Jurnal Geosains West Science
Vol. 4, No. 03, Oktober 2026, pp. 439~450

Pemodelan Prediksi Kerawanan Banjir Bandang Menggunakan *Machine Learning Random Forest* (Studi Kasus: 8 Nagari di Sekitar Batang Malana, Kabupaten Tanah Datar)

Normadia Nanta Miranda Manik[1], Endah Purwaningsih[2]
[1,2] Program Studi Geografi, Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received Oct, 2026
Revised Oct, 2026
Accepted Oct, 2026

Kata Kunci:

Banjir Bandang, Random Forest, Sistem Informasi Geografis, Machine Learning, DAS Batang Malana, Kabupaten Tanah Datar

Keywords:

Flash Floods, Random Forest, Geographic Information System, Machine Learning, Batang Malana Watershed, Tanah Datar Regency

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerawanan banjir bandang menggunakan algoritma *Random Forest* pada 8 di nagari sekitar DAS Batang Malana, Kabupaten Tanah Datar. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif spasial berbasis *machine learning* algoritma *random forest* dengan memanfaatkan 13 variabel prediktor yaitu *Topographic Wetness Index* (TWI), *Stream Power Index* (SPI), dan kemiringan lereng (*Slope*), arah lereng (*Aspect*), *Profile Curvature*, *Plan Curvature*, curah hujan rata-rata 10 tahun, curah hujan kumulatif 7 hari, tutupan lahan (*Land Cover*), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), jarak terhadap deforestasi, geologi, dan gerakan tanah serta kinerja model dievaluasi menggunakan *Area Under the Curve* (AUC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* mampu menghasilkan model prediksi kerawanan banjir bandang dengan kinerja yang baik, ditunjukkan oleh nilai AUC sebesar 0,828. Peta kerawanan yang dihasilkan diklasifikasikan ke dalam lima kelas kerawanan. Sebaran kelas kerawanan tinggi hingga sangat tinggi terkonsentrasi di sepanjang koridor DAS Batang Malana dan jaringan sungai lainnya pada 8 nagari di wilayah penelitian yang berhulu di Gunung Marapi.

ABSTRACT

This study aims to map flash flood vulnerability using the Random Forest algorithm in 8 villages around the Batang Malana Watershed, Tanah Datar Regency. The research method employs a spatial quantitative approach based on the Random Forest machine learning algorithm, utilizing 13 predictor variables: the Topographic Wetness Index (TWI), Stream Power Index (SPI), slope, aspect, Profile Curvature, Plan Curvature, 10-year average rainfall, 7-day cumulative rainfall, land cover, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), distance to deforestation, geology, and landslides. Model performance was evaluated using the Area Under the Curve (AUC). The results of the study show that the Random Forest algorithm is capable of producing a flash flood vulnerability prediction model with good performance, as indicated by an AUC value of 0.828. The resulting vulnerability maps are classified into five vulnerability classes. The distribution of high- to very-high-risk classes is concentrated along the Batang Malana watershed corridor and other river networks in 8 nagari within the study area, which originates at Mount Marapi.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author:

Name: Normadia Nanta Miranda Manik
Institution: Program Studi Geografi Universitas Negeri Padang
Email: normadianantamanik@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Banjir bandang termasuk ke dalam bencana hidrometeorologi yang memiliki daya rusak tinggi karena selain membawa air banjir bandang juga membawa material berupa bongkahan batu, pasir, kerikil dan lumpur dengan kecepatan aliran yang besar. Karakteristik tersebut menyebabkan banjir bandang mampu merusak permukiman, lahan pertanian, infrastruktur serta menimbulkan korban jiwa dalam waktu yang relative singkat (BNPB, 2023; BAKORNAS PB, 2007). Indonesia berada pada jalur Ring of Fire yang memiliki banyak kawasan gunungapi baik aktif maupun pasif sehingga menjadi hulu dari banyak daerah aliran sungai (DAS), sehingga berpotensi mengalami bencana banjir bandang terutama setelah terjadi erupsi gunungapi. Aktivitas vulkanik menghasilkan material piroklastik yang terendapkan di sepanjang lereng dan alur sungai, kemudian dapat terbawa oleh hujan berintensitas tinggi sehingga memicu terjadinya banjir bandang (MAGMA Indonesia).

Salah satu kejadian banjir bandang di Kabupaten Tanah Datar terjadi pada 11 Mei 2024 sebagai dampak lanjutan dari erupsi Gunung Marapi pada Desember 2023. Peristiwa tersebut mengakibatkan korban jiwa, kerusakan permukiman, lahan pertanian, infrastruktur sarana prasarana di beberapa kabupaten kota lainnya di sekitar Gunung Marapi. Di antara wilayah terdampak, 8 nagari yang berada di sekitar Batang Malana merupakan Kawasan dengan Tingkat kerusakan paling besar karena dilalui langsung oleh aliran sungai sungai yang berhulu di Gunung Marapi. Besarnya energi aliran yang membawa material vulkanik seperti bongkahan batu telah menyebabkan pelebaran alur aliran Batang Malana dari sekitar ±25 meter menjadi ±125 meter sehingga meningkatkan potensi terjadinya banjir bandang pada masa mendatang.

Upaya mitigasi bencana memerlukan informasi spasial mengenai lokasi yang berpotensi mengalami banjir bandang sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan tata ruang dan pengurangan risiko bencana. *Machine learning* mampu mempelajari hubungan yang kompleks dan nonlinier antara berbagai faktor lingkungan dengan kejadian banjir. Di antara berbagai algoritma *machine learning*, *Random Forest* memiliki kemampuan yang baik dalam menangani data berdimensi tinggi, mengurangi risiko *overfitting*, serta menghasilkan akurasi prediksi yang tinggi melalui pembentukan banyak pohon keputusan (Breiman, 2001; Aizari dkk., 2024).

