

# **SKRIPSI**

## **PEMETAAN *GEOHAZARD* BANJIR LAHAR DINGIN STUDI KASUS: DAERAH ALIRAN SUNGAI BATANG MALANO, GUNUNG MARAPI, SUMATERA BARAT**



**RAJHI FEBRI NARDI  
03071282126035**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI  
JURUSAN PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

# **PEMETAAN *GEOHAZARD* BANJIR LAHAR DINGIN STUDI KASUS: DAERAH ALIRAN SUNGAI BATANG MALANO, GUNUNG MARAPI, SUMATERA BARAT**

Skripsi ini sebagai bagian dari Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
(S.T.) pada Program Studi Teknik Geologi



**RAJHI FEBRI NARDI  
03071282126035**

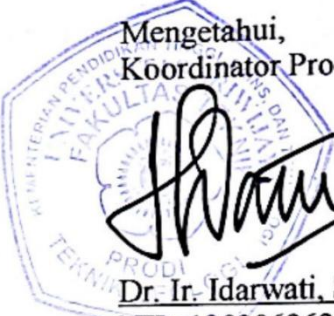
**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI  
JURUSAN PERTAMBANGAN DAN GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

### **PEMETAAN *GEOHAZARD* BANJIR LAHAR DINGIN STUDI KASUS: DAERAH ALIRAN SUNGAI BATANG MALANO, GUNUNG MARAPI, SUMATERA BARAT**

**Skripsi ini sebagai bagian dari Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Geologi**

Mengetahui,  
Koordinator Prodi Teknik Geologi,



Dr. Ir. Idarwati, S.T., M.T.  
NIP. 198306262014042001

Palembang, 28 Juni 2025  
Menyetujui,  
Pembimbing



Budi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197211121999031002

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tugas Akhir ini dengan judul Pemetaan *Geohazard* Banjir Lahar Dingin Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai Batang Malano, Gunung Marapi, Sumatera Barat telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Juli 2025.

Palembang, 11 Juli 2025

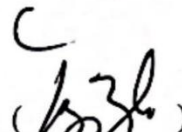
Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Pemetaan Geologi  
Ketua : Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc., Ph.D.

NIP. 195812261988111001

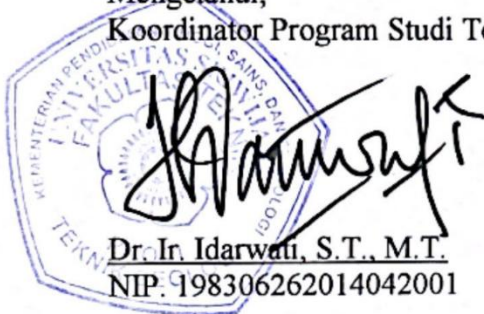
Anggota : Ir. Yogie Zulkurnia Rochmana, S.T, M.T.

NIP. 198904222020121003

()  
Juli 2025

()  
Juli 2025

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Teknik Geologi

  
Dr. Ir. Idarwati, S.T., M.T.  
NIP. 198306262014042001

Palembang, 11 Juli 2025  
Menyetujui,  
Pembimbing

()  
Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197211121999031002

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rajhi Febri Nardi

NIM : 03071282126035

Judul : Pemetaan *Geohazard* Banjir Lahar Dingin Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai Batang Malano, Gunung Marapi, Sumatera Barat

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan yang berlaku pada (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapa pun.



Palembang, 28 Juni 2025  
Membuat Pernyataan,

Rajhi Febri Nardi  
NIM. 03071282126035

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan laporan ini di masa mendatang. Penyusunan laporan ini tentunya tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Ibu Ir. Harnani, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas bimbingan dan arahnya selama proses perkuliahan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan ilmiah, masukan yang sangat berarti, serta motivasi yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- 1) Orang tua saya Bapak Yusnardi dan Ibu Desi Novita, S.S serta nenek saya Hj. Roslinar, adik tercinta Nafila Nardia Putri dan Rahid Rinaldi dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungannya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik
- 2) *"House of Leader Team"* Ashraf, Arya, Pace, Fathurrahman, Given, Candra, Ilham, Kurniawan, Adit, Alpino, Andra, Felix, Pogba, serta, Faiz, Zaki dan Bang Rastra yang membantu dan memberi semangat dalam proses pembuatan laporan tugas akhir, serta kelompok MK mitigasi bencana geologi Nasya, Titra, Salsa, Anton dan Andreas.
- 3) Reyan Permana, S.T., M. Ikhsan, S.T., M. Izzul Islam, S.T., dan M. Said Harfiandri, S.T. yang memberi arahan dan ilmu selama perkuliahan.
- 4) Seluruh teman - teman seperjuangan Teknik Geologi Angkatan 2021 yang telah bersama - sama berjuang sampai pada titik ini serta massa HMTG "SRIWIJAYA".
- 5) Zhura Salsabilla Putri yang hadir ketika penulis sedang mengalami masa sulit dalam penulisan tugas akhir ini yang memberikan semangat dan dorongan kepada penulis dan menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih sudah menemani, bukan tentang siapa yang paling lama bersama, tapi siapa yang hadir dengan tulus dan memberikan dukungan dengan sepenuh hati.

Demikianlah ucapan terima kasih yang dibuat oleh penulis. Mohon maaf apabila terdapat penulisan kata yang kurang berkenan. Penulis mengucapkan terima kasih.

