

**ANALISIS SPASIAL DAMPAK BENCANA GALODO
(ALIRAN DEBRIS) MENGGUNAKAN FOTO UDARA
DI SUB-DAS BATANG MALANA**

TUGAS AKHIR

*Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana*

*Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Oleh:

ANSHARI RAMADHAN

19323060/2019

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2026

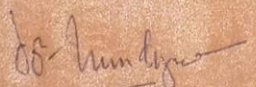
PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

ANALISIS SPASIAL DAMPAK BENCANA GALODO (ALIRAN DEBRIS)
MENGUNAKAN FOTO UDARA DI SUB-DAS BATANG MALANA

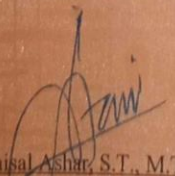
Nama : Anshari Ramadhan
Nim : 19323060
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Padang, 10 Juni 2026

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing


Dr. Totoh Andayono. S.T., M.T
NIDN. 0027077305

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP


Ir. Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph. D
NIP. 19750103 200312 1 001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISIS SPASIAL DAMPAK BENCANA GALODO (ALIRAN DEBRIS) MENGUNAKAN FOTO UDARA DI SUB-DAS BATANG MALANA

Nama : Anshari Ramadhan
Nim : 19323060
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

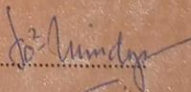
Padang, 10 Juni 2026

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Dr. Totoh Andayono, S.T., M.T

: 1. 

2. Anggota : Prof. Dr. Fahmi Rizal, M.T., M.Pd.T

: 2. 

3. Anggota : Ir. Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph. D

: 3. 

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada keluarga tercinta”

MOTTO

“Growing in the shadows, shining in my time”

SURAT PERTANYAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anshari Ramadhan

Nim : 19323060

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan Judul “Analisis Spasial Dampak Bencana Galodo (Aliran Debris) Menggunakan Foto Udara Di Sub-DAS Batang Malana” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 10 Juni 2026

Yang menyatakan,



Anshari Ramadhan

2019/19323060

BIODATA DIRI

A. Data diri

Nama : Anshari Ramadhan
Tempat/tanggal lahir : Payakumbuh/30 November 2000
Agama : Islam
Jenis kelamin : Laki-laki
Golongan darah : A
Anak ke : 3
Jumlah saudara : 4
Nama ayah : Asril
Nama ibu : Limpah Rahmida
Alamat : Jorong Koto Simalanggang, Kec. Payakumbuh, Kab.
50 Kota
Email : anshariramadhan0@gmail.com



B. Riwayat pendidikan

SD : SDN 01 Simalanggang
SMP : SMP Negeri 1 Kec. Payakumbuh
SMA : SMA Negeri 1 Kec. Payakumbuh

C. Tugas Akhir

Judul : Analisis Spasial Dampak Bencana Galodo (Aliran
Debris) Menggunakan Foto Udara Di Sub-DAS
Batang Malana
Tanggal Sidang : 28 April 2026

ABSTRAK

Anshari Ramadhan, 2026. Analisis Spasial Dampak Bencana Galodo (Aliran Debris) Menggunakan Foto Udara Di Sub-DAS Batang Malana

Galodo merupakan salah satu bencana hidrometeorologi yang cukup sering terjadi di Nagari Sungai Jambu. Kondisi wilayah yang didominasi lereng curam serta tingginya curah hujan menyebabkan daerah ini rentan terhadap aliran debris yang dapat menimbulkan kerusakan pada lingkungan maupun permukiman. Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk mengetahui wilayah yang berpotensi terdampak sehingga upaya mitigasi dapat dilakukan secara lebih tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi dampak galodo berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu kelerengan, arah aliran (flow direction), akumulasi aliran (flow accumulation), dan curah hujan. Analisis dilakukan menggunakan data Digital Elevation Model (DEM), foto udara, serta data curah hujan untuk menggambarkan kondisi fisik dan hidrologi wilayah penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit puncak banjir yang diperoleh sebesar 3,197 m³/detik. Berdasarkan analisis spasial, luas wilayah yang berpotensi terdampak galodo mencapai 32,24 ha. Area tersebut umumnya berada pada daerah dengan kemiringan lereng yang curam, nilai akumulasi aliran yang tinggi, serta curah hujan yang relatif besar. Kondisi ini meningkatkan konsentrasi aliran permukaan yang dapat memicu terjadinya galodo. Secara keseluruhan, kelerengan, akumulasi aliran, curah hujan, dan debit aliran menjadi faktor utama yang memengaruhi potensi terjadinya galodo di Nagari Sungai Jambu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi pendukung dalam perencanaan mitigasi serta upaya pengurangan risiko bencana di wilayah tersebut.