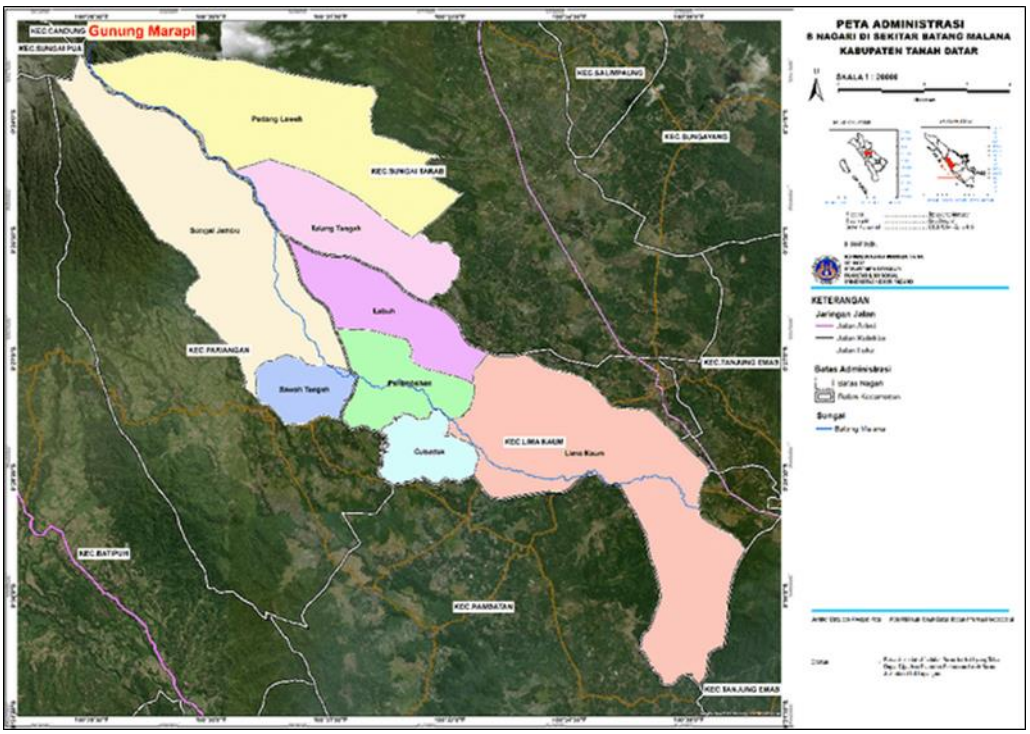
Penelitian ini dilakukan sebagai upaya mendukung mitigasi bencana banjir bandang di kawasan sekitar Batang Malana melalui penyediaan informasi spasial mengenai tingkat kerawanan banjir bandang. Dengan memanfaatkan algoritma *Random Forest*, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan peta prediksi kerawanan banjir bandang yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan tata ruang, penyusunan strategi mitigasi, serta pengambilan kebijakan pengurangan risiko bencana oleh pemerintah daerah dan instansi terkait. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi mengingat kawasan penelitian merupakan wilayah yang terdampak paling parah akibat banjir bandang tahun 2024 serta masih berpotensi mengalami kejadian serupa pada masa mendatang akibat kondisi geomorfologi dan aktivitas vulkanik Gunung Marapi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif spasial berbasis machine learning dengan algoritma Random Forest untuk memodelkan prediksi kerawanan banjir bandang di 8 nagari sekitar Batang Malana, Kabupaten Tanah Datar. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan berbagai variabel spasial yang memengaruhi terjadinya banjir bandang serta mempelajari hubungan yang kompleks dan nonlinier antarvariabel, sehingga menghasilkan model prediksi kerawanan yang lebih akurat.

2.1 Lokasi Penelitian

Kabupaten Tanah Datar adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Barat yang dikenal sebagai "Luhak Nan Tuo" terletak pada 0°00'17" LS – 0°00'39" LS dan 10°00'19" BT – 10°00'51" BT. Lokasi penelitian berada pada 8 nagari di sekitar Batang Malana yaitu Nagari Cubadak, Nagari Labuh, Nagari Limo Kaum, Nagari Padang Laweh, Nagari Parambahan, Nagari Sawah Tengah, Nagari Sungai Jambu, Nagari Talang Tangah dengan luas wilayah kajian seluas 7.604 hektar. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1 dibawah ini.

