

PEMETAAN *GEOHAZARD* BANJIR LAHAR PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI BATANG MALANO, GUNUNG MARAPI, SUMATERA BARAT

Rajhi Febri Nardi, Budhi Setiawan*

¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

*budhi.setiawan@unsri.ac.id

Diterima: 25 April 2025

Direvisi: 30 September 2025

Dipublikasikan: 25 Oktober 2025

ABSTRACT

Periodic volcanic activity at Mount Marapi from January to March 2024 resulted in the accumulation of volcanic material around the crater and on the slopes. Increased rainfall triggered landslides, which carried this material into rivers and caused cold lava floods in May 2024. This study applied the Normalized Morphometric Flood Index (NMFI) method, which normalizes seven morphometric parameters—drainage density, bifurcation ratio, ruggedness number, slope, dissection index, basin relief, and relief ratio—on a scale of 0 to 1. These were classified into three hazard levels: low (36.89%), medium (60.59%), and high (2.52%). The Batang Malano watershed shows high vulnerability upstream, decreasing to moderate downstream. Given Mount Marapi's continued eruptions into 2025, the risk of future lava floods remains significant. Strategic mitigation planning, evacuation routes, and resilient infrastructure are urgently needed along the Batang Malano watershed.

Keywords: *Batang Malano; Geohazard; Lava Flood; NMFI; Watershed.*

ABSTRAK

Aktivitas vulkanik Gunung Marapi yang meningkat secara periodik dari Januari hingga Maret 2024 menyebabkan akumulasi material vulkanik di sekitar kawah dan lereng. Curah hujan tinggi di wilayah tersebut memicu longsoran material yang terbawa aliran sungai, menghasilkan banjir bandang berupa lahar dingin pada Mei 2024. Penelitian ini menggunakan metode Normalized Morphometric Flood Index (NMFI) untuk menormalkan tujuh parameter morfometri: kerapatan aliran, rasio bifurkasi, angka kekasaran, kemiringan, indeks diseksi, relief DAS, dan rasio relief. Hasil normalisasi diklasifikasikan menjadi tiga kelas bahaya: rendah (36,89%), sedang (60,59%), dan tinggi (2,52%). Peta kerentanan menunjukkan indeks bahaya tinggi di hulu Batang Malano dan menurun ke arah hilir. Dengan potensi erupsi Gunung Marapi yang masih berlanjut hingga 2025, risiko banjir lahar tetap tinggi. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan mitigasi yang matang, jalur evakuasi yang aman, dan infrastruktur yang tangguh di sepanjang DAS Batang Malano.

Kata Kunci: Banjir Lahar; Batang Malano; DAS; *Geohazard*; NMFI.

A. PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan provinsi yang termasuk kedalam zona tektonik aktif akibat interaksi antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia, yang dimana ini menyebabkan keterbentukan beberapa gunung api aktif, termasuk Gunung Marapi (Rminda et al., 2018). Aktivitas vulkanik pada gunung ini berpotensi menimbulkan berbagai bencana geologi, salah satunya banjir lahar. Gunung yang terletak di Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar ini meletus pada Januari tahun 2024 yang memuntahkan berbagai material vulkanik pada radius 4 – 4,5 km dari kawah. Erupsi ini terus terjadi secara berkala dari bulan Januari – Maret 2024. Lalu pada bulan Mei 2024 terjadi bencana banjir lahar yang disebabkan oleh penumpukan material vulkanik pada sekitar puncak gunung dan lereng, lalu curah hujan yang tinggi pada daerah puncak dan lereng gunung ini menyebabkan pergerakan atau erosi dari material vulkanik yang mengalir dari hulu sungai hingga sampai ke daerah hilir yang

berdampak besar pada pemukiman yang merusak rumah penduduk, perkebunan, sawah, jalan dan jembatan (Ulinuha et al., 2019).

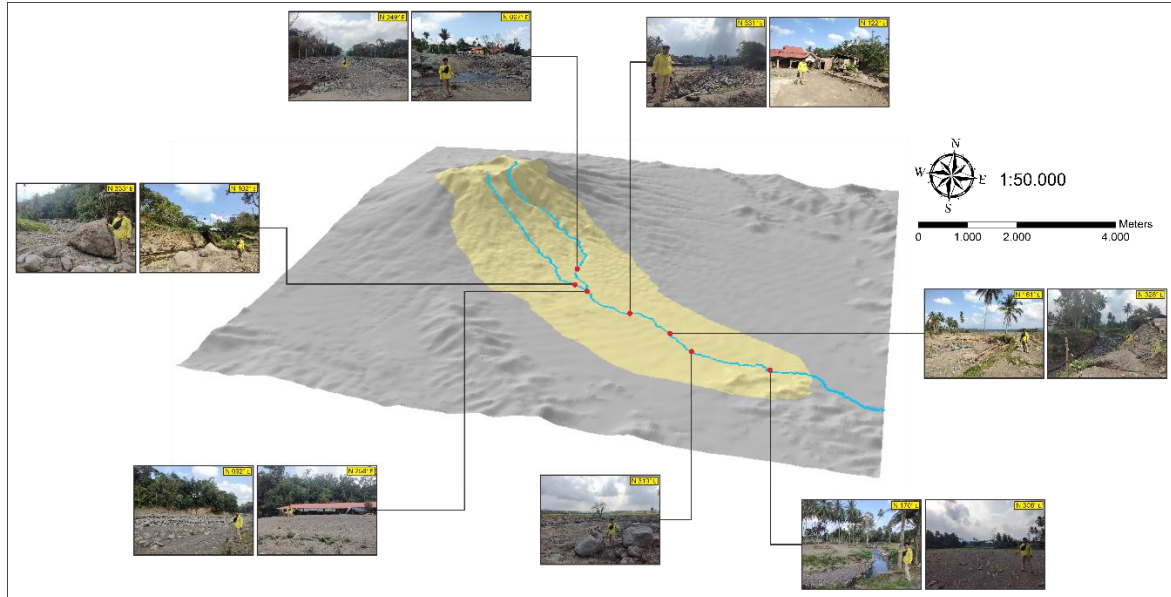
Akibat potensi bencana yang tinggi pada sekitar Gunung Marapi, maka dari itu perlu adanya penelitian yang membahas bencana yang disebabkan oleh gunung tersebut. Penelitian mengenai *geohazard* dari banjir lahar memiliki peran penting dalam upaya mitigasi bencana, khususnya dalam mengantisipasi potensi ancaman terhadap masyarakat dan infrastruktur di sekitar Gunung Marapi.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah rawan bencana banjir lahar dengan peta *geohazard* banjir lahar, dimana peta ini membagi zona-zona dari kelas bahaya rendah, sedang, dan tinggi. Informasi ini dapat menjadi salah satu aspek dalam perencanaan tata ruang pada wilayah rawan bencana banjir lahar, kajian strategi untuk jalur evakuasi, serta edukasi masyarakat terhadap risiko banjir lahar pada masa yang akan datang, sehingga mengurangi dampak yang ditimbulkan jika bencana ini terjadi kembali.

B. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini berfokus pada daerah DAS (Daerah Aliran Sungai) Batang Malano yang terdapat di Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat. Sungai ini berhulu di lereng Gunung Marapi dan melintasi beberapa nagari (desa), termasuk Nagari Sungai Jambu di Kecamatan Pariangan. Aliran sungai ini berperan penting dalam ekosistem lokal dan menjadi sumber air bagi masyarakat sekitarnya. Sungai Batang Malano ini juga merupakan salah satu sungai yang mengalami banjir lahar dari aktivitas vulkanik Gunung Marapi pada 2024 silam. Dampak yang dihasilkan oleh banjir lahar pada sungai ini yang besar dimana menyebabkan kerusakan infrastruktur bahkan korban jiwa (Yanto et al., 2024).

Pengumpulan data pada penelitian ini terbagi menjadi data primer dan data sekunder. Untuk data primer dilakukan observasi lapangan dengan tujuh lokasi pengamatan dimana bertujuan untuk mengetahui kerusakan infrastruktur, litologi batuan dan besar material yang terdapat pada daerah terdampak (**Gambar 1**). Lalu data sekunder berupa data *Topographic Digital Elevation Model* (DEM) yang diperoleh dalam laman resmi DEMnas yang digunakan dalam pengolahan peta morfometri.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan Daerah Penelitian

Pada penelitian ini analisa data dilakukan menggunakan metode *Normalized Morphometric Flood Index* (NMFI) yang dimana konsep dari metode ini didasarkan pada analisis bentuk dan struktur fisiografi DAS, yang berperan dalam menentukan bagaimana air hujan atau aliran permukaan bergerak dan terdistribusi (Ozdemir & Akbas, 2023). Pada daerah penelitian yang berfokus pada banjir lahar penggunaan peta morfometri harus sesuai dan memenuhi parameter untuk banjir lahar tersebut (Bhat et al., 2019). Maka dari itu, peta morfometri (Tabel 1) yang digunakan berupa *Dissection Index*, *Bifurcation Ratio*, *Ruggedness Number*, *Drainage Density*, *Basin Relief*, *Relief Ratio* dan *Slope*.

Tabel 1. Tabel Rumus Peta Morfometri

Parameter Morfometri	Rumus	Referensi
<i>Drainage Density (Dd)</i>	$Dd = \frac{L}{A}$	Horton, 1945
<i>Bifurcation Ratio (Br)</i>	$Dd = \frac{Nn}{Nn + 1}$	Schumn, 1956
<i>Ruggedness Number (Rn)</i>	$Rn = Dd \times (H - h)$	Schumn, 1956
<i>Slope (S)</i>	$S = \frac{H - h}{L}$	Schumn, 1956
<i>Dissection Index (DI)</i>	$DI = \frac{H - h}{H}$	Schumn, 1956

Parameter Morfometri	Rumus	Referensi
<i>Basin Relief (Br)</i>	$Br = H - h$	Schumn, 1956
<i>Relief Ratio (Rr)</i>	$Rr = \frac{R}{L}$	Schumn, 1956

Metode NMFI ini melibatkan normalisasi setiap parameter morfometri ke dalam skala 0 - 1, sehingga memungkinkan perbandingan yang lebih objektif antar wilayah. Normalisasi dilakukan dengan membandingkan nilai parameter suatu DAS dengan nilai maksimum dan minimum dalam kumpulan data (Ozdemir & Akbas, 2023). Setelah semua parameter dinormalisasi, indeks NMFI dihitung dengan menggabungkan nilai-nilai tersebut. Berikut merupakan rumus pengolahan indeks morfometri NMFI (Ozdemir & Akbas, 2023).

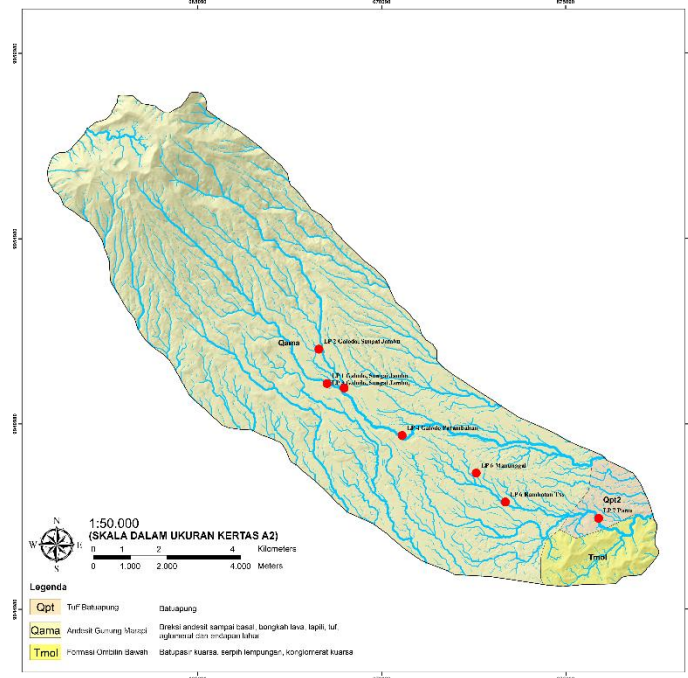
$$NMFI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{mi - mi \min}{mi \max - mi \min} \right)$$