Palembang, 28 Juni 2025

Penulis,



**Rajhi Febri Nardi**  
NIM. 03071282126035

## RINGKASAN

PEMETAAN *GEOHAZARD* BANJIR LAHAR DINGIN STUDI KASUS: DAERAH ALIRAN SUNGAI BATANG MALANO, GUNUNG MARAPI, SUMATERA BARAT  
Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tugas Akhir, 28 Juni 2025

Rajhi Febri Nardi, Dibimbing oleh Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.

XVI + 48 Halaman, 4 Tabel, 32 Gambar, 11 Lampiran

## RINGKASAN

Peningkatan aktivitas vulkanik Gunung Marapi yang terjadi secara berkala dari bulan Januari – Maret 2024 menyebabkan penumpukan material vulkanik pada sekitar kawah dan lereng gunung. Tercatat hingga bulan Juni 2025 aktivitas vulkanik pada gunung ini beberapa kali terjadi dan mengalami erupsi yang memuntahkan material vulkanik pada radius 2 – 3 km dari kawah Gunung Marapi. Penumpukan material vulkanik ini tentu sangat membahayakan yang dapat menyebabkan bencana – bencana baru pada masa yang akan datang. Peningkatan curah hujan yang terjadi pada daerah Gunung Marapi menyebabkan material vulkanik yang menumpuk tadi longsor dan terbawa oleh aliran sungai sehingga terjadinya banjir bandang yang membawa bebatuan, mulai dari ukuran besar hingga halus yang disebut banjir lahar dingin. Banjir lahar dingin ini terjadi pada Mei 2024 yang berdampak pada beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kabupaten Tanah Datar dan Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat. Salah satu Daerah Aliran Sungai yang terdampak, yaitu DAS Batang Malano yang mengalir dari Nagari Pariangan hingga Nagari Rambatan, Kabupaten Tanah Datar yang menjadi daerah penelitian.

Penelitian kali ini menggunakan metode *Normalized Morphometric Flood Index (NMFI)* yang bertujuan normalisasi nilai – nilai parameter morfometri ke dalam skala 0 hingga 1. Setiap parameter dinormalisasi dan dilakukan *overlay* yang kemudian dikelompokkan menjadi 3 klasifikasi, yaitu rendah (0,00 – 0,33), sedang (0,33 – 0,66), dan tinggi (0,66 – 1,00). Normalisasi dilakukan agar tingkat kesalahan dapat dikurangi dan meningkatkan ketelitian nilai dalam menganalisis potensi banjir lahar dingin pada suatu daerah aliran sungai. Sementara itu teknik *overlay* bertujuan untuk menggabungkan data – data parameter morfometri yang telah dinormalisasi tadi pada *tools intersect* pada aplikasi *ArcMap 10.8*.

Terdapat tujuh parameter yang digunakan dalam kajian banjir lahar, yaitu *drainage density* dengan fungsi untuk mengetahui kepadatan drainase atau suatu aliran sungai yang mencerminkan kemampuan menyalurkan airnya, *bifurcation ratio* dengan fungsi untuk menunjukkan tingkat percabangan pada sungai dengan pengaruh aspek – aspek geologi, *ruggedness number* dengan fungsi untuk mengetahui indeks kekasaran pada suatu relief atau keadaan topografi suatu daerah, *slope* dengan fungsi untuk mengetahui seberapa besar nilai dari kemiringan lereng suatu daerah, *dissection index* dengan fungsi untuk mengetahui zona erosi berdasarkan pada perhitungan pembelahan relief suatu daerah, *basin relief* dengan fungsi untuk menunjukkan perbedaan relief pada titik tertinggi dan titik terendah pada suatu daerah, dan *relief ratio* dengan fungsi menunjukkan rasio antara indeks *basin relief* dengan panjang sungai utama dari hulu hingga ke hilir.

Selain parameter morfometri, terdapat juga beberapa aspek pendukung yang berkaitan dengan proses maupun dampak yang ditimbulkan oleh banjir lahar dingin ini.

Terdapat tiga parameter pendukung yang dikaji pada daerah penelitian, yaitu parameter geologi lokal dan jenis formasi batuan yang bertujuan untuk mengetahui jenis formasi dan litologi batuan pada sekitar Gunung Marapi, parameter tutupan lahan yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan lahan pada daerah sekitar DAS Batang Malano, dan parameter curah hujan yang bertujuan untuk pengukuran suatu wilayah tertentu dalam periode tertentu yang menunjukkan tinggi air hujan yang terkumpul di atas permukaan tanpa mengalami penguapan, infiltrasi, dan *run off*.

Setelah itu, didapatkan hasil akhir peta Kerawanan Banjir Lahar DAS Batang Malano dengan persentase kelas bahaya rendah 36,89% dengan jumlah *polygon* 86.766, lalu kelas bahaya sedang 60,59% dengan jumlah *polygon* 142.545, dan kelas bahaya tinggi 2,52% dengan jumlah *polygon* 5.897. Sepanjang DAS Batang Malano indeks bahaya terbagi menjadi tinggi pada bagian hulu sungai dan perlahan berkurang ke indeks bahaya sedang pada saat menuju ke daerah hilir sungai. Dengan hasil ini potensi akan terjadinya banjir lahar kembali cukup tinggi, dikarenakan hingga tahun 2025 Gunung Marapi masih mengalami beberapa erupsi. Hal ini diperkuat oleh parameter pendukung dari jenis litologi berupa andesit, tuff, dan breksi yang cenderung bersifat lepas dan tidak padat sehingga mudah terbawa oleh aliran banjir lahar, lalu parameter tutupan lahan yang sebagian besar berupa perkebunan, sawah, dan pemukiman yang cenderung mengubah karakteristik permukaan tanah dan mempercepat aliran air permukaan, dan terakhir parameter curah hujan yang tinggi – sangat tinggi yang dihitung hingga bulan Mei 2025 tentu menjadi faktor penting akan bahayanya banjir lahar dingin ini terjadi kembali. Perlu adanya perencanaan mitigasi yang matang, jalur evakuasi, serta perencanaan infrastruktur yang baik di sekitar DAS Batang Malano.