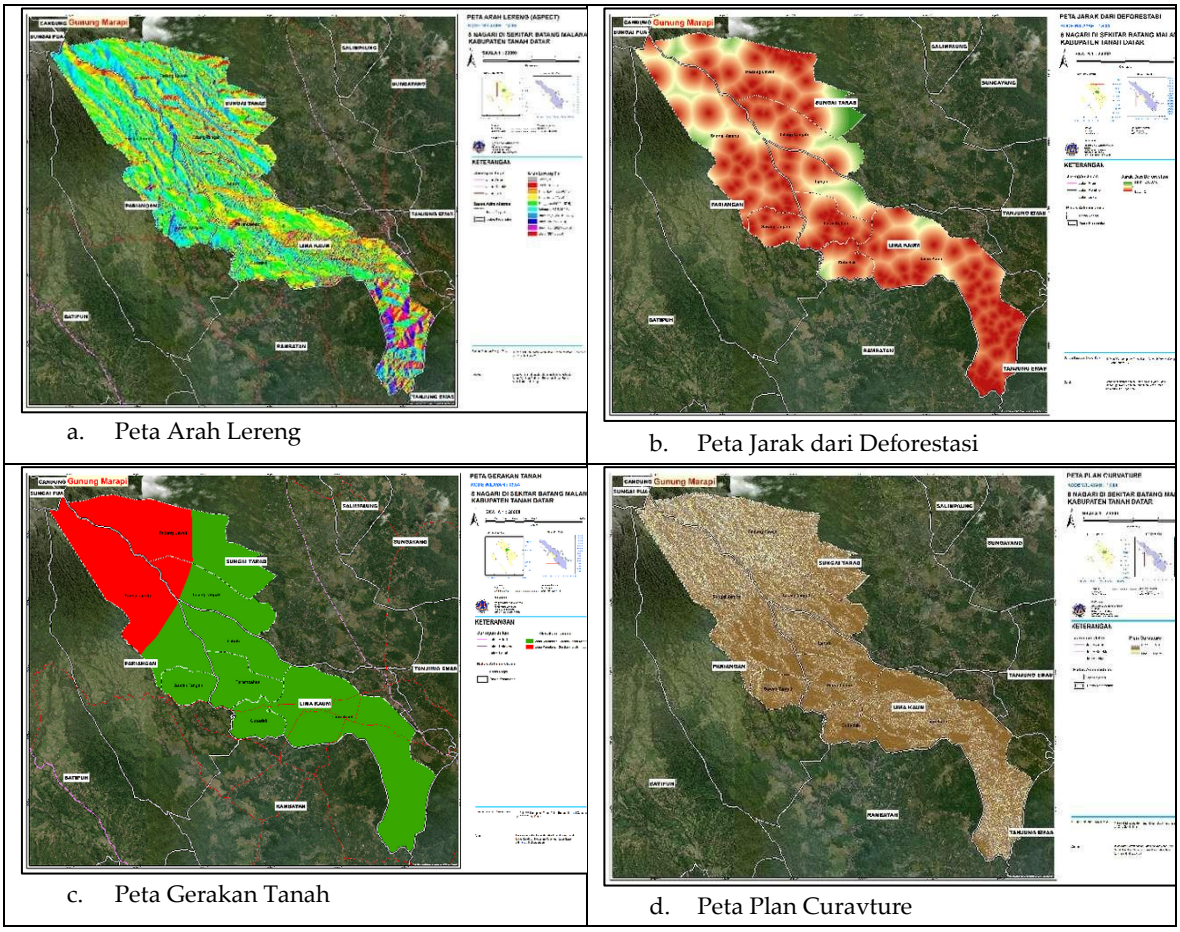


Gambar 1. Peta Administrasi 8 Nagari sekitar Batang Malana, Kab Tanah Datar (2026). Sumber: Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui Ina-Geoportal

2.2 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) Data slope atau kemiringan lereng dari DEMNAS; (2) Profile Curvature dan Plan Curvature diperoleh dari hasil olahan DEMNAS dengan tools ArcGIS 'Curvature'; (3) Arah lereng (Aspect) diperoleh dari hasil olahan DEMNAS dengan tools ArcGIS 'Aspect'; (4) Topographic Wetness Index (TWI) dihitung berdasarkan kemiringan lereng (Slope) dan luas daerah tangkapan aliran (flow accumulation); (5) Stream Power Index (SPI) diperoleh dari pengolahan data DEMNAS menggunakan rangkaian tools hidrologi pada

ArcGIS; (6) Data curah hujan tahunan (2014-2023) dan curah hujan akumulasi 7 harian (05 Mei 2024-11 Mei 2024) diperoleh dari Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data/CHIRPS; (7) NDVI diperoleh dari nilai band pada citra sentinel-2; (8) tutupan lahan (LULC) diperoleh dari Dynamic World; (9) Geologi dan Gerakan tanah diperoleh dari Energi dan Sumber Daya Mineral/ESDM; (10) Jarak dari deforestasi yang diperoleh dari Global Forest Change; (11) Data historis kejadian banjir bandang (presence) dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tanah Datar, hasil digitasi on-screen menggunakan citra PlanetScope serta pendekatan similarity environment berdasarkan karakteristik lingkungan yang serupa dengan lokasi kejadian; (12) Data tidak terjadi banjir bandang (pseudo-absence) yang dibangkitkan menggunakan pendekatan Buffer Controlled Sampling (BCS) melalui random sampling di luar area buffer titik presence, kemudian diseleksi menggunakan variabel kemiringan lereng (Slope) dan verifikasi visual citra PlanetScope. Peta 13 variabel prediktor dapat dilihat pada Gambar 2.