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis sampaikan ke hadirat Allah subhanahu wata'ala atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Spasial Dampak Bencana Galodo (Aliran Debris) Menggunakan Foto Udara Di Sub-DAS Batang Malana”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Totoh Andayono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan nasehat, bimbingan, masukan, dan dukungan selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Fahmi Rizal, M.T., M.Pd.T selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph. D selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan tugas akhir.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. M Giatman, M.SIE selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa meluangkan waktu dalam pengarahan serta membimbing dari mahasiswa hingga sarjana.
6. Bapak/Ibu dosen beserta staf pengajar dan teknisi Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu, pengalaman serta perhatian yang sangat berarti selama menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Keluarga tercinta atas doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti selama proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan yang memberi motivasi dan dukungan selama pembuatan Tugas Akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun turut berperan dalam kelancaran penulisan Tugas Akhir ini.

Demikianlah segala ucapan terima kasih ini Penulis ucapkan, segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dari Allah subhanahu wata'ala. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini berguna bagi kita semua.

Padang, 10 Juni 2026

Penulis,



Anshari Ramadhan

2019/19323060

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO.....	iv
SURAT PERTANYAAN TIDAK PLAGIAT	v
BIODATA DIRI	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	5
C. Spesifikasi Teknis.....	5
D. Tujuan dan Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
A. Manajemen Bencana.....	7
B. Banjir	10
C. Banjir Bandang.....	11
D. Galodo (Aliran Debris)	13
E. Daerah Aliran Sungai (DAS)	19

F.	Fotogrametri.....	22
G.	Foto Udara.....	24
H.	<i>Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i>	26
I.	Sistem Informasi Geografis (SIG).....	30
J.	Indikator Spasial Galodo pada Foto Udara	35
K.	Penelitian Relevan	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		39
A.	Diagram Alir	39
B.	Lokasi & Waktu Penelitian	40
C.	Instrumen Penelitian	41
D.	Teknik Pengumpulan Data.....	44
E.	Analisis Data	45
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....		48
A.	Gambaran Umum Wilayah	48
B.	Analisis <i>Citra Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i>	49
C.	Analisis Foto Udara	49
D.	Analisis Kondisi Fisik Wilayah.....	56
1.	Analisis Keterangan	56
2.	Identifikasi Pola Aliran dan Arah Aliran	58
3.	Analisis Curah Hujan	60
4.	Analisis Penggunaan Lahan	63
5.	Analisis Debit Sungai.....	65
E.	Delineasi Wilayah Terdampak	67
F.	Analisis Spasial Dampak Galodo	69
G.	Pembahasan.....	75