**Kata Kunci:** Banjir Lahar Dingin, Batang Malano, DAS, Morfometri, NMF



## SUMMARY

### *COLD LAVA FLOOD GEOHAZARD MAPPING CASE STUDY: BATANG MALANO WATERSHED, MOUNT MARAPI, WEST SUMATRA*

*Scientific paper in the form of a Final Project, 28 Juni 2025*

Rajhi Febri Nardi, Supervised by Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.

*XVI+ 48 Pages, 4 Tables, 32 Pictures, 11 Appendix*

## SUMMARY

*The increase in volcanic activity at Mount Marapi, which occurs periodically from January to March 2024, causes a buildup of volcanic material around the crater and on the mountain slopes. Recorded until June 2025 volcanic activity on this mountain occurred several times and experienced eruptions that spewed volcanic material at a radius of 2 - 3 km from the crater of Mount Marapi. This accumulation of volcanic material is certainly very dangerous which can cause new disasters in the future. The increase in rainfall that occurred in the Mount Marapi area caused the accumulated volcanic material to slide and be carried by the river flow, resulting in flash floods that carried rocks of various sizes, ranging from large to fine, known as cold lava floods. A cold lava flood occurred in May 2024, affecting several watersheds in Tanah Datar Regency and Agam Regency, West Sumatra Province. One of the affected watersheds is the Batang Malano watershed that flows from Nagari Pariangan to Nagari Rambatan, Tanah Datar Regency, which is the research area.*

*This research employs the Normalized Morphometric Flood Index (NMF1) method, which aims to normalize the values of morphometric parameters on a scale of 0 to 1. Each parameter is normalized and overlaid, and then grouped into three classifications: low (0.00 - 0.33), medium (0.33 - 0.66), and high (0.66 - 1.00). Normalization is done to reduce the error rate and increase the accuracy of values in analyzing the potential of cold lava floods in a river basin. Meanwhile, the overlay technique aims to combine data - morphometric parameter data that has been normalized earlier in the intersect tools in the ArcMap 10.8 application.*

*There are seven parameters used in the study of lava floods, namely drainage density with the function to determine the drainage density or a river flow that reflects the ability to channel water, bifurcation ratio with the function to show the level of branching in the river with the influence of geological aspects, ruggedness number with the function to determine the roughness index on a relief or topographic condition of an area, slope with a function to determine how much the value of the slope of an area, dissection index with a function to determine the erosion zone based on the calculation of the relief division of an area, basin relief with a function to show the difference in relief at the highest point and the lowest point in an area, and relief ratio with a function to show the ratio between the basin relief index and the length of the main river from upstream to downstream.*

*In addition to morphometric parameters, there are also several supporting aspects related to the process and impact caused by the cold lava flood. There are three supporting parameters studied in the research area, namely the local geology parameter and the type of rock formation which aims to determine the type of rock formation and lithology around Mount Marapi, the land cover parameter which aims to determine how land use is in the area around the Batang Malano watershed, and the rainfall parameter*

*which aims to measure a certain area in a certain period that shows the height of rainwater collected on the surface without experiencing evaporation, infiltration, and run off.*

*After that, the final result of the Lava Flood Vulnerability map of Batang Malano watershed was obtained with a percentage of low hazard class 36.89% with a total of 86,766 polygons, then medium hazard class 60.59% with a total of 142,545 polygons, and high hazard class 2.52% with a total of 5,897 polygons. Along the Batang Malano watershed, the hazard index is high in the upstream part of the river and gradually decreases to a moderate hazard index as one heads downstream. With these results, the potential for lava floods to occur again is quite high, as Mount Marapi is still experiencing several eruptions as of 2025. This is reinforced by the supporting parameters of lithology types such as andesite, tuff, and breccia which tend to be loose and not solid so that they are easily carried by the lava flood flow, then the land cover parameter which is mostly in the form of plantations, rice fields, and settlements which tend to change the characteristics of the land surface and accelerate the flow of surface water, and finally the high - very high rainfall parameter calculated until May 2025 is certainly an important factor in the danger of this cold lava flood happening again. There is a need for careful mitigation planning, evacuation routes, and good infrastructure planning around the Batang Malano watershed.*

