Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026, Page: 20886-20896

Analisis Potensi Dampak Bencana Galodo (Aliran Debris) Menggunakan Foto Udara Di Sub-DAS Batang Malana (Studi Kasus: Sungai Jambu)

Anshari Ramadhan[1], Totoh Andayono, S.T., M.T[2]

[1,2]Program Studi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Corresponding Author: totoh_andayono@ftunp.ac.id

Published: April , 2026

ABSTRAK

Nagari Sungai Jambu memiliki topografi yang cukup curam dan respon hidrologi yang cepat saat hujan lebat, sehingga berpotensi mengalami galodo (*debris flow*). Namun, pemetaan kuantitatif yang menggabungkan faktor topografi dan hidrologi masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi dampak galodo secara spasial berdasarkan kelerengan, arah dan akumulasi aliran, serta distribusi curah hujan. Analisis dilakukan menggunakan DEM dan foto udara yang diolah di ArcGIS, meliputi analisis kelerengan, *flow direction*, *flow accumulation*, serta interpolasi curah hujan dengan metode IDW. Estimasi debit banjir dengan metode rasional menunjukkan bahwa intensitas hujan 39,104 mm/jam dan waktu konsentrasi 1,87 jam menghasilkan debit puncak sebesar 1,27 m^3/detik. Analisis spasial menunjukkan bahwa wilayah berpotensi terdampak galodo seluas 32,24 ha didominasi oleh lereng >25%, nilai akumulasi aliran tinggi, serta intensitas curah hujan yang besar. Temuan ini menunjukkan bahwa kemiringan lereng, konsentrasi aliran, intensitas hujan, dan besarnya debit aliran menjadi faktor utama pengendali terjadinya galodo, sehingga diperlukan upaya mitigasi berbasis kondisi fisik wilayah serta peningkatan kesiapsiagaan masyarakat.

Kata Kunci: Galodo, Foto Udara, DEM, Intensitas Curah, Analisis Spasial, Metode Rasional

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerawanan bencana cukup tinggi, terutama terhadap aliran debris yang dikenal masyarakat setempat sebagai galodo. Galodo terjadi akibat curah hujan dengan intensitas tinggi yang memicu longsoran material di hulu sungai, kemudian terbawa aliran air dalam jumlah besar. Material berupa batu, tanah, kayu, dan sedimen lainnya membuat daya rusaknya jauh lebih besar dibandingkan banjir biasa.

Peristiwa galodo pada 11–12 Mei 2024 di sekitar Gunung Marapi berdampak luas pada beberapa daerah aliran sungai, termasuk Sub-DAS Batang Malana. Nagari Sungai Jambu, Kecamatan Pariangan, menjadi salah satu wilayah yang mengalami kerusakan cukup parah. Aliran galodo yang melalui Batang Malana merusak rumah warga, jembatan, lahan pertanian, serta memutus akses jalan utama. Kondisi ini menunjukkan bahwa wilayah Nagari Sungai Jambu memiliki kerentanan tinggi karena posisinya yang berada di sekitar aliran sungai yang langsung menerima material dari lereng gunung.

Upaya pengurangan risiko bencana di wilayah ini memerlukan data spasial yang akurat dan terkini. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah foto udara menggunakan UAV, yang mampu menghasilkan data beresolusi tinggi dalam waktu relatif singkat. Dari pengolahan foto udara tersebut dapat diperoleh *orthomosaic* dan (DEM) untuk menganalisis kondisi topografi serta sebaran wilayah terdampak.



Gambar 1. Pasca Bencana Galodo 13 Mei 2024

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi dampak bencana galodo (aliran debris) menggunakan foto udara di Sub-DAS Batang Malana dengan fokus pada Nagari Sungai Jambu. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran spasial mengenai area terdampak serta menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi mitigasi bencana di wilayah tersebut.