Lalu setelah itu dilakukan penggabungan seluruh parameter morfometri menjadi satu peta hasil. Penggabungan ini menggunakan metode *overlay intersection* yang dilakukan pada software *ArcMap* 10.8. *Intersect* merupakan suatu operasi yang memotong sebuah *layer input* atau masukan dengan atribut dari *overlay* untuk menghasilkan *output* dengan atribut yang memiliki data atribut dari kedua *input* yang beririsan (U.N. et al., 2005). Melalui metode tersebut sehingga didapatkan peta akhir Peta Potensi Banjir Lahar Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Malano.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

C.1 Geologi Daerah Penelitian

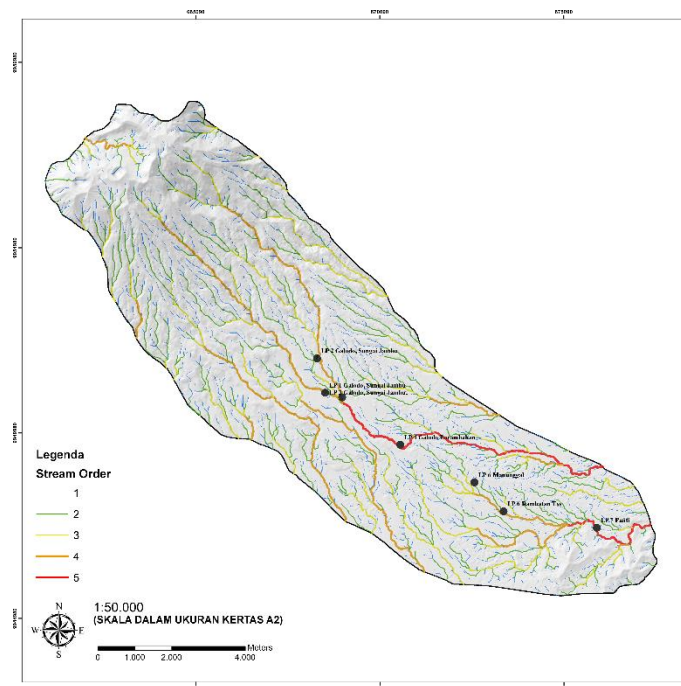
Daerah penelitian terdiri dari 3 formasi batuan, yaitu Qpt (Tuff Batuapung), Qama (Andesit Gunung Marapi), dan Tmol (Anggota Bawah Formasi Ombilin) (**Gambar 2**). Formasi Qpt (Tuff Batuapung) terdiri atas litologi batuapung didalam matriks kaca kelaran dimana formasi ini terdapat pada bagian hilir batang. Lalu Formasi Qama (Andesit Gunung Marapi) yang terdiri atas breksi andesit sampai basal, bongkah lava, bongkah lapili, tuff, aglomerat dan endapan lahar. Lalu terendapkan sedikit Formasi Tmol (Anggota Bawah Formasi Ombilin) pada bagian hilir Sungai Batang Malano dengan litologi batupasir kuarsa, serpih lempungan, dan konglomerat kuarsa (Koesoemadinata & Matasak, 1981).



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

C.2 Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS Batang Malano merupakan daerah aliran sungai yang memanjang dengan arah Barat Laut (NW) – Tenggara (SE) pada Kecamatan Pariangan, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. DAS Batang Malano memiliki luas 90,5 km² dan total Panjang aliran sungai 19,9 km dengan orde sungai dominan orde pertama dan kedua pada DAS utama dan pada sub-DAS nya beragam dari orde pertama hingga kelima (**Gambar 3**).

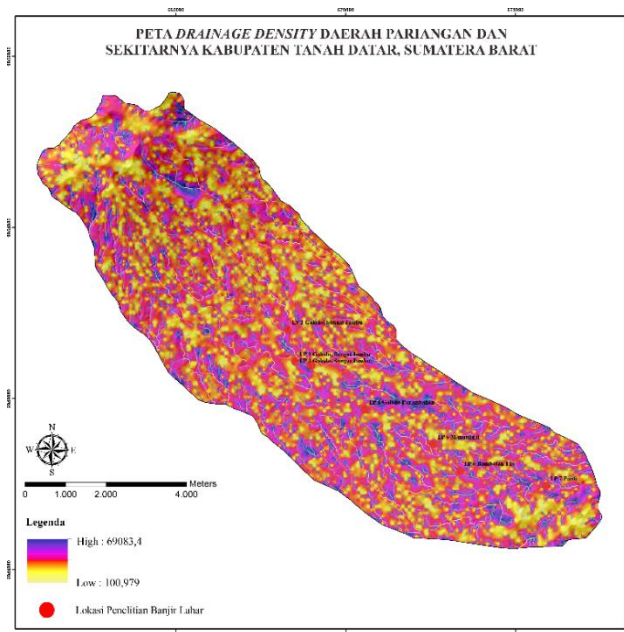


Gambar 3. Peta Stream Order

C.3 Parameter Morfometri dan Potensi Banjir

Parameter morfometri dapat digunakan untuk memahami karakteristik suatu DAS (Daerah Aliran Sungai), kondisi hidrologi suatu DAS, dan karakteristik erosi suatu DAS. Penentuan parameter morfometri yang tepat terhadap daerah penelitian banjir, dimana setiap jenis dan tipe banjir berbeda untuk parameter morfometrinya (Prabowo, 2022). Pada banjir lahar kali ini digunakan tujuh parameter morfometri, yaitu *Drainage Density (Dd)*, *Bifurcation Ratio (Br)*, *Ruggedness Number (Rn)*, *Slope (S)*, *Dissection Index (Di)*, *Basin Relief (Br)*, dan *Relief Ratio (Rr)*.