**Keywords:** *Cold Lava Flood, Batang Malano, Watershed, Morphometry, NMFI*

## DAFTAR ISI

|                                                           |                              |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|
| HALAMAN PERSETUJUAN .....                                 | iv                           |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....                       | Error! Bookmark not defined. |
| KATA PENGANTAR.....                                       | vi                           |
| RINGKASAN .....                                           | vii                          |
| DAFTAR ISI.....                                           | xi                           |
| DAFTAR GAMBAR.....                                        | xiii                         |
| DAFTAR TABEL .....                                        | xiv                          |
| <b>PENDAHULUAN .....</b>                                  | <b>1</b>                     |
| 1.1 Latar Belakang .....                                  | 1                            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                 | 2                            |
| 1.3 Maksud dan Tujuan.....                                | 2                            |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                 | 2                            |
| 1.5 Lokasi dan Ketercapaian Daerah Penelitian .....       | 3                            |
| <b>KAJIAN PUSTAKA .....</b>                               | <b>5</b>                     |
| 2.1 Banjir Lahar Dingin .....                             | 5                            |
| 2.2 Daerah Aliran Sungai.....                             | 6                            |
| 2.3 Siklus Hidrologi .....                                | 6                            |
| 2.4 Parameter Morfometri.....                             | 7                            |
| 2.4.1 <i>Drainage Density (Dd)</i> .....                  | 7                            |
| 2.4.2 <i>Bifurcation Ratio (Br)</i> .....                 | 8                            |
| 2.4.3 <i>Ruggedness Number (Rn)</i> .....                 | 8                            |
| 2.4.4 <i>Slope (S)</i> .....                              | 8                            |
| 2.4.5 <i>Dissection Index (Di)</i> .....                  | 8                            |
| 2.4.6 <i>Basin Relief (Br)</i> .....                      | 8                            |
| 2.4.7 <i>Relief Ratio (Rr)</i> .....                      | 8                            |
| 2.5 Faktor Pendukung yang Mempengaruhi Banjir Lahar.....  | 8                            |
| 2.5.1 Geologi Regional dan Litologi Penyusun Batuan ..... | 9                            |
| 2.5.2 Curah Hujan .....                                   | 9                            |
| 2.5.3 Tata Guna Lahan .....                               | 9                            |
| 2.6 <i>Geohazard</i> .....                                | 9                            |
| <b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                        | <b>11</b>                    |
| 3.1 Tahapan Pendahuluan .....                             | 12                           |
| 3.1.1 Studi Pustaka .....                                 | 12                           |
| 3.1.2 Topik Penelitian .....                              | 12                           |

|                                                                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.3 Persiapan Alat .....                                                                                                                                                        | 12        |
| 3.1.4 Pembuatan Peta Pendahuluan.....                                                                                                                                             | 12        |
| 3.2 Pengumpulan Data .....                                                                                                                                                        | 12        |
| 3.2.1 Data Primer .....                                                                                                                                                           | 13        |
| 3.2.2 Data Sekunder .....                                                                                                                                                         | 13        |
| 3.3 Kerja Studio .....                                                                                                                                                            | 15        |
| 3.4 Pembuatan Peta Potensi Aliran Banjir Lahar Dingin DAS Batang Malano..                                                                                                         | 15        |
| 3.5 Penyusunan Laporan.....                                                                                                                                                       | 16        |
| <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                                                                                                                 | <b>17</b> |
| 4.1 Geologi Lokal dan Keadaan Morfografi.....                                                                                                                                     | 17        |
| 4.2 Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) .....                                                                                                                                | 18        |
| 4.3 Observasi Lapangan Wilayah Terdampak Banjir Lahar.....                                                                                                                        | 18        |
| 4.3.1 Lokasi Pengamatan 1 Nagari Pariangan.....                                                                                                                                   | 18        |
| 4.3.2 Lokasi Pengamatan 2 Nagari Pariangan.....                                                                                                                                   | 19        |
| 4.3.3 Lokasi Pengamatan 3 Nagari Pariangan.....                                                                                                                                   | 19        |
| 4.3.4 Lokasi Pengamatan 4 Nagari Pariangan.....                                                                                                                                   | 20        |
| 4.3.5 Lokasi Pengamatan 5 Nagari Lima Kaum .....                                                                                                                                  | 20        |
| 4.3.6 Lokasi Pengamatan 6 Nagari Rambatan .....                                                                                                                                   | 21        |
| 4.3.7 Lokasi Pengamatan 7 Nagari Rambatan .....                                                                                                                                   | 21        |
| 4.4 Analisis Karakteristik Kerawanan Banjir Lahar berdasarkan Parameter<br>Morfometri.....                                                                                        | 21        |
| 4.4.1 <i>Drainage Density (Dd)</i> .....                                                                                                                                          | 22        |
| 4.4.2 <i>Bifurcation Ratio (Br)</i> .....                                                                                                                                         | 22        |
| 4.4.3 <i>Ruggedness Number (Rn)</i> .....                                                                                                                                         | 22        |
| 4.4.4 <i>Slope (S)</i> .....                                                                                                                                                      | 23        |
| 4.4.5 <i>Dissection Index (Di)</i> .....                                                                                                                                          | 23        |
| 4.4.6 <i>Basin Relief (Br)</i> .....                                                                                                                                              | 24        |
| 4.4.7 <i>Relief Ratio (Rr)</i> .....                                                                                                                                              | 24        |
| 4.5 Parameter Pendukung Potensi Banjir Lahar .....                                                                                                                                | 24        |
| 4.5.1 Curah Hujan .....                                                                                                                                                           | 25        |
| 4.5.2 Tutupan Lahan.....                                                                                                                                                          | 25        |
| 4.6 Peta Potensi Aliran Banjir Lahar Dingin DAS Batang Malano.....                                                                                                                | 25        |
| 4.7 Pembahasan.....                                                                                                                                                               | 25        |
| 4.7.1 Sebaran Potensi Aliran Banjir Lahar Dingin DAS Batang Malano .....                                                                                                          | 25        |
| 4.7.2 Bahaya Potensi Aliran Banjir Lahar Dingin dengan Kondisi Sebaran<br>Tata Guna Lahan pada Sekitar DAS Batang Malanoensi Aliran Banjir<br>Lahar Dingin DAS Batang Malano..... | 25        |
| 4.7.3 Rekomendasi dan Mitigasi Banjir Lahar Dingin DAS Batang Malano                                                                                                              | 25        |
| 4.7.4 Implikasi Penelitian.....                                                                                                                                                   | 25        |
| <b>KESIMPULAN .....</b>                                                                                                                                                           | <b>30</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                                                                                                        | <b>xv</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Peta Rekomendasi Gunung Marapi (PVMBG, 2024).....              | 2  |
| Gambar 1.2 Ketercapaian Lokasi Penelitian.....                            | 3  |
| Gambar 1.3 Ketercapaian Daerah Penelitian.....                            | 3  |
| Gambar 2.1 Model Proses Banjir Lahar. ....                                | 4  |
| Gambar 2.2 Pengamatan Lapangan Banjir Lahar di Kabupaten Tanah Datar..... | 5  |
| Gambar 2.3 Skema Daerah Aliran Sungai (Charlton, 2007) .....              | 6  |
| Gambar 2.4 Siklus Hidrologi .....                                         | 7  |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian. ....                                  | 10 |
| Gambar 3.2 Peta Montage Hasil Observasi Lapangan .....                    | 12 |
| Gambar 3.3 Data DEMNAS. ....                                              | 13 |
| Gambar 3.4 Geologi Regional Lembar Solok .....                            | 13 |
| Gambar 3.5 Data <i>Shapefile</i> Kabupaten Tanah Datar. ....              | 14 |
| Gambar 4.1 Peta Elevasi Daerah Penelitian .....                           | 17 |
| Gambar 4.2 Peta Stream Order Daerah Penelitian .....                      | 18 |
| Gambar 4.3 Lokasi Pengamatan 1 Nagari Pariangan .....                     | 19 |
| Gambar 4.4 Lokasi Pengamatan 2 Nagari Pariangan .....                     | 19 |
| Gambar 4.5 Lokasi Pengamatan 3 Nagari Pariangan .....                     | 20 |
| Gambar 4.6 Lokasi Pengamatan 4 Nagari Pariangan .....                     | 20 |
| Gambar 4.7 Lokasi Pengamatan 5 Nagari Lima Kaum .....                     | 21 |
| Gambar 4.8 Lokasi Pengamatan 6 Nagari Rambatan .....                      | 21 |
| Gambar 4.9 Lokasi Pengamatan 7 Nagari Rambatan .....                      | 21 |
| Gambar 4.10 Contoh Pembangunan Sabo dam .....                             | 29 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1. Parameter Curah Hujan (Agustina et al., 2020).....                                    | 9  |
| Tabel 3.1. Klasifikasi Kerawanan Banjir berdasarkan indeks NMFI (Ozdemir & Akbas,<br>2023) ..... | 15 |
| Tabel 4.1. Jumlah Polygon Data NMFI.....                                                         | 31 |
| Tabel 4.2. Persentase Jumlah NMFI.....                                                           | 32 |