METODE PENELITIAN

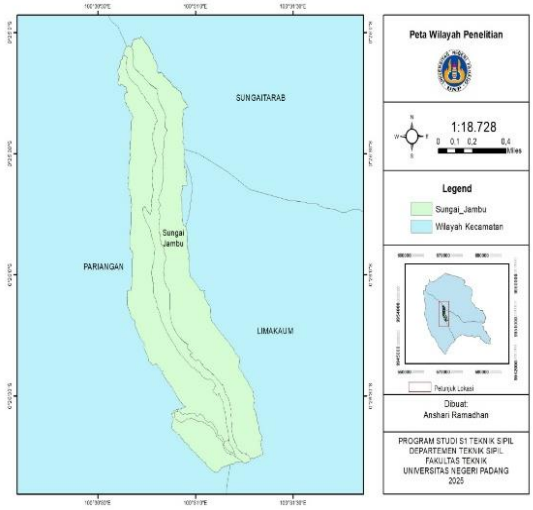
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis spasial, karena mengintegrasikan data topografi, hidrologi, dan penggunaan lahan dalam bentuk numerik untuk dianalisis menggunakan SIG. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi potensi dampak galodo secara terukur melalui overlay parameter kelerengan, aliran, curah hujan, dan debit banjir.

1.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sub-DAS Batang Malana, Sungai Jambu. Secara geografis, terletak pada koordinat sekitar:

- Lintang Selatan (*Latitude*): -0.417000
- Bujur Timur (*Longitude*): 100.495000

Penelitian ini difokuskan pada area di sekitar alur sungai yang berpotensi terdampak galodo dan dilaksanakan pada periode Mei–Agustus 2025.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

1.2. Data dan Bahan

2.2.1. Data
Penelitian ini menggunakan foto udara resolusi tinggi yang diolah menjadi *orthomosaic* dan DEM sebagai data utama [10]. Data pendukung meliputi, curah hujan CHIRPS, dan debit banjir.

2.2.2. Bahan
Pesawat *Drone Dji Phantom* 4 RTK, *Base statetion* DJI D-RTK (set), Peta Kerja *Area of Interest*, *Software Agisoft Metashape* dan ArcGis.

1.3. Metode Analisis
Analisis potensi dampak galodo dilakukan secara spasial dengan menggabungkan parameter topografi, hidrologi, dan penggunaan lahan, yaitu kelerengan digunakan untuk melihat pengaruh kemiringan terhadap pergerakan material, sedangkan pola aliran menunjukkan arah dan jalur utama debris.

Curah hujan dan debit banjir berperan sebagai pemicu hidrologi. Perhitungan debit banjir dilakukan menggunakan Metode Rasional**,** yang dinyatakan dengan persamaan [11]:

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times A \quad (1)$$

Keterangan:
Q : Debit Puncak (m^3/detik)
C : Koefisien Aliran
I : Intensitas hujan (mm/jam)
A : Luas Sub-DAS (km^2)

Penggunaan lahan menggambarkan tingkat kerentanan wilayah. Seluruh parameter tersebut kemudian digabungkan untuk menentukan zona potensi dampak galodo.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Hasil pengolahan data dan pembahasan potensi dampak galodo di Sub-DAS Batang Malana. Analisis dilakukan per parameter, lalu digabungkan untuk melihat sebaran potensi dampak secara spasial.

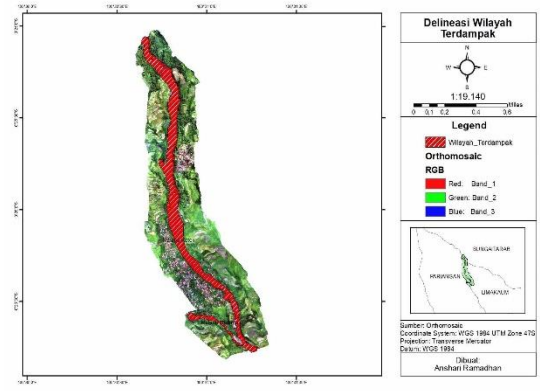
2.3. Pengolahan Foto Udara
Tahap awal dilakukan pengolahan data hasil pemotretan *drone* menggunakan *Agisoft Metashape*. Hasil akhir berupa *Orthomosaic* dan DEM yang digunakan sebagai dasar analisis spasial, kemudian dilanjutkan dengan overlay wilayah terdampak yang berpotensi dampak galodo.



Gambar 3. DEM & Orthomosaic

2.4. Delineasi Wilayah Terdampak
Digitasi *orthomosaic* UAV dengan mengidentifikasi area yang mengalami perubahan morfologi dan tertutup material sedimen sepanjang alur Sub-DAS Batang Malana.