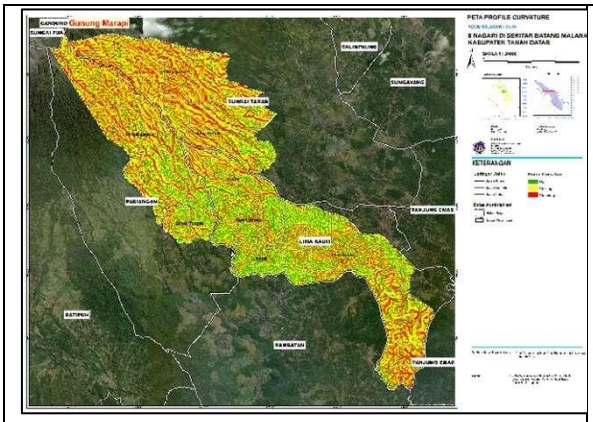


a. Peta Arah Lereng

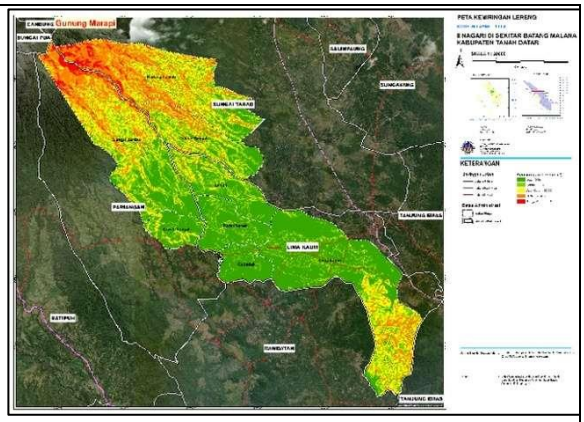
b. Peta Jarak dari Deforestasi

c. Peta Gerakan Tanah

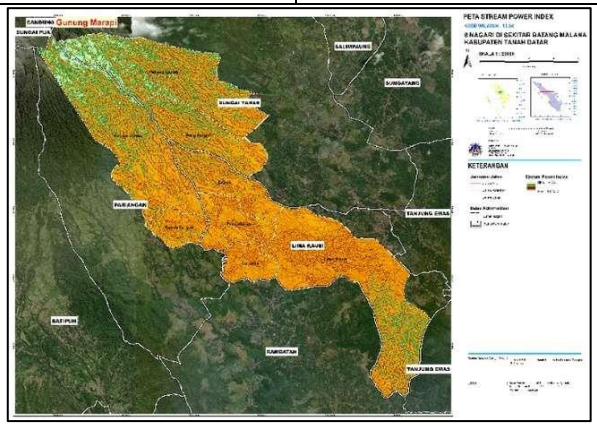
d. Peta Plan Curavture



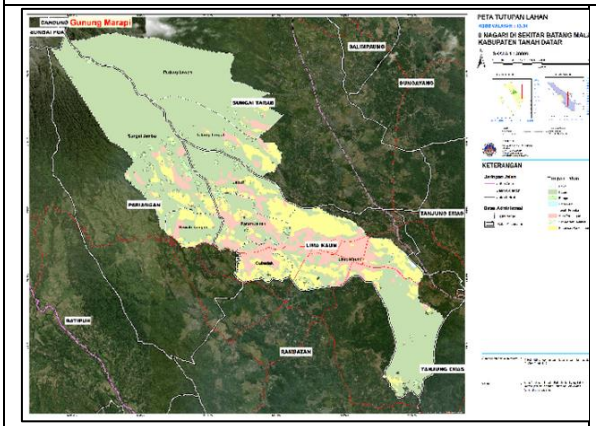
e. Peta Profile Curvature



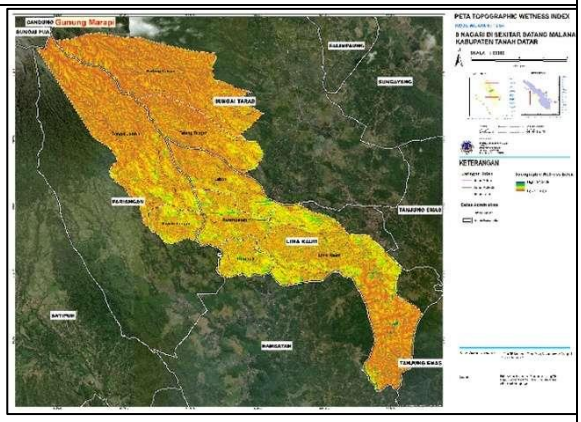
f. Peta Kemiringan Lereng



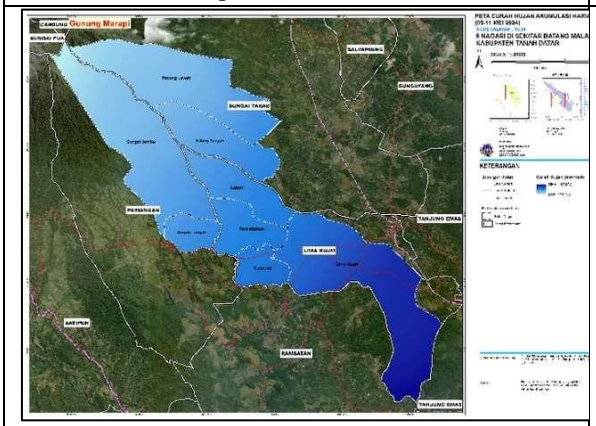
g. Peta Stream Power Index



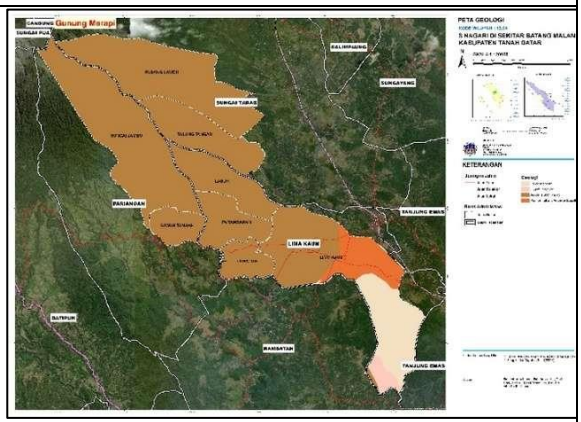
h. Peta Tutupan Lahan



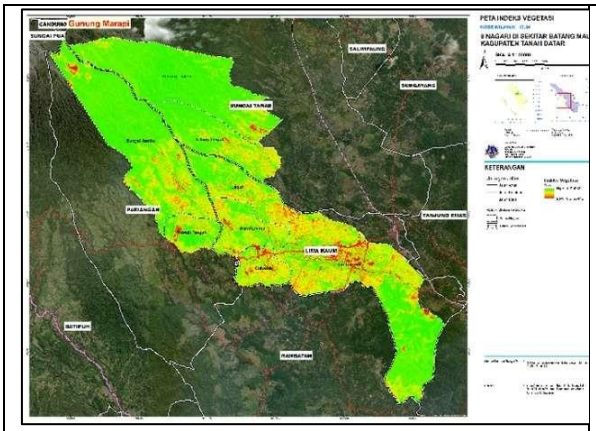
i. Peta Topographic Wetness Index



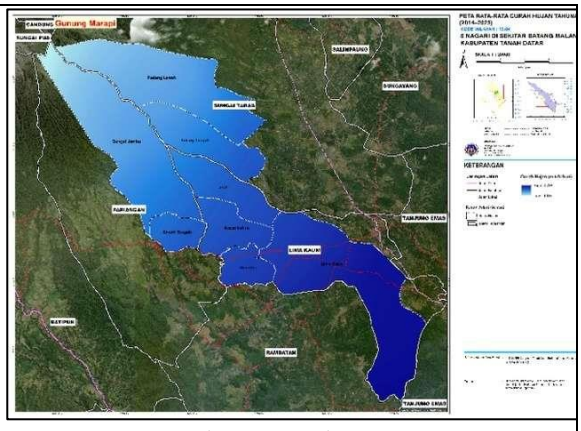
j. Peta Curah Hujan Akumulasi 7 Hari



k. Peta Geologi



l. Peta Indeks Vegetasi (NDVI)



m. Peta Curah Hujan Tahunan (2014 – 2023)