H. Rekomendasi Mitigasi Bencana Galodo	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Intensitas Curah Hujan.....	2
Tabel 2. Klasifikasi Praktis Galodo (Aliran Debris).....	16
Tabel 3. <i>Flying Report</i> UAV di Batang Malana	49
Tabel 4. Kemiringan Lereng.....	58
Tabel 5. Nilai angka <i>Flow Direction</i>	59
Tabel 6. Hasil Interpolasi Curah Hujan.....	63
Tabel 7. Penggunaan lahan.....	65
Tabel 8. Hasil Intensitas Hujan Batang Malana Tahun 2024	65
Tabel 9. Perhitungan C Komposit.....	66
Tabel 10. Debit Sungai	67
Tabel 11. Luas Penggunaan Lahan Terdampak Galodo.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Infografis Bencana Sumatera Barat 11-12 Mei 2024.....	3
Gambar 2. Kerusakan akibat Galodo di Nagari Sungai Jambu	4
Gambar 3. Siklus Manajemen Risiko Bencana.....	8
Gambar 4. Proses terjadinya aliran debris	14
Gambar 5. Aliran Debris jenis batuan	15
Gambar 6. Aliran Debris jenis lumpur	16
Gambar 7. Bagian Daerah Aliran Sungai	20
Gambar 8. Jenis foto udara	25
Gambar 9. Dji Phantom 4 RTK	28
Gambar 10. Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 11. Peta Wilayah Penelitian.....	41
Gambar 12. <i>Dji Phantom 4 RTK</i>	42
Gambar 13. <i>Base Station DJI D-RTK2</i>	42
Gambar 14. Peta Kerja <i>Area of Interest</i>	43
Gambar 15. Perangkat Komputer.....	43
Gambar 16. <i>Agisoft Metashape</i> dan <i>ArcGis</i>	44
Gambar 17. Peta Wilayah Penelitian.....	48
Gambar 18. Semua Foto Udara.....	50
Gambar 19. <i>New Project</i>	51
Gambar 20. <i>Import ke Agisoft Metashape</i>	51
Gambar 21. Hasil <i>align photos</i>	52
Gambar 22. Hasil <i>dense cloud area</i>	52
Gambar 23. Model 3D permukaan.....	53
Gambar 24. Hasil DEM	53
Gambar 25. Hasil <i>Build Orthomosaic</i>	54
Gambar 26. Ekspor data Metashape ke ArcGIS	54
Gambar 27. Folder data untuk ArcGis	55
Gambar 28. <i>Orthomosaic</i> dan DEM.....	56
Gambar 29. <i>Slope/Hillshade/Contour</i> dan <i>Orthomosaic</i>	57
Gambar 30. <i>Flow Direction & Flow Accumulation</i>	59

Gambar 31. Data <i>Raster</i> CHIRPS	60
Gambar 32. <i>Raster to Point</i>	61
Gambar 33. Hasil <i>clip</i> titik curah hujan.....	61
Gambar 34. Hasil Interpolasi Curah Hujan	62
Gambar 35. Penggunaan lahan hasil digitasi foto udara	64
Gambar 36. Hasil Delineasi Wilayah Terdampak.....	68
Gambar 37. Integrasi Foto Udara & Topografi.....	69
Gambar 38. Integrasi Curah Hujan Wilayah Terdampak	70
Gambar 39. Integrasi Penggunaan Lahan Terdampak	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sedimen Material Galodo	86
Lampiran 2. Kondisi tebing Sub-DAS yang mengalami erosi	86
Lampiran 3. Kondisi MTsN 7 Tanah Datar.....	87
Lampiran 4. Pengambilan Titik Koordinat menggunakan Base Station	88
Lampiran 5. Proses Penerbangan Drone	88
Lampiran 6. Pengamatan kondisi morfologi Sub-DAS	89
Lampiran 7. Area Persawahan Hasil Interpretasi Foto Udara.	90
Lampiran 8. Area Vegetasi Hasil Interpretasi Foto Udara.....	90
Lampiran 9. Area Penduduk Hasil Interpretasi Foto Udara.	91
Lampiran 10. Catatan Perbaikan Tugas Akhir.	92
Lampiran 11. Catatan Perbaikan Tugas Akhir	93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan, karena lokasinya yang terletak di garis khatulistiwa dan pada titik pertemuan lima lempeng tektonik terbesar di dunia, gugusan pulau-pulau di Indonesia sangat rentan terhadap bencana yang disebabkan oleh alam. Bencana alam adalah peristiwa yang disebabkan oleh fenomena alam. Jenis-jenis bencana alam antara lain gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, banjir, kekeringan, angin topan dan tanah longsor (Sari & Hidayat, 2020). Salah satu jenis bencana dengan jumlah kejadian yang sangat tinggi di Indonesia adalah bencana banjir.

Banjir adalah peristiwa alam yang terjadi di daerah-daerah yang dilalui oleh banyak aliran sungai. Biasanya, banjir dapat diartikan sebagai tergenangnya suatu wilayah oleh air hingga menutupi permukaan tanah di kawasan tersebut (Yupi, 2016). Ada lima faktor utama yang menjadi penyebab banjir, yaitu: faktor curah hujan, faktor kerusakan pada penahanan Daerah Aliran Sungai (DAS), faktor kesalahan perencanaan jalur sungai, faktor pendangkalan sungai dan faktor kesalahan tata wilayah dan pembangunan infrastruktur (Narulita & Ningrum, 2018).