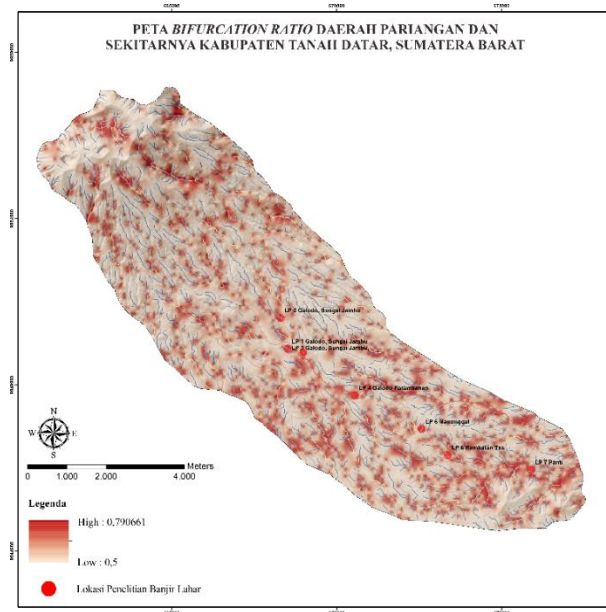
Pertama peta *Drainage density (Dd)* merupakan salah satu aspek morfometri yang digunakan untuk mengetahui kerapatan aliran pada suatu daerah aliran sungai yang dimana ini mencerminkan kemampuan drainase dalam menyalurkan air (Horton, 1945). Dapat dilihat pada peta *Drainage density (Dd)*, tingkat nilai Dd pada DAS Batang Malano dominan tingkat sedang hingga tinggi (**Gambar 4**), dimana ini mengartikan bahwa daerah aliran sungai ini memiliki tingkat kerentanan banjir lahar yang sedang sampai cukup tinggi apabila terjadinya peningkatan debit aliran sungai secara signifikan.



Gambar 4. Peta *Drainage Density*

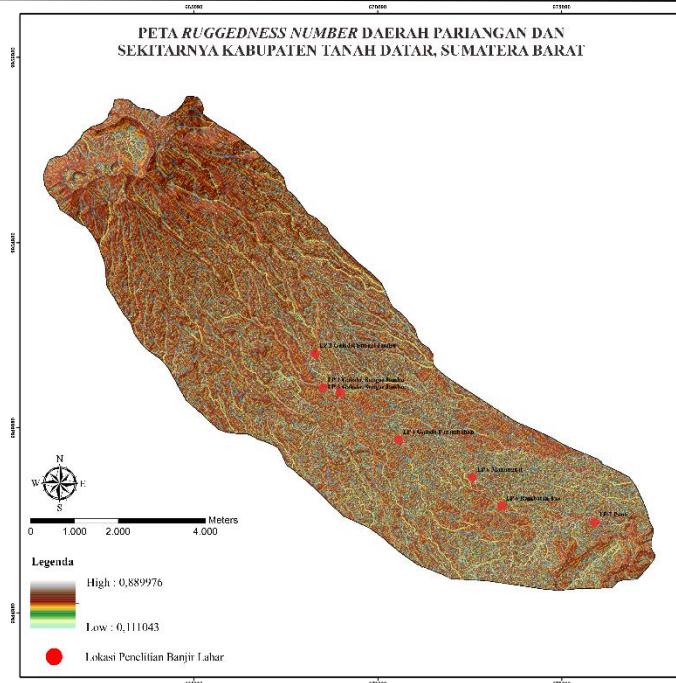
Parameter morfometri selanjutnya *Bifurcation ratio (Br)* merupakan aspek morfometri yang menunjukkan tingkat percabangan yang terbentuk pada sistem sungai dan pengaruh aspek-aspek geologi terhadap pola aliran (Schumm, 1956). Dari hasil pengolahan peta *Bifurcation ratio (Br)* nilai yang didapat cenderung merata dari rendah sampai tinggi (**Gambar 5**). Namun pada sepanjang DAS Batang Malano cenderung

memiliki nilai yang tinggi, dimana jika terjadi bencana banjir lahar, aliran lebih terfokus pada DAS utama sehingga wilayah yang terdampak sebagian besar berdampak pada sekitar DAS utama, yaitu DAS Batang Malano.



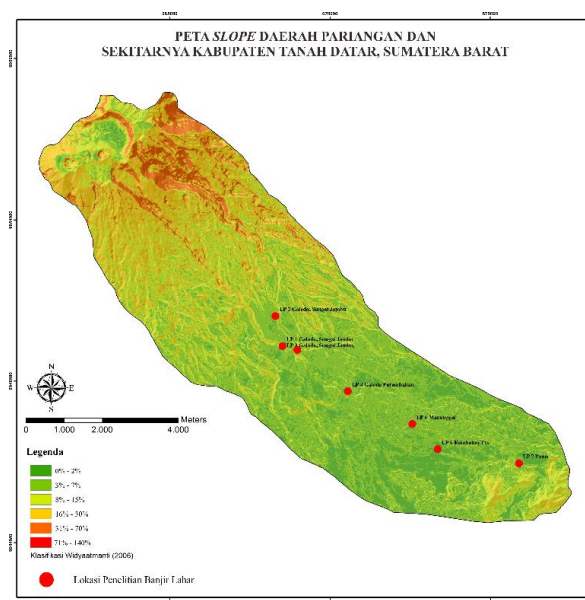
Gambar 5. Peta *Bifurcation Ratio*

Selanjutnya parameter morfometri yang digunakan *Ruggedness number (Rn)* yang dimana aspek morfometri ini menginterpretasikan data dari relief atau kontur dengan kaitan drainase yang menilai indeks kekasaran dari daerah yang diteliti (Schumm, 1956). Dari hasil pengolahan peta *Ruggedness number (Rn)* didapatkan nilai Rn yang tinggi, terutama pada daerah hulu DAS Batang Malano (**Gambar 6**). Hal ini menandakan jika terjadinya banjir lahar pada DAS Batang Malano, material vulkanik mudah terbawa pada daerah hulu hingga ke hilir karena nilai Rn yang tinggi atau kasar.



