support vector machine and their ensemble approaches in landslide susceptibility modelling: A study on Kurseong region of Darjeeling

- Himalaya, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100323. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100323>
- Spatial, G. I. S., Case, A., Valea, S., & Catchment, R. (2022). Flash Flood Vulnerability Mapping Based on FFPI Using. *Mdpi*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/s22093573>
- Tariq, A., Yan, J., Ghaffar, B., Qin, S., Mousa, B. G., Sharifi, A., Huq, M. E., & Aslam, M. (2022). Flash Flood Susceptibility Assessment and Zonation by Integrating Analytic Hierarchy Process and Frequency Ratio Model with Diverse Spatial Data. *Water (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/w14193069>
- Yariyan, P., Avand, M., Abbaspour, R. A., Torabi Haghghi, A., Costache, R., Ghorbanzadeh, O., Janizadeh, S., & Blaschke, T. (2020). Flood susceptibility mapping using an improved analytic network process with statistical models. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 2282–2314. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1836036>
- Zhang, Y., Liu, T., Wang, Y., Zhang, M., & Zheng, Y. (2021). A spatial and temporal analysis on NDVI in Urad grassland during 2010-2019 over remote sensing. *MATEC Web of Conferences*, 336, 06029. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202133606029>
- Zhou, G., Dong, W., & Wei, H. (2019). A fast and simple algorithm for calculating flow accumulation matrices from raster digital elevation models. *Abstracts of the ICA*, 1(July), 1–2. <https://doi.org/10.5194/ica-abs-1-434-2019>

Halaman ini sengaja dikosongkan