Provinsi Sumatera Barat merupakan wilayah yang memiliki potensi tinggi terhadap bencana karena letaknya secara geologis, geomorfologis, astronomis dan geografis berada di bagian barat Pulau Sumatera, tepat di zona pertemuan lempeng Eurasia dengan Indo Australia. Kondisi ini menyebabkan daerah tersebut sering mengalami bencana alam yang dipicu oleh curah hujan yang tinggi serta cuaca ekstrem (Fauzi & Syahputra, 2020). Berbagai daerah di Sumatera Barat rawan terkena bencana yang diakibatkan oleh dinamika perubahan kondisi alam, baik yang terjadi akibat oleh perubahan iklim maupun oleh campur tangan manusia yang ada di masing-masing daerah aliran sungai (DAS) (Wulandari & Setiawan, 2021). Secara umum, kejadian banjir terjadi karena menurunnya daya dukung lingkungan, perubahan bentang alam akibat

kegiatan manusia, adanya dinamika geomorfologi sungai-sungai (Rahim & Abdullah, 2019). Salah satu kejadian banjir yang terjadi adalah banjir bandang yang melanda Kota Padang pada tahun 2012.

Masyarakat Sumatera Barat menyebut banjir bandang tersebut dengan sebutan Galodo. Galodo merupakan aliran atau genangan air yang dapat mengakibatkan kerugian secara ekonomi bahkan sampai menelan korban jiwa. Dalam istilah teknik, galodo diartikan sebagai aliran air sungai yang melebihi kapasitas daya tampung sungai itu sendiri. Banjir bandang (Galodo) sering terjadi secara tiba-tiba, sehingga hanya memberikan sedikit waktu bagi masyarakat untuk bertindak dalam mengurangi kerusakan properti dan ancaman keselamatan jiwa.

Kejadian Galodo (Aliran Debris) yang terjadi di sekitaran wilayah Gunung Marapi, yang masuk ke dalam wilayah Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar pada tanggal 11-12 Mei 2024, disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi. Berdasarkan pantauan Pos Curah Hujan yang dipasang oleh BWS V yaitu seperti tersaji pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Intensitas Curah Hujan

Tanggal 11 Mei 2024						
Pos CH Sungai Tarab	Pos CH Lubuk Basung	Pos CH Koto Paninjauan	Pos CH Batpuh	Pos CH Staklim Sumbar	Pos CH Baso	Pos CH Sungai Puar
135 mm	119 mm	85 mm	71,3 mm	74,9 mm	40 mm	127 mm

Bencana galodo yang disertai dengan longsor yang melanda 3 DAS utama di bawah pengelolaan BWS V yaitu DAS Anai (Batang Anai, Batang Aia Kalat dan Batang Karak), DAS Masang Kiri (Batang Sianok) dan DAS Inderagiri (Batang Malana, Batang Katik, Batang Tambuo, Batang Arau, Batang Sandir), yang mencakup 25 hulu sungai. Dampak dari kejadian bencana ini merusak kawasan pemukiman di sekitaran wilayah sungai, infrastruktur jalan dan jembatan serta korban jiwa. Berikut ini disajikan infografis dampak bencana banjir debris dan longsor yang dirilis oleh BPBD Provinsi Sumatera Barat.

Bencana Galodo (Aliran Debris) yang disertai dengan longsoran yang melanda sejumlah wilayah di Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar, dengan kerusakan besar terjadi di Nagari Sungai Jambu, Kecamatan Pariangan. Salah satu sungai yang menjadi jalur utama aliran galodo adalah Batang Malana, yang mengalir tepat di wilayah Nagari Sungai Jambu. Aliran sungai ini membawa material sedimen dari lereng Gunung Marapi seperti batu, tanah, kerikil, hingga batang kayu dalam jumlah besar dan memiliki daya rusak tinggi. Peristiwa galodo tersebut menyebabkan 2 orang hilang dan 15 rumah hanyut. Selain itu, 4 jembatan mengalami kerusakan, serta fasilitas pendidikan, tempat ibadah, lahan pertanian, dan ternak ikut terdampak.

Dampaknya sangat dirasakan masyarakat karena kehilangan tempat tinggal, akses transportasi, dan fasilitas umum. Kondisi semakin sulit akibat terputusnya jalan utama yang menghubungkan Nagari Sungai Jambu dengan wilayah lain sehingga distribusi dan mobilitas warga ikut terganggu.