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sumatera Barat merupakan provinsi yang termasuk ke dalam zona tektonik aktif akibat interaksi antara Lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah Lempeng Eurasia di sepanjang zona subduksi Sumatra. Proses subduksi ini berlangsung secara terus-menerus dan menyebabkan terjadinya aktivitas geologi yang intens, seperti gempa bumi tektonik dan aktivitas vulkanik. Tumbukan antar lempeng ini menghasilkan gaya kompresi yang memicu pembentukan jalur gunung api aktif di sepanjang sisi barat Pulau Sumatera, yang dikenal sebagai busur vulkanik Sumatera. Salah satu gunung api aktif yang terbentuk akibat proses ini adalah Gunung Marapi, yang terletak di Provinsi Sumatera Barat. Gunung Marapi termasuk ke dalam deretan gunung api Kuartar yang masih aktif hingga saat ini dan telah mengalami erupsi berulang sepanjang sejarah geologisnya. Aktivitas vulkanik Gunung Marapi tidak hanya berkontribusi terhadap pembentukan morfologi pegunungan yang khas di wilayah tersebut, tetapi juga berdampak signifikan terhadap dinamika lingkungan, potensi bencana, serta aktivitas sosial ekonomi masyarakat di sekitarnya (Rminda et al., 2018).

Pada tahun 1979, Gunung Marapi mengalami salah satu erupsi terbesarnya yang menghasilkan endapan material vulkanik dalam jumlah besar di lereng gunung. Beberapa waktu setelah erupsi, curah hujan tinggi mengguyur wilayah tersebut dan memicu banjir lahar dingin yang menghantam daerah sekitar, terutama di Kabupaten Tanah Datar dan Agam. Aliran lahar membawa batuan, pasir, dan kerikil, merusak lahan pertanian serta infrastruktur seperti jalan dan jembatan, dan menimbulkan korban jiwa. Tiga dekade kemudian, pada tahun 2009, hujan deras kembali memicu lahar dingin di Sungai Tarab, yang membawa material vulkanik sisa-sisa letusan sebelumnya. Aliran deras ini sempat mengancam permukiman dan fasilitas umum, walaupun tidak menimbulkan korban jiwa besar. Kedua peristiwa ini menunjukkan bahwa bahaya Gunung Marapi tidak hanya berasal dari letusan, tetapi juga dari bencana sekunder berupa banjir lahar dingin yang dipicu oleh hujan deras.

Peningkatan aktivitas vulkanik pada Gunung Marapi berpotensi menimbulkan berbagai bencana geologi, salah satunya banjir lahar dingin tadi. Gunung yang terletak di Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar ini kembali 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 (Ulinnuha et al., 2019).