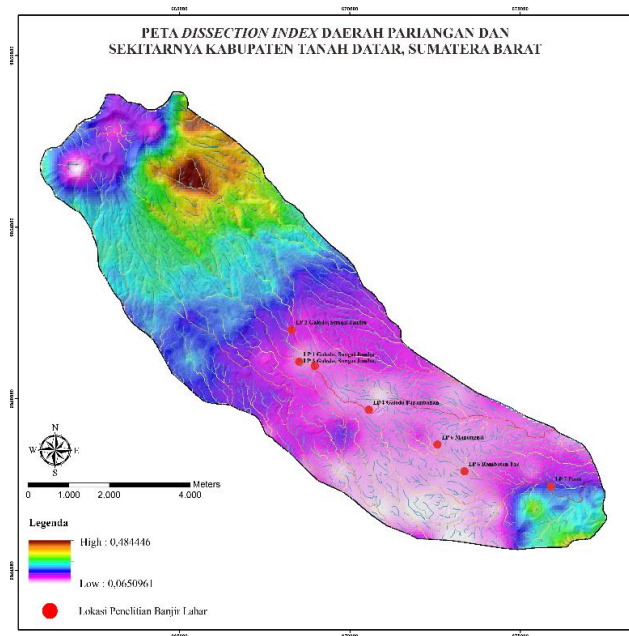
Gambar 6. Peta *Ruggedness Number*

Parameter morfometri yang keempat *Slope (S)* merupakan indeks seberapa besar kemiringan lereng yang terdapat pada daerah penelitian (Widyatmanti et al., 2016). Dari hasil pengolahan peta *Slope (S)* didapatkan hasil beragam dari rendah hingga tinggi (**Gambar 7**). Pada daerah hulu DAS Batang Malano indeks *slope* cenderung tinggi hingga sampai ke daerah hulu perlahan turun dari sedang sampai rendah. Hal ini menandakan transportasi banjir lahar yang cepat pada daerah hulu DAS Batang Malano, namun pada daerah hilir cenderung melambat, tetapi dampaknya masih cukup besar pada daerah hilir.



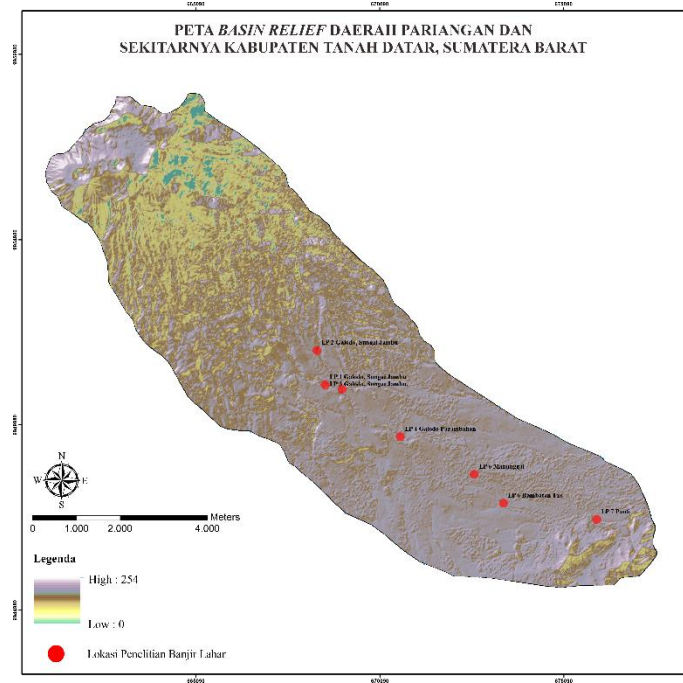
Gambar 7. Peta *Slope*

Parameter morfometri selanjutnya *Dissection index (Di)* yang merupakan indeks zona yang mengalami erosi dengan kaitan pembelahan dari bentuk relief (Schumm, 1956). Dari hasil pengolahan peta *Dissection index (Di)* didapatkan hasil yang sangat tinggi pada daerah hulu DAS Batang Malano, namun semakin ke hilir sungai perlahan nilai Di-nya turun (**Gambar 8**). Hal ini menandakan bahwa indeks zona yang tererosi pada bagian hulu DAS Batang Malano yang sangat tinggi sehingga material vulkanik yang terendapkan pada daerah kawah Gunung Marapi jika terjadi peningkatan curah hujan, maka potensi banjir lahar makin tinggi walau pada daerah hulu zona erosi atau nilai Di-nya yang sedang hingga rendah.