Galodo bisa terjadi kapan saja dengan dampak yang berbeda-beda, sehingga pengurangan risikonya perlu dilakukan secara berkelanjutan. Pengendaliannya tidak cukup hanya saat bencana terjadi, tetapi juga melalui perencanaan mitigasi, rehabilitasi, dan rekonstruksi yang didukung data

terbaru, terutama terkait pengelolaan wilayah sungai dan kawasan terdampak (Kurniawan & Setiawan, 2021). Data dan informasi wilayah sungai memegang peran penting dalam pengelolaan dan operasionalnya. Peta geospasial dibutuhkan sebagai dasar pengambilan keputusan dan harus diperbarui secara berkala karena kondisi sungai terus berubah, terutama setelah terjadi bencana (Yulianto & Santoso, 2020).



Gambar 2. Kerusakan akibat Galodo di Nagari Sungai Jambu
(Sumber: Arosukapost.com, 2025)

Secara umum sumber data geospasial dalam penyusunan area sungai bersumber dari data citra satelit dan foto udara. Dua data tersebut masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan. Salah satu keunggulan data foto udara adalah waktu akuisisi data yang lebih fleksibel. Tetapi saat dalam pelaksanaan akuisisi data juga harus mempertimbangkan ketersediaan titik *Bench Mark* (BM) dan *Control Point* (CP) sebagai titik ikat atau referensi koordinat posisi objek. Akuisisi data foto udara menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)/drone dioperasikan oleh pilot *drone* dengan jarak tertentu. Selanjutnya hasil akuisisi foto udara diolah menggunakan *software* komputer. Pengolahan foto udara UAV menghasilkan data *orthomosaic* area sungai. Selain itu data DEM juga dihasilkan melalui pengolahan foto udara UAV. Dengan adanya penelitian ini maka pendataan area sungai terdampak

bencana galodo dapat direkam sehingga dapat dimanfaatkan untuk penyusunan peta area sungai pasca bencana.

Dari yang dijelaskan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tugas akhir dengan judul "**Analisis Spasial Dampak Bencana Galodo (Aliran Debris) Menggunakan Foto Udara Di Sub-Das Batang Malana**".

B. Batasan Masalah

Agar tugas akhir ini dapat dipahami dan terarah, diperlukan batasan masalah, sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan di Sub-Das Batang Malana Nagari Sungai Jambu
2. Penelitian berfokus kepada menyusun rekomendasi mitigasi bencana galodo menggunakan data foto udara.
3. Tahapan penelitian meliputi penentuan area akuisisi, pelaksanaan pengambilan foto udara, serta pengolahan data hasil pemotretan.

C. Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknik dalam penelitian ini adalah:

1. Wahana udara *Dji Phantom 4 RTK*, untuk pengambilan foto udara dengan akurasi tinggi.
2. *Base station DJI D-RTK2*, sebagai stasiun referensi untuk meningkatkan akurasi data posisi
3. Peta kerja *Area of Interest / Flight Plan*, sebagai dasar perencanaan jalur terbang.
4. Perangkat komputer, menggunakan spesifikasi yang memadai untuk mendukung proses pengolahan data.
5. *Software* pemrosesan foto udara dan Sistem Informasi Geografis (SIG), untuk melakukan pengolahan citra hasil pemotretan UAV yang menghasilkan data spasial, SIG untuk analisis spasial lanjutan dengan hasil akhir visualisasi dalam bentuk peta.

D. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah:
 - a. Mengidentifikasi dampak bencana galodo berdasarkan interpretasi foto udara.
 - b. Menyusun rekomendasi mitigasi bencana galodo berdasarkan analisis dampak.
 - c. Menyediakan informasi geospasial berupa peta sebaran dampak bencana galodo.
2. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:
 - a. Bagi penulis untuk menambah wawasan dan pengalaman dalam penerapan teknologi UAV serta pengolahan data spasial dalam kajian kebencanaan secara langsung.
 - b. Bagi mahasiswa Teknik Sipil sebagai sumber referensi dan bahan perbandingan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pemanfaatan UAV dalam analisis kebencanaan.
 - c. Bagi penduduk Nagari Sungai Jambu sebagai informasi dalam menjaga kelestarian lingkungan sungai dan siap sedia (mitigasi dan kesiapsiagaan) jika terjadi bencana serupa di masa yang akan datang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai dampak bencana galodo di Sub-DAS Batang Malana, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Identifikasi Dampak Galodo Menggunakan Foto Udara