Terdapat 5 DAS utama yang berhulu pada Gunung Marapi mengalami bencana banjir lahar dingin ini, diantaranya DAS Batang Malano di Kabupaten Tanah Datar, DAS Batang Anai di Kabupaten Tanah Datar, DAS Pagu – Pagu di Kabupaten Tanah Datar,

DAS Katik di Kabupaten Agam, dan DAS Canduang di Kabupaten Agam. DAS Batang Malano dipilih karena wilayah yang terdampak pada DAS ini merupakan yang paling besar dimana berdampak kepada 3 desa besar, yaitu Nagari Pariangan, Nagari Rambatan dan Nagari Lima Kaum. DAS Batang Malano ini juga padat akan penduduk dimana sebagian besar berupa perumahan, perkebunan, dan sawah. Hal ini tentu menjadikan DAS Batang Malano mengalami dampak dan kerugian baik moril dan materil yang paling besar. Maka dari itu pemilihan DAS Batang Malano dilakukan agar potensi akan aliran banjir lahar dingin pada DAS ini akan terjadi kembali dapat di mitigasi lebih awal sehingga mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana banjir lahar dingin ini.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

Penelitian yang telah dilakukan ini memiliki maksud dan tujuan untuk menggambarkan daerah dengan potensi aliran banjir lahar dingin dan strategi untuk mitigasi dari bencana banjir lahar dingin tersebut. Berikut merupakan tujuan penelitian pada daerah DAS Batang Malano:

1. Mengidentifikasi aspek-aspek geologi dengan kaitan banjir lahar dingin pada daerah penelitian.
2. Menganalisis parameter-parameter yang mempengaruhi potensi aliran banjir lahar dingin.
3. Menganalisis pengaruh aspek morfometri terhadap tingkat bahaya akan potensi aliran banjir lahar dingin.
4. Menganalisis daerah terdampak yang berpotensi akan aliran banjir lahar dingin dengan metode *Normalized Morphometric Flood Index* (NMFI).
5. Menyusun saran dan mitigasi yang strategis untuk mengurangi dampak akan aliran banjir lahar dingin pada masa yang akan datang.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah ditentukan berdasarkan maksud dan tujuan penelitian yang telah disusun. Berikut merupakan rumusan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana kesesuaian dan hasil parameter morfometri yang dipilih terhadap potensi aliran banjir lahar dingin?
2. Bagaimana penerapan metode *Normalized Morphometric Flood Index* (NMFI) terhadap aspek – aspek morfometri tersebut?
3. Bagaimana pembagian kelas bahaya dan hasil analisa potensi aliran banjir lahar dingin dengan metode *Normalized Morphometric Flood Index* (NMFI) tersebut?
4. Bagaimana hasil observasi lapangan dengan kesesuaian hasil dari analisa morfometri dan hasil peta akhir potensi aliran banjir lahar?
5. Bagaimana saran dan mitigasi wilayah dengan berpotensi akan aliran banjir lahar dingin?

## **1.4 Batasan Masalah**

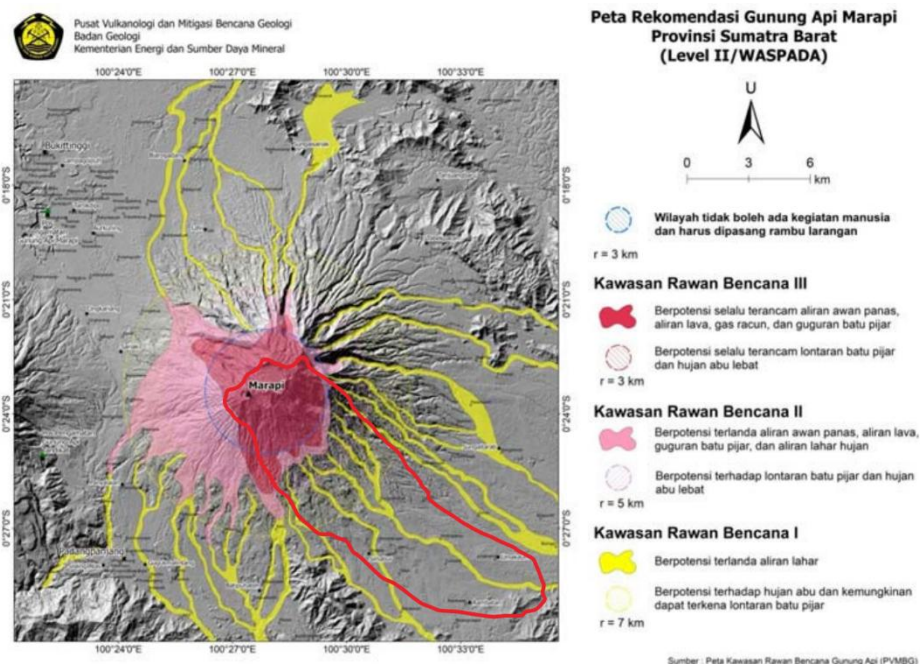
Penelitian kali ini berlokasi di sepanjang DAS Batang Malano, Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat. Penelitian ini diawali dengan menentukan DAS yang akan digunakan sebagai lokasi penelitian, dilakukan penentuan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap potensi banjir lahar, kemudian dilakukan pengolahan data



primer maupun data sekunder yang mempengaruhi bahaya banjir lahar pada daerah penelitian.