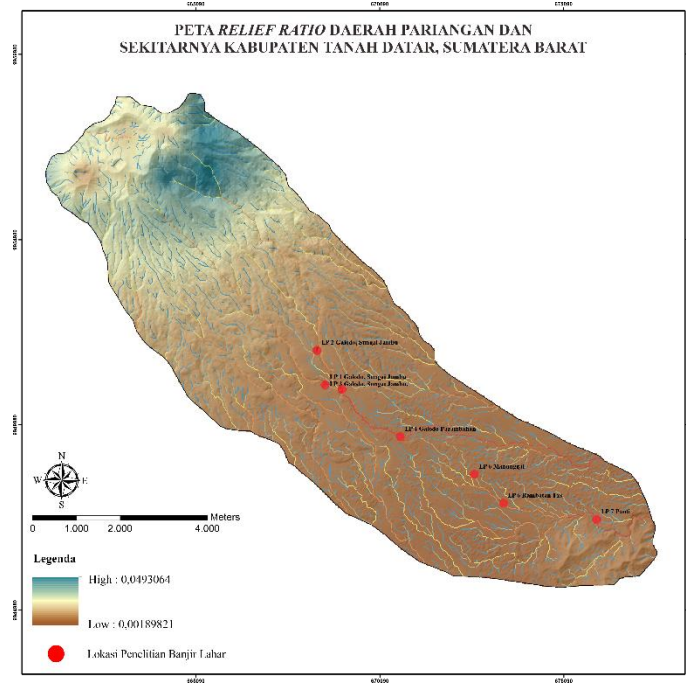
Gambar 8. Peta *Dissection Index*

Selanjutnya salah satu aspek morfometri yang sekaligus berkaitan dengan karakteristik DAS Batang Malano, yaitu *Basin relief (Bf)*. Daerah aliran sungai (DAS) Batang Malano memiliki elevasi terendah 381 mdpl dan elevasi tertinggi 2877 mdpl, dengan nilai *basin relief* yang relatif tinggi (**Gambar 9**). Dengan nilai yang didapat hal ini menandakan selisih antara titik elevasi tertinggi dengan elevasi terendah pada DAS Batang Malano yang beragam, dimana ini dapat mengetahui karakteristik suatu DAS, yang meliputi keadaan denudasional dan perkembangan jaringan dari sungai (Schumm, 1956).



Gambar 9. Peta *Basin Relief*

Parameter morfometri yang terakhir, yaitu *Relief ratio* (R_r) yang merupakan rasio antara indeks *Basin relief* dengan panjang sungai utama atau DAS utama yang mencerminkan seberapa curam DAS secara keseluruhan (Schumm, 1956). Dari hasil pengolahan peta *Relief ratio* (R_r) didapatkan hasil pada daerah hulu DAS Batang Malano nilai yang tinggi dan pada daerah hulu didominasi nilai rendah (**Gambar 10**). Hal ini menandakan bahwa pada daerah hulu DAS Batang Malano karakteristik DAS cukup curam dengan didukung aspek dari keadaan relief nya. Dimana jika terjadinya banjir lahar, alirannya akan mengalir dengan cepat dari hulu menuju ke daerah hilir dari DAS Batang Malano.



Gambar 10. Peta Relief Ratio

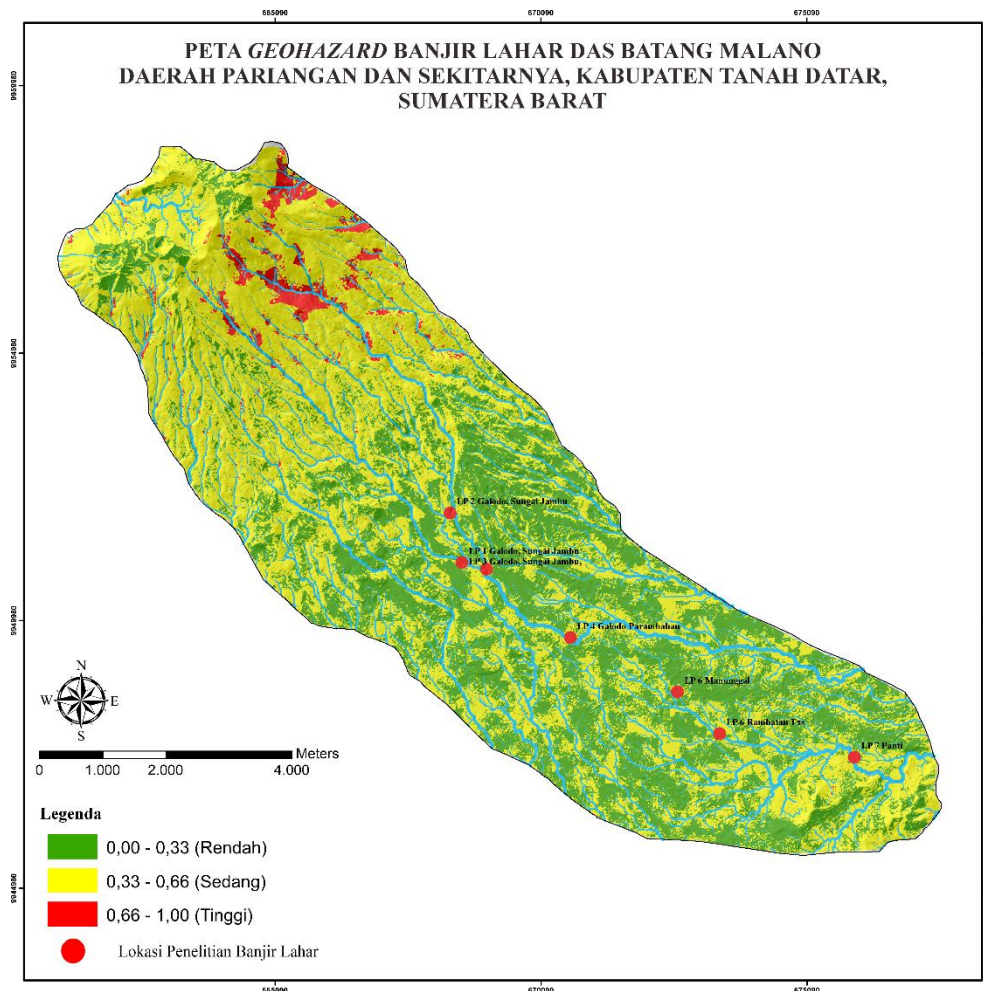
C.4 Hasil Analisis *Normalized Morphometric Flood Index (NMFI)* dan Potensi Geohazard Banjir Lahar pada DAS Batang Malano

Metode *Normalized Morphometric Flood Index (NMFI)* dinilai cocok dalam kajian potensi berbagai jenis banjir, termasuk banjir lahar. Metode ini bertujuan mengurangi subjektivitas dalam penilaian kerentanan banjir dengan menormalkan nilai-nilai parameter morfometri ke dalam skala 0 hingga 1 (Ozdemir & Akbas, 2023). Dengan penyederhanaan ini diharapkan tingkat kesalahan dapat dikurangi dan meningkatkan ketelitian nilai dalam menganalisis potensi banjir dalam suatu daerah aliran sungai. Hasil yang diharapkan berupa peta *Geohazard* Banjir DAS Batang Malano yang dibagi menjadi 3 klasifikasi dari rendah (0,00 – 3,33), sedang (3,33 – 6,66), dan tinggi (6,66 – 1,00) (Islam & Setiawan, 2024).