Delineasi menunjukkan area terdampak seluas 32,24 hektar dalam buffer ±300 meter dari sungai. Terlihat pelebaran badan sungai hingga ±70 meter di beberapa titik, dengan dampak terbesar pada sempadan dan permukiman yang dekat alur utama.



Gambar 4. Delineasi Wilayah Terdampak

Hasil delineasi kemudian dibandingkan dengan kondisi visual pada *orthomosaic* UAV. Area yang didelineasi menunjukkan kesesuaian dengan zona yang mengalami endapan material dan perubahan alur sungai, sehingga batas yang dihasilkan dinilai cukup merepresentasikan wilayah terdampak.



Gambar 5. Kondisi Aktual Lapangan

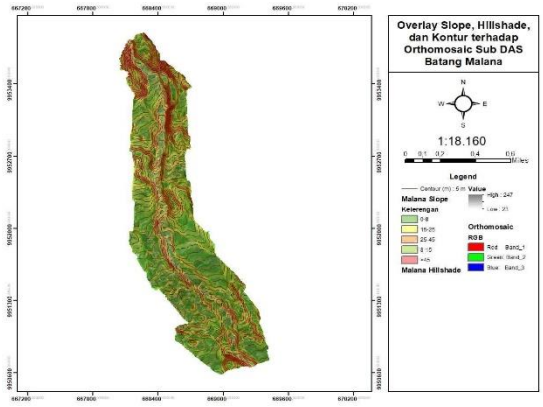
2.5. Kondisi Topografi DEM

Analisis DEM dilakukan untuk memahami kondisi topografi yang memengaruhi pola aliran. Hasilnya menunjukkan Sub-DAS Batang Malana didominasi lereng 15–25% dan 25–45%, dengan kemiringan >25% banyak terdapat di bagian hulu dan tebing sungai.

Analisis *Hillshade* dan kontur interval 5 m menunjukkan perubahan elevasi yang tajam di sekitar lembah sungai, sehingga berpotensi memicu aliran cepat saat hujan lebat.

Tabel 1. Kemiringan Lereng

No	Kelas	Kelerengan	Klasifikasi
1	I	0 – 8	Datar
2	II	8 – 15	Landai
3	III	15 – 25	Agak Curam
4	IV	25 – 45	Curam
5	V	>45	Sangat Curam



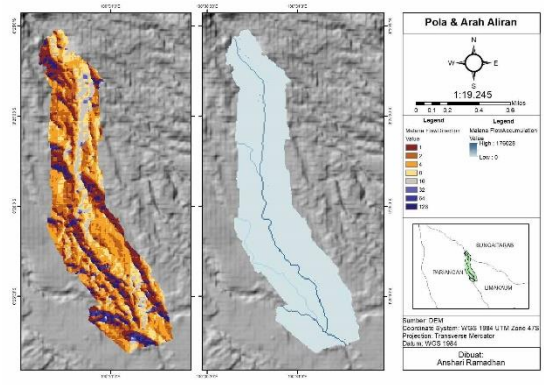
Gambar 6. *Slope, Hillshade* dan *Contour*

2.6. Pola Arah dan Akumulasi Aliran

Metode yang umum digunakan di ArcGIS adalah D8 (*eight direction pour point model*), yaitu aliran air hanya diarahkan ke salah satu dari delapan sel tetangga dengan kemiringan paling curam.
Analisis *flow direction* (D8) menunjukkan aliran dominan ke selatan mengikuti Batang Malana, sehingga limpasan terkonsentrasi di hilir. Nilai *flow accumulation* tertinggi berada di sepanjang sungai utama dan sesuai dengan lokasi terdampak galodo, menegaskan bahwa topografi berpengaruh langsung terhadap jalur pergerakan debris.