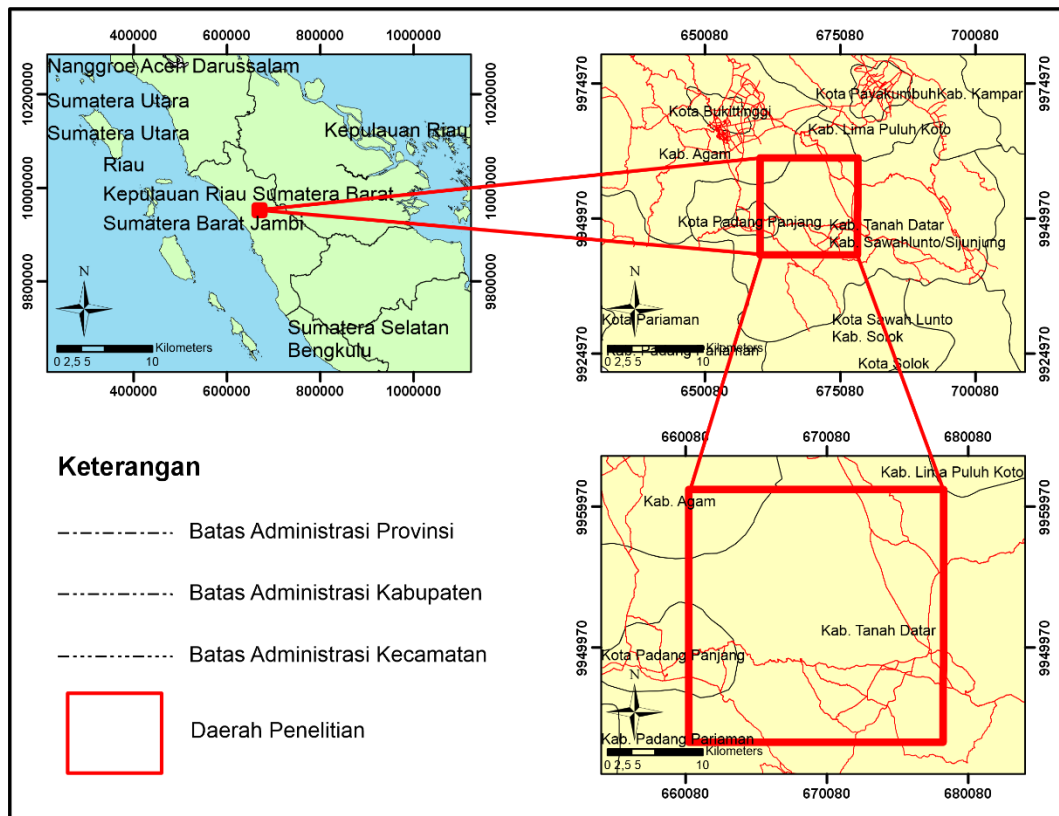
### 1.5 Lokasi dan Ketercapaian Daerah Penelitian

Daerah penelitian terfokus pada DAS Batang Malano, Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat. DAS Batang Malano merupakan salah satu aliran sungai yang memiliki hulu pada sekitar kawah dan lereng Gunung Marapi yang mengalir pada sisi tenggara (SE) gunung tersebut. DAS Batang Malano merupakan salah satu daerah yang mengalami bencana banjir lahar yang menyebabkan kerusakan yang cukup parah pada infrastruktur berupa rumah, jembatan, rumah ibadah hingga korban jiwa yang khususnya paling banyak berdampak pada Nagari Pariangan, Nagari Lima Kaum, dan Nagari Rambatan. Hingga tahun 2025 proses mitigasi bencana masih berjalan, tetapi tetap perlu kewaspadaan yang tinggi akan terjadi kembali bencana banjir lahar.