Terdapat tujuh parameter yang digunakan dalam penelitian kali ini yang berkaitan dengan aspek morfometri banjir lahar, yaitu *Drainage density (Dd)*, *Bifurcation ratio (Br)*, *Ruggedness number (Rn)*, *Slope (S)*, *Dissection index (Di)*, *Basin relief (Br)*, dan *Relief ratio (Rr)* (**Tabel 1**).

Untuk mendapatkan nilai NMFI, perlu dilakukan normalisasi pada setiap aspek morfometri tersebut dengan rumus NMFI. Setelah dilakukan normalisasi pada setiap aspek nya, lalu dilakukan *overlay* peta-peta tersebut dengan *tools intersect* pada *ArcGIS* dengan catatan nilai NMFI dikonversi menjadi *polygon* terlebih dahulu. *Overlay* sendiri merupakan teknik penggabungan beberapa *layer* dan menghasilkan *layer* baru dari

penggabungan tersebut. Sementara itu *polygon* merupakan salah satu jenis data *vector* yang digunakan untuk menggambarkan suatu luasan atau suatu area (Rochman et al., 2022). Setelah setiap ketujuh data diolah dalam rumus NMFI, lalu dikonversi menjadi data *polygon*, yang kemudian dikelompokkan menjadi 3 klasifikasi yaitu rendah, sedang, dan tinggi sesuai dengan nilai indeks NMFI masing-masing, sehingga menjadi peta hasil, yaitu Peta *Geohazard* Banjir Lahar (**Gambar 11**).



Gambar 11. Peta *Geohazard* Banjir Lahar

Klasifikasi nilai indeks NMFI yang telah dinormalisasi, dibagi menjadi rendah, sedang, dan tinggi (**Tabel 2**). Klasifikasi ini merupakan hasil dari pengelompokan indeks – indeks morfometri yang telah dinormalisasi menggunakan rumus NMFI. Dilihat dari jumlah *polygon* terlihat kelas sedang (kuning) mendominasi dengan jumlah 142.545 lalu kelas rendah (hijau) dengan jumlah 86.766 dan terakhir kelas tinggi (merah) dengan jumlah 5.897. Karena penelitian berfokus pada DAS Batang Malano dari hulu hingga ke hilir sungai terdapat 2 kelas saja, yaitu tinggi pada bagian hulu sungai dan sedang pada bagian hilir sungai.

Tabel 2. Tabel Kelas Potensi Banjir Lahar Berdasarkan Nilai NMFI

Nilai NMFI	Jumlah Polygon	Kelas Bahaya	Warna
0,00 - 0,33	86.766	Rendah	Hijau
0,33 - 0,66	142.545	Sedang	Kuning
0,66 - 1,00	5.897	Tinggi	Merah

Berdasarkan hasil analisis jumlah indeks NMFI, dilakukan presentase terhadap nilai – nilai NMFI pada daerah penelitian. Hasil presentase yang paling tinggi didapatkan pada kelas bahaya sedang sebesar 60,59%, lalu kelas bahaya rendah sebesar 36,89%, dan kelas tinggi sebesar 2,52% (**Tabel 3**)

Tabel 3. Presentase nilai NMFI

Nilai NMFI	Presentase	Kelas Bahaya
0,00 - 0,33	36,89%	Rendah
0,33 - 0,66	60,59%	Sedang
0,66 - 1,00	2,52%	Tinggi

Setelah dilakukan analisis peta potensi banjir lahar, memang sebagian besar wilayah pada daerah penelitian didominasi oleh kelas bahaya sedang dan rendah, hanya sedikit wilayah yang memiliki kelas bahaya tinggi. Namun pada penelitian kali ini berfokus pada DAS Batang Malano yang merupakan daerah aliran sungai utama yang memiliki hulu pada Gunung Marapi. Jika kita melihat pada sepanjang alirang DAS Batang Malano ini dari hulu sungai tergolong kedalam kelas bahaya tinggi, lalu pada wilayah tengah dari aliran DAS Batang Malano yang juga merupakan pemukiman tergolong kelas bahaya sedang (**Gambar 11**), ini ditandai dengan hasil observasi lapangan (**Gambar 1**) terdapat 3 titik pengamatan pada Nagari Pariangan dengan dampak kerusakan yang cukup besar. Pada bagian tengah daerah aliran ini juga merupakan pertemuan dengan sub-DAS Batang Malana Ketek. Selanjutnya semakin menuju daerah hilir sungai masih didominasi oleh kelas bahaya sedang (**Gambar 11**) dengan 3 titik pengamatan pada batas Nagari Pariangan dan Nagari Limo Kaum (**Gambar 1**). Lalu terjadi perluasan pada kelas bahaya sedang (**Gambar 11**) pada wilayah hilir sungai dengan 1 titik pengamatan pada Nagari Rambatan (**Gambar 1**) yang menandakan penumpukan material – material vulkanik yang semakin halus pada wilayah tersebut.