Tabel 2. Nilai *Flow Direction*

No	Nilai	Arah Aliran	Derajat
1	1	Timur	90
2	2	Tenggara	135
3	4	Selatan	180
4	8	Barat Daya	225
5	16	Barat	270
6	32	Barat Laut	225
7	64	Utara	0
8	128	Timur Laut	45



Gambar 7. *Flow Direction & Flow Accumulation*

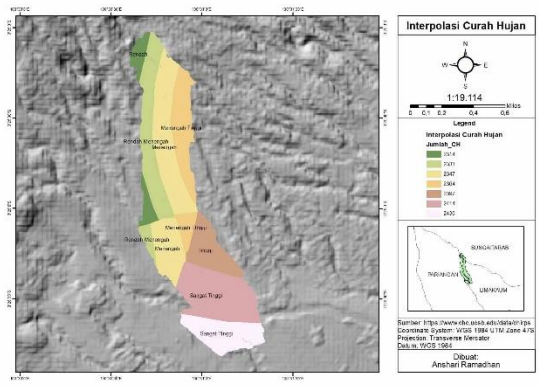
2.7. Sebaran Curah Hujan

Berdasarkan hasil interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) dari data CHIRPS periode Januari–Desember 2024, curah hujan tahunan di wilayah Sub-DAS Batang Malana berada pada kisaran ±2.314 - ±2.430 mm.

Curah hujan di wilayah penelitian pada tahun 2024 tergolong tinggi, sekitar 2.397–2.430 mm, berpotensi meningkatkan limpasan permukaan dan debit sungai saat hujan lebat.

Tabel 3. Nilai CH

No	Warna	Nilai CH (mm)	Klasifikasi
1	Hijau Tua	2314	Rendah
2	Hijau Muda	2331	Rendah - Menengah
3	Kuning	2347	Menengah
4	Kuning Coklat	2364	Menengah – Tinggi
5	Coklat	2397	Tinggi
6	Pink	2414	Sangat Tinggi
7	Pink Pucat	2430	Sangat Tinggi



Gambar 8. IDW

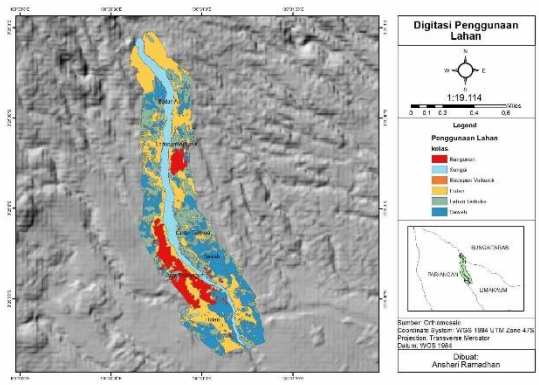
2.8. Penggunaan Lahan

Persentase penggunaan lahan dihitung dengan membandingkan luas tiap kelas terhadap luas total wilayah penelitian, kemudian dikalikan 100%.

$$Persentase = \frac{Luas\ Total}{Luas\ Kelas} \times 100\%$$

Tabel 4. Penggunaan Lahan

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Area Terbangun	18,051	9,39
2	Sungai	24,4037	12,69
3	Hutan	56,1856	29,22
4	Lahan Terbuka	48,7524	25,36
5	Sawah	44,4703	23,13
6	Endapan Vulkanik	0,40674	0,21
	Total	192,27	100



Gambar 9. Digitasi Penggunaan Lahan

Hasil dari digitasi penggunaan lahan menunjukkan luas wilayah penelitian sebesar 192,27 ha. Keberadaan lahan terbuka dan area terbangun, terutama di sekitar sempadan sungai, cenderung meningkatkan limpasan permukaan. Sementara itu, hutan berperan sebagai area resapan, meskipun penyebarannya belum merata di seluruh Sub-DAS.

2.9. Debit Banjir

Analisis debit banjir dilakukan untuk melihat respons hidrologi Sub-DAS Batang Malana terhadap hujan berintensitas tinggi pada tahun 2024. Data CHIRPS menunjukkan curah hujan tahunan sekitar ±2.314–2.430 mm, yang tergolong menengah hingga tinggi.

Tabel 5. Intensitas Hujan Tahun 2024

No	Parameter	Nilai
1	Hujan Rencana Log Pearson Tipe III	171,21
2	Tahun	2024
3	S (%)	2,01
4	L (m)	2,500
5	TC (Jam)	1,87
6	Intensitas Hujan (mm/Jam)	39,104

Berdasarkan metode Log Pearson Tipe III, diperoleh hujan rencana 171,21 mm dengan intensitas 39,104 mm/jam, sesuai kondisi morfometri Sub-DAS (kemiringan 2,01%, panjang alur 2500 m, waktu konsentrasi 1,87 jam). Nilai ini menunjukkan potensi limpasan yang cukup besar dalam waktu singkat.