Gambar 2. a) Peta Arah Lereng, b) Peta Jarak dari Deforestasi, c) Peta Gerakan Tanah, d) Peta *Plan Curvature*, e) Peta *Profile Curvature,* f) Peta Kemiringan Lereng, g) Peta *Stream Power Index*, h) Peta Tutupan Lahan, i) Peta *Topographic Wetness Index*, j) Peta Curah Hujan Akumulasi 7 Hari, k) Peta Geologi, l) Peta Indeks Vegetasi, m) Peta Curah Hujan Tahunan (2014-2023).

Sumber: Hasil Penelitian dari Berbagai Sumber Data Spasial (2026)

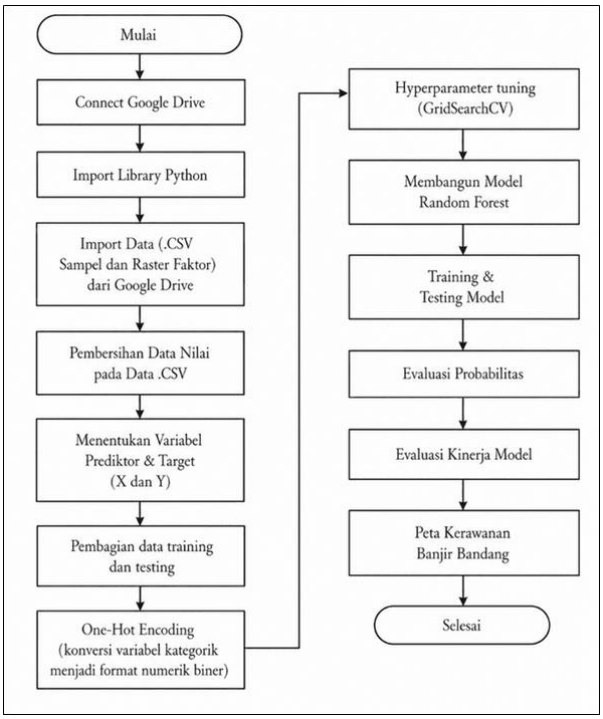
2.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Data Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk menghasilkan variabel kemiringan lereng (Slope), arah lereng (Aspect), Profile Curvature, Plan Curvature, Topographic Wetness Index (TWI), dan Stream Power Index (SPI). Selanjutnya, data curah hujan rata-rata tahunan periode 2014–2023 serta curah hujan kumulatif 7 hari sebelum kejadian banjir bandang (5–11 Mei 2024), data Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dari citra Sentinel-2, data tutupan lahan (Land Use/Land Cover) dari Dynamic World, serta data jarak terhadap deforestasi dari Global Forest Change diperoleh dan diolah menggunakan platform Google Earth Engine (GEE). Data geologi dan gerakan tanah diperoleh dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Data historis kejadian banjir bandang (presence) diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tanah Datar, hasil digitasi on-screen menggunakan citra PlanetScope dan dilengkapi melalui pendekatan similarity environment berdasarkan karakteristik variabel prediktor menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) sedangkan data tidak terjadi banjir bandang (pseudo-absence) dibangun dengan menerapkan pendekatan Buffer Controlled Sampling (BCS) sebagaimana diperkenalkan oleh Xiao dkk. (2010). Tahap awal dilakukan dengan membentuk buffer sejauh 200 m dari titik presence yang berfungsi sebagai exclusion zone. Selanjutnya, titik pseudo-absence dibangkitkan menggunakan random sampling di luar area buffer untuk menghindari pemilihan titik yang terlalu dekat dengan lokasi pressence. Berbeda dengan BCS konvensional, penelitian ini menambahkan tahap penyaringan (screening) melalui overlay dengan variabel kemiringan lereng (Slope) serta verifikasi visual menggunakan citra resolusi tinggi PlanetScope guna memastikan bahwa titik-titik pseudo-absence tidak berada pada area yang menunjukkan indikasi terdampak banjir bandang, sehingga diperoleh sampel pseudo-absence yang lebih representatif untuk proses pemodelan. Seluruh data yang telah dikumpulkan kemudian melalui tahap pre-processing, meliputi penyamaan sistem proyeksi, resolusi spasial, format data, dan pemotongan (clipping) sesuai batas wilayah penelitian. Selanjutnya, seluruh variabel prediktor digabungkan melalui proses layer

stacking dan nilai setiap raster diekstraksi pada titik presence dan pseudo-absence menggunakan fitur Sample Raster Values pada perangkat lunak QGIS, sehingga diperoleh dataset yang siap digunakan sebagai masukan dalam pemodelan prediksi kerawanan banjir bandang menggunakan algoritma Random Forest.