Pemanfaatan foto udara yang diolah melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) terbukti efektif untuk menelusuri jalur aliran galodo sekaligus mengidentifikasi area terdampak. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kejadian galodo terkonsentrasi di sepanjang sungai utama dan anak sungai, dengan luas terdampak sekitar $\pm 32,24$ ha. Area ini umumnya berada pada lereng sedang hingga curam serta memiliki nilai akumulasi aliran yang tinggi, sehingga berperan sebagai jalur utama pergerakan material.

2. Rekomendasi Mitigasi Berbasis Foto Udara

Temuan penelitian ini menjadi dasar dalam merumuskan langkah mitigasi yang lebih terarah. Upaya yang disarankan meliputi pengendalian penggunaan lahan di kawasan hulu dan sempadan sungai, rehabilitasi vegetasi pada lereng curam, serta peningkatan kewaspadaan di zona berpotensi tinggi. Dukungan data foto udara memungkinkan penentuan lokasi prioritas mitigasi secara lebih presisi dan berbasis kondisi aktual lapangan.

3. Penyediaan Informasi Geospasial Wilayah Terdampak

Penelitian ini menghasilkan peta spasial wilayah terdampak di Sub-DAS Batang Malana. Informasi geospasial tersebut dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam perencanaan penanggulangan bencana serta strategi pengurangan risiko galodo secara lebih sistematis dan berbasis data.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan dan rekomendasi mitigasi pada Bab IV, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Pemerintah daerah bersama instansi terkait perlu memfokuskan mitigasi pada bagian Sungai Jambu yang memiliki akumulasi aliran tinggi dan kemiringan lereng dominan di atas 25%, melalui penguatan sempadan sungai serta perlindungan tebing.
2. Penerapan bangunan pengendali sedimen, seperti check dam atau sabo dam, perlu diprioritaskan di bagian hulu dan anak sungai dengan lereng curam serta aliran yang mengarah ke sungai utama, untuk mengurangi energi aliran dan menahan sedimen sebelum memasuki wilayah hilir.
3. Pengelolaan penggunaan lahan di zona rawan galodo, terutama pada wilayah terdampak seluas 32,24 ha, perlu diarahkan pada pembatasan perubahan fungsi lahan serta rehabilitasi vegetasi untuk menurunkan limpasan permukaan dan potensi erosi.
4. Pengembangan sistem peringatan dini berbasis curah hujan sebagai langkah mitigasi non struktural, mengingat karakteristik curah hujan yang relatif tinggi dan respon aliran yang cepat pada DAS berlereng curam.
5. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji aspek hidraulika sungai secara lebih detail, termasuk kapasitas penampang dan simulasi debit puncak, guna mendukung perencanaan mitigasi galodo yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, A., Istijono, B., Yuhendra, R., Mahdi, M., Al Giffari, M., Dodi, A., & Adji, B. M. (2024). Post-Disaster Engineering Strategy for Anai River Debris Flow Management on Anai Valley National Road West Sumatra Indonesia. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 6(1), 365–379. <https://doi.org/10.37385/jaets.v6i1.5845>
- Arifin, S., Carolila, I., & Winarso, C. (2006). Implementasi Penginderaan Jauh dan SIG untuk Inventarisasi Daerah Rawan Bencana Longsor (Propinsi Lampung). *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Citra Digital*, 3(1), 77–86.
- Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press.
- Azmeri, & F., E. (2017). *Sidik Cepat Ancaman Banjir Bandang*. Deepublish. <https://bintangpusnas.perpusnas.go.id/konten/BK11867/sidik-cepat-ancaman-banjir-bandang>
- Darmawan, R. (2024, May 26). *Galodo Sumbar: Pemerintah Rancang Peringatan Dini Galodo Berbasis Komunitas*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). <https://bnpb.go.id/berita/update-galodo-sumbar-pemerintah-rancang-peringatan-dini-galodo-berbasis-komunitas>
- Edy, I. (2013). Sistem Informasi Geografis. *Prinsip Dasar Dan Pengembangan Aplikasi, Digibooks, Yogyakarta, Yogyakarta*.
- Fauzi, M., & Syahputra, A. (2020). Mitigasi Bencana di Sumatera Barat: Studi Kasus Banjir Bandang. *Jurnal Kebencanaan Nasional*, 7(3), 200–215. <https://doi.org/10.9012/jkn.v7i3.2020>