Tabel 6. Perhitungan Koefisien Komposit

No	Luas (ha)	Proporsi	Nilai C	C x Proporsi
1	18,051	0,0939	0,60	0,05634
2	24,4037	0,1269	0,05	0,00635
3	56,1856	0,2922	0,02	0,00584
4	48,7524	0,2536	0,15	0,03804
5	44,4703	0,2313	0,20	0,04626
6	0,40674	0,0021	0,30	0,00063

	192,27			0,153

Hasil perhitungan menunjukkan koefisien aliran komposit (C) sebesar 0,153 di Sub-DAS Batang Malana. Nilai ini menggambarkan bahwa dominasi vegetasi masih cukup menahan limpasan, namun keberadaan lahan terbuka dan area terbangun tetap meningkatkan aliran permukaan.
Luas Sub-DAS Batang Malana sebesar 76,521 ha dikonversi ke menjadi 0,76521 km² agar sesuai dengan satuan yang digunakan dalam rumus rasional, yaitu:

$$Q = 0{,}278 \times 0{,}153 \times 39{,}104 \times 0{,}76521$$

Maka diperoleh debit puncak 1,27 m³/detik. Secara hidrologis, nilai debit ini masih tergolong wajar untuk Sub-DAS dengan luas kurang dari 1 km², namun cukup berpotensi dalam memicu pergerakan material apabila dikombinasikan dengan kondisi lereng yang curam.

Tabel 7. Debit Banjir

No	Parameter	Nilai
1	Tahun	2024
2	Koefisien Aliran (C)	0,153
3	I (mm/Jam)	39,104
4	A (km²)	0,76521
5	Debit Puncak (m³/detik)	1,27

2.10. Potensi Dampak Galodo

Analisis potensi dampak galodo di Sub-DAS Batang Malana dilakukan dengan menggabungkan data foto udara, topografi, pola aliran, curah hujan, penggunaan lahan, dan debit banjir.

2.10.1. Integrasi Foto Udara dan Topografi

Integrasi topografi dan pola aliran menunjukkan variasi lereng dari landai hingga curam (>25%) dengan arah aliran menuju Nagari Sungai Jambu. Hasil analisis D8 memperlihatkan aliran dominan ke selatan dan terkonsentrasi di sungai utama, yang juga menjadi jalur alami galodo dengan area terdampak sekitar 32,24 ha.

2.10.2. Integrasi Curah Hujan Wilayah Terdampak

Secara hidrometeorologi, wilayah ini memiliki curah hujan tahunan sekitar 2.331–2.430 mm dengan kategori sedang hingga tinggi. Intensitas hujan rencana sebesar 39,104 mm/jam menghasilkan debit banjir sekitar 1,27 m³/detik. Kondisi ini menunjukkan bahwa hujan lebat dapat dengan cepat meningkatkan debit aliran dan memperbesar kemampuan angkutan material dari hulu ke hilir.

2.10.3. Integrasi Penggunaan Lahan Terdampak

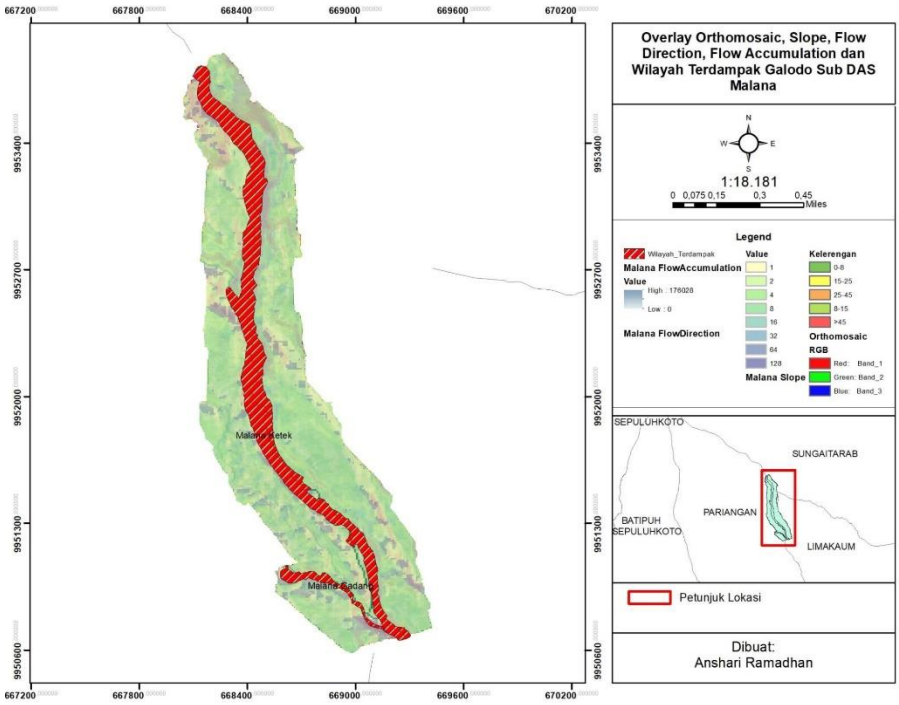
Persentase penggunaan lahan dihitung dengan membandingkan luas tiap kelas terhadap luas total wilayah penelitian, kemudian dikalikan 100%.