2.4 Metode Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan menggunakan algoritma Random Forest untuk membangun model prediksi kerawanan banjir bandang berdasarkan hubungan antara variabel prediktor dengan data historis kejadian banjir bandang (presence) dan data tidak terjadi banjir bandang (pseudo-absence). Tahap awal analisis dilakukan dengan menggabungkan seluruh raster variabel prediktor (layer stacking) menggunakan perangkat lunak QGIS. Selanjutnya, nilai dari ke 13 variabel prediktor diekstraksi ke setiap titik presence dan pseudo-absence menggunakan fitur Sample Raster Values pada QGIS, sehingga diperoleh dataset sampel yang digunakan untuk pelatihan model. Selain itu, melalui tool Raster to Points, dibangun dataset prediksi untuk seluruh wilayah penelitian. Kedua dataset tersebut kemudian disimpan dalam format CSV dan di impor kedalam Notebook Google Colab untuk proses pemodelan. Tahap pemodelan diawali dengan proses pre-processing yang meliputi pembersihan data, penanganan missing value, serta transformasi variabel kategorik menggunakan metode One-Hot Encoding. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi data pelatihan (training data) dan data pengujian (testing data). Optimasi parameter model dilakukan menggunakan GridSearch Cross Validation untuk memperoleh kombinasi parameter terbaik sebelum model dibangun menggunakan algoritma Random Forest. Kinerja model dievaluasi menggunakan Confusion Matrix, Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, dan Area Under the Curve (AUC). Model terbaik kemudian digunakan untuk menghasilkan probabilitas kerawanan banjir bandang pada seluruh wilayah penelitian yang selanjutnya diklasifikasikan menjadi lima kelas kerawanan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi menggunakan metode Natural Breaks (Jenks) (Adityawarman, 2025). Alur proses pemodelan pada Notebook Google Colab disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Pengolahan Model Prediksi Banjir Bandang (2026).
Sumber: Pengolahan Model Prediksi Banjir Bandang Oleh Peneliti, 2026.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemodelan Kerawanan Banjir Bandang Menggunakan Random Forest

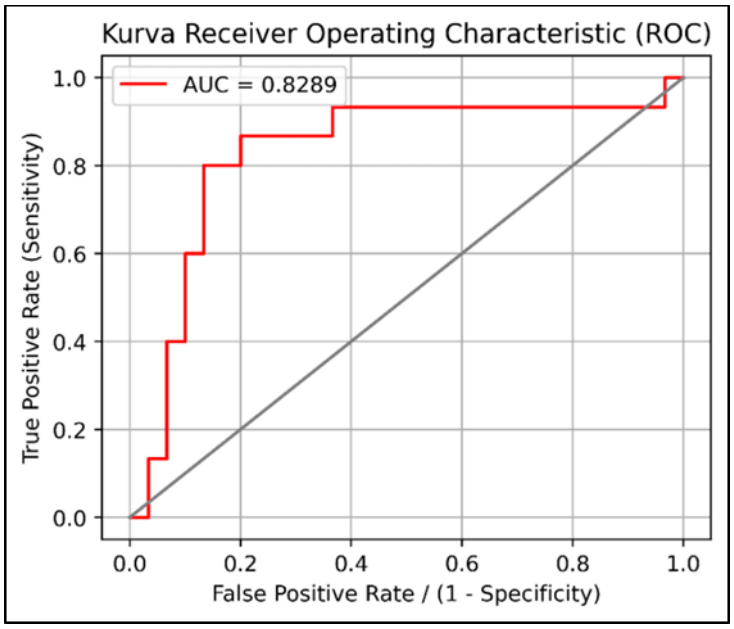
Model *Random Forest* berhasil menghasilkan peta prediksi kerawanan banjir bandang berdasarkan hubungan antara 13 variabel prediktor dengan data *Presence* dan Pseudo-*Absence* pada 8 nagari di sekitar Batang Malana. Evaluasi model dilakukan untuk melihat performa kinerja model dalam menghasilkan peta prediksi kerawanan banjir bandang berupa nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-Score* dan *Area Under the Curve* (AUC) seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Kinerja Model *Random Forest*

Metrik	Nilai Evaluasi
Accuracy	0.82
Precision	0.68
Recall	0.86
F1-Score	0.76
AUC	0,828

Sumber: Analisis Performa Kinerja Model Data Penelitian, 2026

Berdasarkan Tabel 1, model *Random Forest* menghasilkan nilai *Accuracy* sebesar 0,82 *Precision* sebesar 0,68, *Recall* sebesar 0,86, *F1-Score* sebesar 0,76, dan AUC sebesar 0,828. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam membedakan lokasi rawan dan tidak rawan banjir bandang. Nilai *recall* yang relatif tinggi menunjukkan bahwa model mampu mengidentifikasi sebagian besar lokasi kejadian banjir bandang, sedangkan nilai AUC sebesar 0,828 mengindikasikan kemampuan diskriminasi model yang termasuk dalam kategori *good classification.*



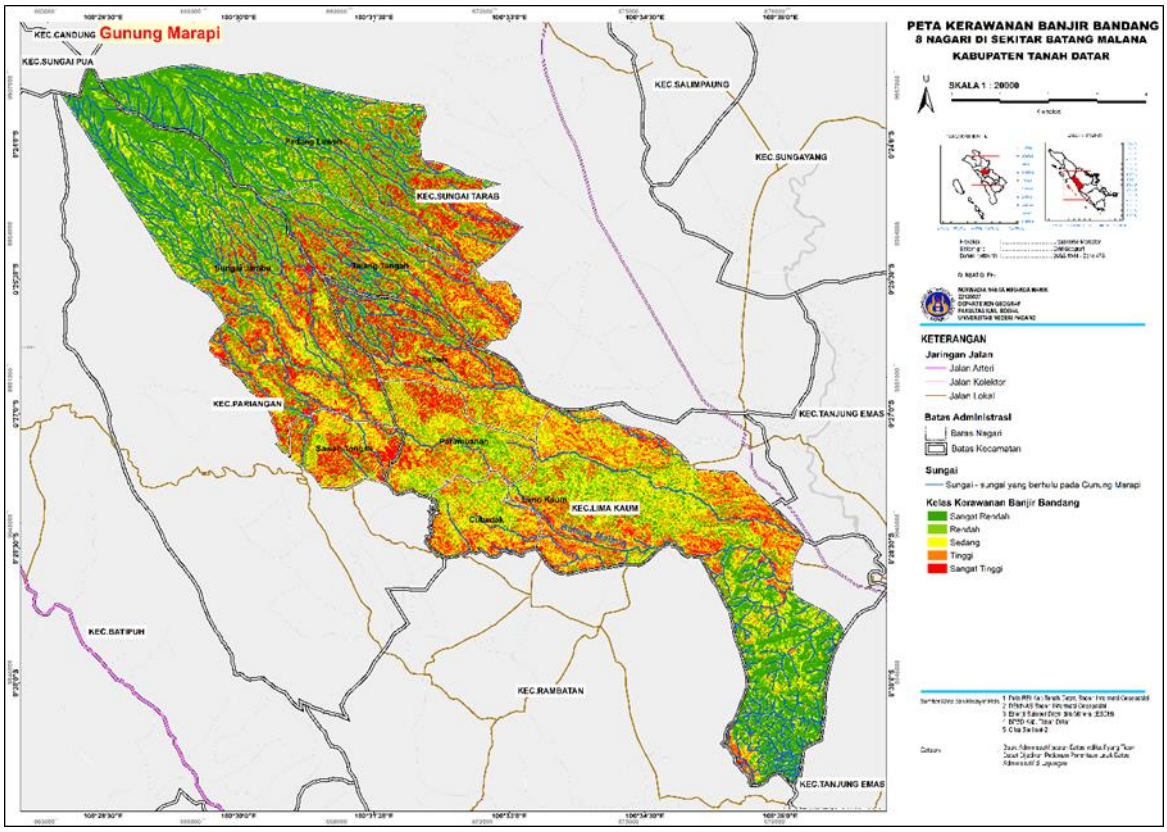
Gambar 4. Kurva *Receiver Operating Characteristic* (ROC).