Karena indeks bahaya pada sepanjang DAS Batang Malano yang masih beresiko akan terjadinya banjir lahar suatu saat nanti, masyarakat diharapkan agar lebih

memperhatikan kenaikan debit air aliran Batang Malano terutama saat musim penghujan, karena penumpukan material vulkanik pada sekitar kawah Gunung Marapi dan kondisi material pada bagian hulu DAS Batang Malano yang rawan akan terjadinya longsor dapat menyebabkan bencana ini terulang suatu saat nanti. Pemerintah setempat diharapkan dapat merencanakan bagaimana penyuluhan mitigasi bencana, jalur evakuasi, dan perhitungan jarak pembangunan infrastruktur kembali dari sekitar DAS Batang Malano.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari tujuh parameter morfometri yang telah dinormalisasi menggunakan metode *Normalized Morphometric Flood Index (NMFI)*, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki indeks kelas bahaya banjir lahar yang dominan sedang dengan presentase 60,59% dengan jumlah *polygon* 142.545, lalu indeks kelas bahaya rendah dengan presentase 36,89% dengan jumlah *polygon* 86.766, dan indeks kelas bahaya tinggi dengan presentase 2,52% dengan jumlah *polygon* 5.897.

Sepanjang DAS Batang Malano daerah dengan tingkat kerawanan bahaya banjir lahar yang tinggi merupakan daerah dengan nilai *Drainage density (Dd)* yang tinggi, nilai *Bifurcation ratio (Br)* yang tinggi, nilai *Ruggedness number (Rn)* yang tinggi, nilai *Slope (S)* yang agak curam - curam, nilai *Dissection index (Di)* yang tinggi, nilai *Basin relief (Br)* yang tinggi, dan nilai *Relief ratio (Rr)* yang tinggi pada daerah hulu dan sedang – rendah pada daerah hilir.

Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Malano yang berhulu pada Nagari Pariangan dan mengalir hingga Nagari Lima Kaum dan Nagari Rambatan . Jika dikorelasikan dengan hasil yang didapatkan pada peta *Geohazard* Banjir Lahar DAS Batang Malano, sepanjang aliran DAS Batang Malano didominasi dengan indeks kelas bahaya sedang yang ditunjukkan pada daerah tengah hingga ke hilir DAS Batang Malano yang terlihat membesar pada daerah hilir sungai nya yang terdapat pada LP 7 di Nagari Rambatan dan indeks kelas bahaya tinggi pada daerah hulu DAS Batang Malano yang berdekatan dengan kawah Gunung Marapi. Dengan hasil yang didapatkan pada DAS Batang Malano indeks bahaya akan banjir lahar masih tergolong cukup tinggi. Bahaya akan bencana ini akan terjadi kembali diperkuat dengan erupsi yang masih terjadi pada Gunung Marapi hingga April 2025 dan peningkatan curah hujan pada Kabupaten Tanah Datar dan sekitarnya, maka dari itu perlu adanya tindak mitigasi bencana yang baik agar dampak yang ditimbulkan oleh bencana ini dapat dikurangi. Beberapa strategi mitigasi dapat diterapkan, seperti sistem peringatan

dini atau *Early Warning System* (EWS) yang dihubungkan dengan kenaikan debit DAS Batang Malano secara signifikan, lalu jalur evakuasi yang telah direncanakan dengan baik dan mudah diakses, lalu edukasi akan mitigasi bencana banjir lahar kepada masyarakat, dan terakhir pembuatan peta *geohazard* banjir lahar.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Bhat, M. S., Alam, A., Ahmad, S., Farooq, H., & Ahmad, B. (2019). Flood hazard assessment of upper Jhelum basin using morphometric parameters. *Environmental Earth Sciences*, 78(2), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8046-1>
- Horton, R. E. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins, Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 37(12), 555–558. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56)
- Islam, M. I., & Setiawan, B. (2024). Analisis Kerentanan Banjir Menggunakan Metode Normalised Morphometric Flood Index (NMFI) Studi Khusus : sub-DAS Air Manna, Bengkulu Selatan. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, xx(xx), 1–10.
- Koesoemadinata, R. P., & Matasak, T. (1981). *Stratigraphy and sedimentation: Ombilin Basin, central Sumatra (West Sumatra Province)*.
- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry and hydrodynamic modeling results in terms of the flood generation potential of basins? A case study from the Ulus River Basin (Türkiye). *Journal of Hydrology*, 625(April). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129926>
- Prabowo, A. (2022). Identifikasi Morfometri Das Serang Dari Citra Srtm. *Kurvatek*, 7(1), 25–30. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v7i1.2762>
- Rminda, M. R., Brotospito, K. S., & Triastuty, H. (2018). Identifikasi Lokasi dan Q Factor Hiposenter Gunungapi Marapi, Sumatera Barat. *Bimipa*, 25(1), 1–8.
- Rochman, H. N., Andawayanti, U., & Fidari, J. S. (2022). Aplikasi Sistem Informasi Geografis Untuk Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Di Sub DAS Kota Malang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 127. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2022.002.02.10>
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*, 67(5), 597–646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67)

- U.N., D. H., Sunardi, & Soelistijadi. (2005). Pemanfaatan Analisis Spasial untuk Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, X, 108–116.
- Ulinuha, I., Prasetyo, Y., & Sabri, L. (2019). Analisis Spasial Aliran Lahar Menggunakan Hec-Hms Dan Hec-Ras Pada Kali Gendol-Opak Kawasan Gunung Merapi. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 20–28.
- Widyatmanti, W., Wicaksono, I., & Syam, P. D. R. (2016). Identification of topographic elements composition based on landform boundaries from radar interferometry segmentation (preliminary study on digital landform mapping). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 37(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/012008>
- Yanto, A., Veni, Rahayu, I. D., Febrianto, H., Simponi, M., & Afrianto, N. (2024). Analisis Kerusakan Lahan Pemukiman Pada Kawasan Berdampak Lahar Dingin Gunung Marapi Kabupaten Tanah Datar Sumatera Barat. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 9(3), 427–433.