Tabel 8. Penggunaan Lahan Terdampak

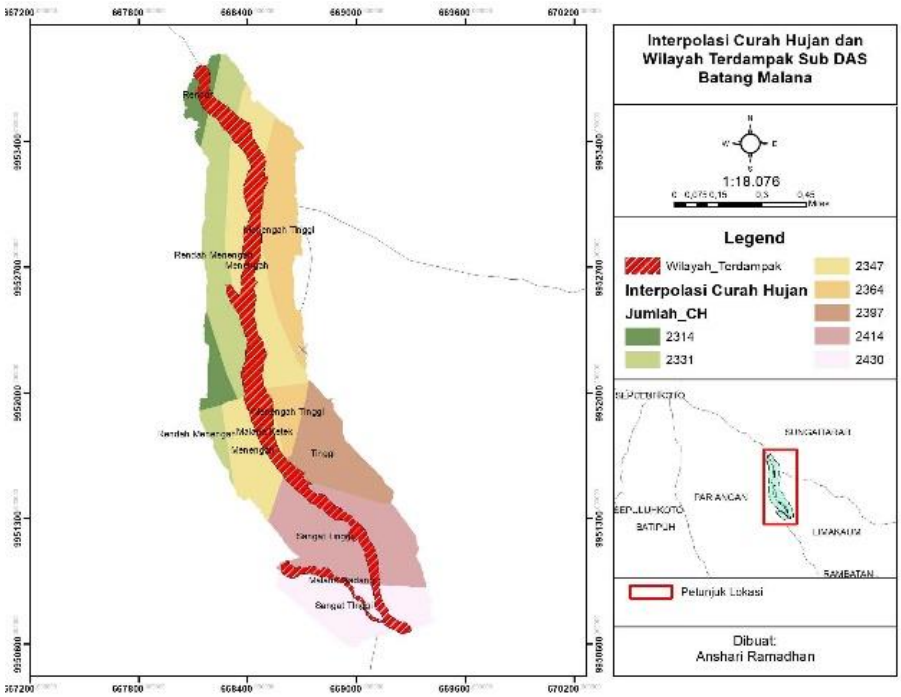
No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Area Terbangun	0,08	0,24
2	Sungai	23,28	72,20
3	Hutan	4,07	12,62
4	Lahan Terbuka	3,03	9,41
5	Sawah	1,76	5,44