Sumber: Pengolahan Model Prediksi Banjir Bandang Oleh Penulis, 2026.

Kurva ROC pada Gambar 3 menunjukkan hubungan antara *True Positive rate* dan *False Positive Rate* pada berbagai nilai *threshold*.. Kurva yang berada jauh di atas garis diagonal

menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan klasifikasi yang lebih baik dibandingkan prediksi acak. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* mampu memodelkan hubungan antara karakteristik topografi, hidrologi, klimatologi, geologi, dan tutupan lahan dengan kejadian banjir bandang secara baik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Wahba dkk. (2024) yang memperoleh nilai AUC sebesar 0,88 serta Li dkk. (2022) yang melaporkan nilai AUC sebesar 0,94 pada pemodelan bahaya banjir bandang menggunakan pendekatan *machine learning*. Perbedaan nilai performa tersebut dipengaruhi oleh karakteristik wilayah penelitian, jumlah sampel, kualitas data masukan, dan variasi variabel prediktor yang digunakan.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, model *Random Forest* dengan performa terbaik selanjutnya diterapkan pada seluruh wilayah penelitian untuk menghasilkan peta prediksi kerawanan banjir bandang. Hasil prediksi kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta yang diklasifikasikan ke dalam lima kelas kerawanan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi menggunakan metode *Natural Breaks* (Jenks). Peta prediksi kerawanan banjir bandang hasil pemodelan tersebut disajikan pada Gambar 5.



Gambar 4. Peta Prediksi Kerawanan Banjir Bandang 8 nagari di sekitar Batang Malana
Sumber: Pengolahan Peta Prediksi Banjir Bandang Oleh Penulis, 2026.

Peta prediksi kerawanan banjir bandang pada 8 nagari yang di sekitar Batang Malana menampilkan lima kelas kerawanan banjir bandang dimana masing masing luas kelas rawan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas tiap Kelas Kerawanan Banjir Bandang

No	Tingkat Rawan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat Rendah	2.051,08	26,98
2	Rendah	1.508,56	19,84

3	Sedang	1.642,12	21,6
4	Tinggi	1.511,71	19,88
5	Sangat Tinggi	888,57	11,69
Total		7.604,04	100,00

Sumber: Tabel Atribut Peta Prediksi Kerawanan Banjir Bandang, 2026

Berdasarkan Tabel 2, kelas rawan banjir bandang di 8 nagari (Nagari Padang Laweh, Nagari Talang Tangah, Nagari Sungai Jambu, Nagari Labuh, Nagari Sawah Tangah, Nagari Parambahan, Nagari Cubadak dan Nagari Limo Kaum) yang dilewati Batang Malana pada Kabupaten Tanah Datar didominasi kelas Sangat Rendah dengan luas 2.051,08 hektar (26,98%), diikuti kelas rawan Sedang dengan luas 1.642,12 (21,6%), kelas rawan Tinggi dengan luas 1.511,71 hektar (19,88%), kelas rawan Rendah dengan luas 1.508,56 hektar (19,84%), dan kelas rawan Sangat Tinggi dengan luas 888,57 hektar (11,69%) dengan total luas wilayah 7.604,04 hektar.

Pembahasan

Hasil pemodelan menghasilkan peta prediksi kerawanan banjir bandang yang diklasifikasikan menjadi lima kelas, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi menggunakan metode *Natural Breaks* (Jenks). Secara spasial, kerawanan banjir bandang membentuk pola memanjang mengikuti koridor jaringan sungai yang berhulu di Gunung Marapi. Kelas kerawanan tinggi hingga sangat tinggi terkonsentrasi di sepanjang sungai utama, sedangkan wilayah yang berada lebih jauh dari koridor sungai umumnya didominasi oleh kelas kerawanan sedang hingga sangat rendah. Pola tersebut menunjukkan bahwa wilayah di sekitar jalur aliran utama memiliki probabilitas banjir bandang yang lebih tinggi karena menjadi lokasi akumulasi limpasan permukaan dan aliran dari daerah hulu.