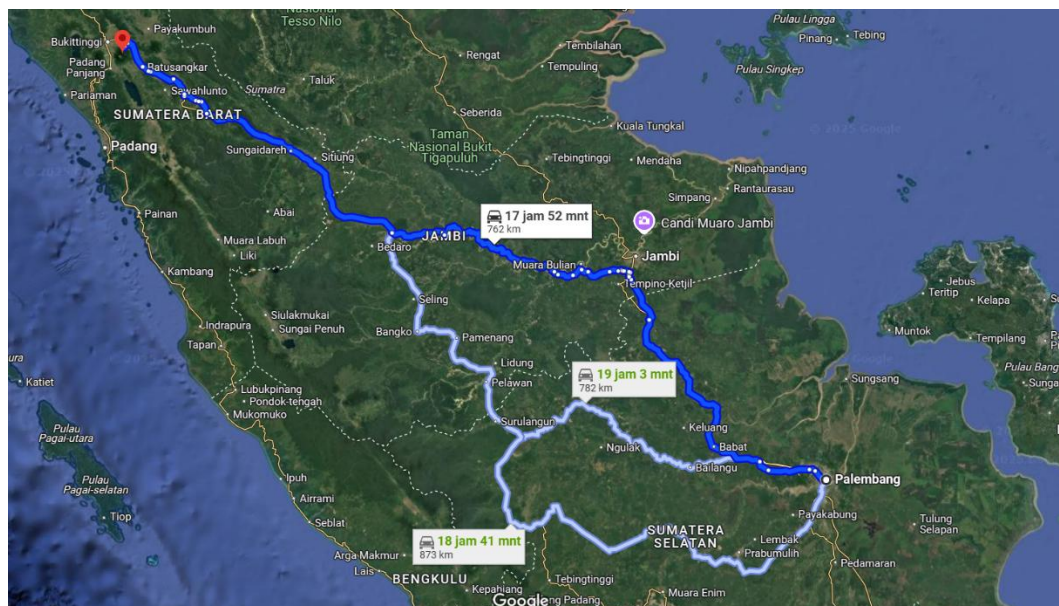


**Gambar 1.1** Peta Rekomendasi Gunung Marapi (PVMBG, 2024)

Secara administratif lokasi penelitian pada pemetaan ini terletak di Nagari Pariangan, Nagari Lima Kaum, dan Nagari Rambatan, Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat dengan koordinat geografis pada koordinat  $0^{\circ}17'00''$  LS –  $0^{\circ}43'00''$  LS dan  $100^{\circ}19'00''$  BT –  $100^{\circ}44'00''$  BT. Di sebelah utara, Tanah Datar berbatasan dengan Kabupaten Agam. Di sebelah selatan, berbatasan dengan Kabupaten Solok. Sebelah timurnya berbatasan dengan Kabupaten Lima Puluh Koto. Sementara itu, di sebelah barat, Tanah Datar berbatasan dengan Kota Padang Panjang. Lalu jarak serta estimasi waktu yang ditampilkan *google maps* bahwa jarak dan waktu yang ditempuh dari Kota Palembang menuju lokasi penelitian menggunakan transportasi darat dapat ditempuh dengan waktu  $\pm 19$  jam. Untuk menuju daerah penelitian cukup memakan waktu karena jarak yang cukup jauh dari kota Palembang.



**Gambar 1.2** Ketercapaian Lokasi Penelitian



**Gambar 1.3** Ketercapaian Daerah Penelitian

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L., Syawreta, A., & Mustofa Irawan, A. (2020). Analisis Ambang Batas Hujan untuk Pengembangan Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor (Studi Kasus Kecamatan Pejawaran, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah). *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 11(1), 75–81. <https://jdpb.bnpb.go.id/index.php/jurnal/article/download/164/154>
- Aisy, R., & Hermon, D. (2024). Tingkat Bahaya dan Risiko Bencana Banjir Lahar Dingin Gunung Marapi Berbasis Sistem Informasi Geografis (Sig) Menggunakan Metode Skoring dan Overlay Di Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 18859–18873. <https://doi.org/10.31004/jptam.v8i2.15152>
- Apriana, A., Al Ansory, A. R., Agustina, T., Amalia, I., & Refrizon, R. (2024). Mapping Flood-Prone Areas Using GIS Through as Geo-Artificial Intelligence (Geo-Ai) Approach in Bengkulu City. *Journal of Technomaterial Physics*, 6(1), 56–61. <https://doi.org/10.32734/jotp.v6i1.16006>
- 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>
- Burayu, D. G., Karuppannan, S., & Shuniye, G. (2023). Identifying flood vulnerable and risk areas using the integration of analytical hierarchy process (AHP), GIS, and remote sensing: A case study of southern Oromia region. *Urban Climate*, 51(August), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101640>
- Charlton, R. (2007). Fundamentals of fluvial geomorphology. In *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. <https://doi.org/10.4324/9780203371084>
- Hidayat, R., & Zahro, A. A. (2020). Penentuan Ambang Curah Hujan untuk Memprediksi Kejadian Longsor. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.32679/jsda.v16i1.483>
- 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)*.
- Larasati, Z. R., Hariyanto, T., & Kurniawan, A. (2017). Pemetaan Daerah Risiko Banjir Lahar Berbasis SIG Untuk Menunjang Kegiatan Mitigasi Bencana. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(2).
- Lusinia, S., & Rahmansyah, N. (2020). Analysis of the Level of Vulnerability to Floods using the Method of Simple Moving Average (A Case Study of the City of Padang). *Jurnal KomtekInfo*, 7(3), 242–246. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v7i3.84>
- Ozdemir, H., & Akbas, A. (2023). Is there a consistency in basin morphometry and

- hydrodynamic modelling 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>
- Pamuji, K. E., Lestari, O. A., & Mirino, R. R. (2020). Analisis Morfometri Daerah Aliran Sungai (Das) Muari Di Kabupaten Manokwari Selatan. *Jurnal Natural*, 16(1), 38–48. <https://doi.org/10.30862/jn.v16i1.59>
- Permatasari, A. L., Suherningtyas, I. A., & Wiguna, P. P. K. (2021). Kesiapan infrastruktur data spasial sebagai upaya mitigasi banjir lahar di kali putih Kabupaten Magelang Jawa Tengah. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 26(1), 15–29. <https://doi.org/10.17977/um017v26i12021p015>
- Prabowo, A. (2022). Identifikasi Morfometri Das Serang Dari Citra Srtm. *Kurvatek*, 7(1), 25–30. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v7i1.2762>
- PVMBG. (2024). *DATA DAN INFORMASI BENCANA SUMATERA BARAT TAHUN 2024*.
- Rminda, M. R., Brotopuspito, 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)
- Shinta, D. (2015). *MITIGASI BENCANA LAHAR HUJAN GUNUNGAPI MERAPI BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DAN PENGINDERAAN JAUH DI SUB DAS KALI PUTIH KABUPATEN MAGELANG*.
- Trenggana, S. (2018). Spatial Modeling of Cold Lava Flood Evacuation in Kali Putih, Magelang Regency, Using Network Analyst. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(4), 1499–1517. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.4.48>
- U.N., D. H., Sunardi, & Soelistijadi. (2005). Pemanfaatan Analisis Spasial untuk Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Tekniknologi Informasi DINAMIK*, X, 108–116.
- Ulinnuha, 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.