6	Endapan Vulkanik	0,03	0,10
	Total	32,24	100

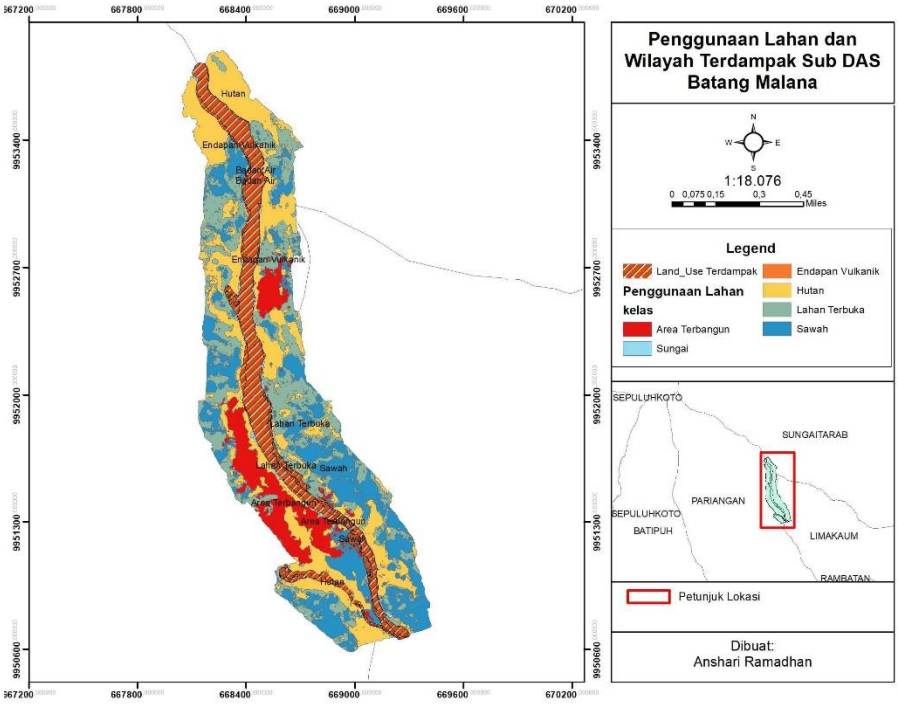
Hasil overlay menunjukkan bahwa badan sungai menjadi area paling terdampak dengan luas 23,28 ha (72,20%). Dampak juga meluas ke hutan, lahan terbuka, dan sawah di sekitar sempadan sungai. Lahan terbuka dan sawah cenderung lebih rentan karena tutupan vegetasinya minim dan berada di dataran yang relatif rendah. Sebaliknya, kawasan hutan lebih mampu meredam aliran, meskipun tetap berisiko ketika debit meningkat secara ekstrem.



Gambar 10. Integrasi Foto Udara & Topografi



Gambar 11. Integrasi Curah Hujan Terdampak



Gambar 12. Integrasi Penggunaan Lahan Terdampak

2.11. Rekomendasi Mitigasi

Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi galodo di sepanjang Sungai Jambu terkonsentrasi pada jalur dengan nilai *flow accumulation* tinggi, lereng terjal, dan debit aliran yang cukup besar (Qp ±1,27 m³/detik). Kondisi ini menunjukkan bahwa aliran memiliki energi yang cukup untuk mengangkut material sedimen dari hulu ke hilir, sehingga pengendalian perlu difokuskan pada koridor utama aliran.

Namun, upaya struktural saja tidak cukup. Kondisi penggunaan lahan seperti area terbuka dan persawahan turut meningkatkan limpasan, ditambah curah hujan tinggi dan waktu konsentrasi yang singkat [12]. Karena itu, pengendalian tata guna lahan di zona rawan, rehabilitasi vegetasi lereng, dan pengembangan sistem peringatan dini berbasis curah hujan menjadi langkah penting.

Secara spasial, zona terdampak ±32,24 ha dapat dijadikan dasar penetapan kawasan rawan dalam tata ruang. Mitigasi perlu diarahkan tidak hanya pada pengurangan bahaya, tetapi juga pembatasan dan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak galodo di Sub-DAS Batang Malana tidak terjadi secara acak, tetapi mengikuti kondisi morfologi dan pola aliran alami. Area terdampak seluas ±32,24 ha memanjang di sepanjang sungai utama, berada pada lereng >25% dengan nilai *flow accumulation* tinggi. Arah aliran dominan ke selatan (model D8) memperlihatkan bahwa jalur debris mengikuti sistem drainase alami, sehingga faktor geomorfologi menjadi pengontrol utama persebaran dampak.

Dari sisi hidrologi, curah hujan tahunan ±2.314–2.430 mm dengan intensitas rencana 39,104 mm/jam menghasilkan debit puncak 1,27 m³/detik (Metode Rasional). Dengan waktu konsentrasi 1,87 jam, wilayah ini menunjukkan respons limpasan yang cepat, terutama akibat kombinasi tutupan lahan dan kondisi topografi. Kombinasi debit aliran dan lereng curam meningkatkan energi aliran serta kemampuan angkut material, sehingga berkontribusi terhadap potensi terjadinya galodo.