Pada bagian hulu DAS yang berada di sekitar Gunung Marapi, wilayah penelitian masih didominasi oleh kelas kerawanan sangat rendah hingga rendah meskipun memiliki jaringan sungai yang relatif rapat. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh morfologi pegunungan dengan lereng curam hingga sangat curam sehingga air belum mengalami akumulasi yang signifikan karena masih berada pada bagian awal sistem aliran. Sebaliknya, memasuki bagian tengah DAS, terutama di sekitar Nagari Padang Laweh, Sungai Jambu, Talang Tangah, Labuah, dan Sawah Tangah, kelas kerawanan tinggi hingga sangat tinggi mulai mendominasi. Wilayah ini merupakan zona konvergensi beberapa anak sungai sehingga menerima akumulasi aliran dari daerah hulu. Bertambahnya luas daerah tangkapan yang berkontribusi terhadap aliran menyebabkan volume dan energi aliran meningkat, sehingga potensi terjadinya banjir bandang menjadi lebih besar. Kondisi tersebut sejalan dengan konsep *variable contributing area* yang dikemukakan oleh Beven dan Kirkby (1979), serta hasil penelitian Benda dkk. (2004) yang menjelaskan bahwa pertemuan beberapa aliran (*river confluence*) meningkatkan konsentrasi aliran, transport sedimen, dan bahaya banjir pada bagian hilir DAS

Selanjutnya, pada bagian tengah hingga hilir DAS, yaitu Nagari Parambahan, Cubadak, dan Limo Kaum, kerawanan banjir bandang masih relatif tinggi meskipun penyebarannya lebih luas. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh topografi yang mulai melandai sehingga wilayah ini menjadi tempat akumulasi aliran dari seluruh bagian hulu DAS. Berbeda dengan bagian selatan Nagari Limo Kaum yang tetap didominasi oleh kelas kerawanan sangat rendah hingga rendah meskipun memiliki jaringan sungai yang relatif rapat. Kondisi ini diduga berkaitan dengan morfologi

perbukitan yang tidak termasuk dalam koridor utama Sungai Batang Malana sehingga tidak menjadi jalur utama akumulasi aliran banjir bandang.

Secara keseluruhan, pola distribusi kerawanan banjir bandang menunjukkan bahwa karakteristik topografi dan sistem hidrologi DAS merupakan faktor utama yang mengontrol sebaran kerawanan di wilayah penelitian. Wilayah yang berada di sepanjang koridor Sungai Batang Malana, khususnya pada bagian tengah hingga hilir DAS, menerima akumulasi limpasan permukaan serta material vulkanik dari kawasan hulu Gunung Marapi sehingga memiliki potensi lebih besar mengalami peningkatan debit aliran secara cepat ketika terjadi hujan berintensitas tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* mampu merepresentasikan pola spasial kerawanan banjir bandang dengan baik, sehingga peta yang dihasilkan berpotensi dimanfaatkan sebagai informasi pendukung dalam upaya mitigasi bencana, perencanaan tata ruang, dan pengurangan risiko bencana pada 8 nagari di sekitar Batang Malana, Kabupaten Tanah Datar.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* mampu memetakan prediksi kerawanan banjir bandang pada 8 nagari di sekitar Batang Malana dengan performa model yang baik, ditunjukkan oleh nilai *Area Under the Curve* (AUC) sebesar 0,828. Peta prediksi kerawanan yang dihasilkan mengklasifikasikan wilayah penelitian ke dalam lima kelas rawan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Secara spasial, kelas rawan tinggi hingga sangat tinggi terkonsentrasi di sepanjang koridor Sungai Batang Malana dan anak-anak sungai lainnya yang berhulu di Gunung Marapi. Pola tersebut menunjukkan bahwa wilayah yang menerima akumulasi aliran dari daerah hulu memiliki potensi kerawanan banjir bandang yang lebih besar dibandingkan wilayah lainnya yang tidak yang menerima akumulasi aliran hulu.

DAFTAR PUSTAKA

Adityawarman, A., & Triyatno. (2025). *Pemodelan spasial prediksi longsor di Kecamatan Malalak dan Kecamatan IV Koto, Kabupaten Agam dengan machine learning Random Forest*. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, 10*(3).

Al-Aizari, A. R., Alzahrani, H., AlThuwaynee, O. F., Al-Masnay, Y. A., Ullah, K., Park, H.-J., Al-Areeq, N. M., Rahman, M., Hazaea, B. Y., & Liu, X. (2024). Uncertainty reduction in flood susceptibility mapping using Random Forest and eXtreme Gradient Boosting algorithms in two tropical desert cities, Shibam and Marib, Yemen. *Remote Sensing, 16*(2), 336. https://doi.org/10.3390/rs16020336

Badan Informasi Geospasial. (n.d.). *Ina-Geoportal*. https://tanahair.indonesia.go.id

Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana. (2007). *Pengenalan karakteristik bencana dan upaya mitigasinya di Indonesia.*

Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2023). *Buku saku tanggap tangkas tangguh menghadapi bencana.*

Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Tanah Datar. (2024). *Data kejadian banjir bandang Kabupaten Tanah Datar*. (Data tidak dipublikasikan).

Beven, K. J., & Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin, 24*(1), 43–69. https://doi.org/10.1080/02626667909491834

Benda, L., Andras, K., Miller, D., & Bigelow, P. (2004). Confluence effects in rivers: Interactions of basin scale, network geometry, and disturbance regimes. *Water Resources Research, 40*(5). https://doi.org/10.1029/2003WR002583

Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning, 45*(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Li, J., Zhang, H., Zhao, J., Guo, X., Rihan, W., & Deng, G. (2022). Embedded feature selection and machine learning methods for flash flood susceptibility mapping in the mainstream Songhua River Basin, China. *Remote Sensing, 14*(21), 5523. https://doi.org/10.3390/rs14215523

MAGMA Indonesia. (2024). *Informasi aktivitas Gunung Marapi*. https://magma.esdm.go.id

Wahba, M., Essam, R., El-Rawy, M., Al-Arifi, N., Abdalla, F., & Elsadek, W. M. (2024). Forecasting of flash flood susceptibility mapping using Random Forest regression model and geographic information systems. *Heliyon, 10*(13), e33982. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33982

Xiao, T., Yin, K., Yao, T., & Liu, S. (2010). A new method of pseudo absence data generation in landslide susceptibility mapping with a case study of Shenzhen. *Science China Earth Sciences*, *53*(7), 1099–1111