Secara keseluruhan, potensi galodo terbentuk dari interaksi topografi, pola aliran, curah hujan, debit, dan penggunaan lahan di sempadan sungai. Artinya, mitigasi tidak cukup hanya mengendalikan debit, tetapi juga perlu penataan koridor sungai dan pengaturan lahan berbasis zona rawan. Pendekatan foto udara dan ArGIS dalam penelitian ini terbukti membantu mengidentifikasi area prioritas risiko secara lebih terukur.

REFERENCES

S. Mutia dan B. Wijayanto, "EKONOMI MASYARAKAT NAGARI PANDAI SIKEK KABUPATEN TANAH DATAR," vol. 10, 2025.

Z. L. Wei, Y. Q. Shang, Q. H. Liang, dan X. L. Xia, "A coupled hydrological and hydrodynamic modeling approach for estimating rainfall thresholds of debris-flow occurrence," *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 24, no. 10, hlm. 3357–3379, Okt 2024, doi: 10.5194/nhess-24-3357-2024.

F. A. Zacky, R. Hakimi, dan D. Hafizah, "THE IMPACT OF GALODO FLASH FLOOD ON THE INCOME OF PADDY RICE FARMERS IN TANAH DATAR REGENCY," 2025.

S. K. Putri, M. D. Pertiwi, dan N. Arifian, "Use of Planetscope Imagery to Identify Galodo in Sungai Jambu, Pariangan, Tanah Datar, West Sumatra," *Sumatra J. Disaster Geogr. Geogr. Educ.*, vol. 8, no. 1, hlm. 118–125, Jul 2024, doi: 10.24036/sjdgge.v8i1.604.

F. Fauzan, Abdul Hakam, dan Bayu Martanto Adji, "Study of Flash Flood Evacuation in Nagari Andaleh, Batipuh Subdistrict, Tanah Datar Regency, West Sumatra Province West Sumatra: Kajian Evakuasi Bencana Banjir Bandang di Nagari Andaleh, Kecamatan Batipuh, Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatra Barat," *Din. J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 9, no. 1, hlm. 266–273, Feb 2025, doi: 10.31849/dinamisia.v9i1.25198.

D.-H. Lee, S.-R. Lee, dan J.-Y. Park, "Coupled modeling framework for proactive design of debris-flow barrier placements," *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, hlm. 34174, Okt 2025, doi: 10.1038/s41598-025-15290-4.

F. Walter *dkk.*, "Brief communication: An autonomous UAV for catchment-wide monitoring of a debris flow torrent," *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 22, no. 12, hlm. 4011–4018, Des 2022, doi: 10.5194/nhess-22-4011-2022.

R. Andaru dan P. Bs, "ANALISIS SPASIAL BENCANA LONGSOR MENGGUNAKAN DATA FOTO UDARA UAV," 2017.

F. R. Mardhatillah, "PEMETAAN DAMPAK BENCANA BANJIR BANDANG PADA DAS ANAI : STUDI KASUS KECAMATAN X KOTO DAN PADANG PANJANG BARAT," vol. 10, 2025.

M. Kucharczyk dan C. H. Hugenholtz, "Remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: Global trends, biases, and research opportunities," *Remote Sens. Environ.*, vol. 264, hlm. 112577, Okt 2021, doi: 10.1016/j.rse.2021.112577.

W. Wisnu Wijaya *dkk.*, "Penggunaan Data Unmanned Aerial Vehicle (UAV) untuk Pembuatan Data Geometrik dalam Pemodelan Banjir Sungai (The Use of UAV Data for Creating Geometric Data in Riverflood Modeling)," *J. Penelit. Pengelolaan Drh. Aliran Sungai*, vol. 8, no. 1, hlm. 17–38, Okt 2024, doi: 10.59465/jppdas.2024.8.1.17-38.

Y. P. Putri, "ARAHAN KEBIJAKAN MITIGASI BENCANA BANJIR BANDANG DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) KURANJI, KOTA PADANG (Policy Direction on Flash Floods Disaster Mitigation in Kuranji Watershed, Padang City)," *Maj. Ilm. GLOBE*, vol. 20, no. 2, hlm. 88, Okt 2018, doi: 10.24895/MIG.2018.20-2.770.