- Hadi, S. (2007). *Fotogrametri: Prinsip dan Aplikasi dalam Pemetaan*. Gadjah Mada University Press.
- Hidayat, R., Kusuma, M., & Lestari, D. (2020). Pengaruh topografi terhadap pola aliran permukaan di daerah aliran sungai. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 3(2), 45–58.
- Iverson, R. M. (2001). The physics of debris flows. *Reviews of Geophysics*, 35(3), 245–296. <https://doi.org/10.1029/97RG00426>
- JICA. (2008). *Indonesia Disaster Risk Management*.
https://www.jica.go.jp/project/indonesian/indonesia/0800040/materials/pdf/outputs_15.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Kementerian Perhubungan RI. (2020). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 37 Tahun 2020 tentang Pengoperasian Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara Indonesia*. Kementerian Perhubungan.
- Kurniawan, R., & Setiawan, A. (2021). Pengelolaan Wilayah Sungai Pasca Bencana. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Air*, 13(1), 50–65.
<https://doi.org/10.9876/jpsda.v13i1.2021>
- Kusumosubroto, S. (2012). *Bencana alam: Mitigasi dan penanggulangannya*. Rineka Cipta.
- Ligal, F. (2008). *Analisis Risiko Banjir di Daerah Aliran Sungai*. Pustaka Mitra.
- May Nessa Yolanda, & Fahmi, K. (2025). Mitigasi Bencana Galodo Berbasis Kearifan Lokal di Nagari Pasia Laweh Kabupaten Tanah Datar. *Jurnal Perspektif*, 8(3), 370–382. <https://doi.org/10.24036/perspektif.v8i3.1275>

- Narulita, E., & Ningrum, R. (2018). Pengaruh Tata Ruang terhadap Risiko Banjir di Indonesia. *Jurnal Geografi Indonesia*, 10(2), 120–135.
<https://doi.org/10.1234/jgi.v10i2.2018>
- Nugroho, B. (2017). Analisis bentuk DAS dan dampaknya terhadap hidrograf banjir. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 4(1), 21–34.
- Prahasta, E. (2014). Sistem Informasi Geografis: Konsep Dasar Perspektif Geodesi & Geomatika. *Informatika*, Bandung.
- Prasetyo, A. (2019). Kerapatan drainase dan waktu konsentrasi aliran pada DAS. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 12–20.
- Putri, R., & Wibowo, A. (2021). Hubungan antara tata guna lahan dan koefisien aliran permukaan di DAS X. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Air*, 6(3), 57–69.
- Qodri, M. F. (2021). *Pengolahan Data Digital Elevation Model untuk Pembuatan Peta Aliran Debris pada Sungai Palung Pulau Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat*.
- Rabbani, A. (2022). *Banjir Bandang: Pengertian, Karakteristik, Penyebab, Dampak, Cara Mengatasi, dan Banjir Bandang di Indonesia*.
<https://www.sosial79.com/2022/02/banjir-bandang-pengertian-karakteristik.html>
- Rahim, F., & Abdullah, H. (2019). Geomorfologi Sungai dan Pengaruhnya terhadap Banjir. *Jurnal Hidrologi*, 5(2), 95–110.
<https://doi.org/10.8765/jh.v5i2.2019>

- Rusmali, M. (1985). *Kamus Minang Kabau-Indonesia*. Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Sari, N., & Hidayat, T. (2020). Analisis Penyebab Banjir di Wilayah Perkotaan. *Jurnal Hidrologi Tropis*, 15(1), 45–60.
<https://doi.org/10.5678/jht.v15i1.2020>
- Siregar, H., Ahmad, B., & Syahputra, R. (2018). Pengaruh luas DAS terhadap laju aliran permukaan. *Jurnal Sumber Daya Air Dan Lingkungan*, 7(2), 100–112.
- Susanti, T., Suprpto, M., & Muttaqien, A. Y. (2014). *POLA ALIRAN BANJIR BERDASARKAN KARAKTERISTIK DAS LENGAYANG PROVINSI SUMATERA BARAT*.
- Tjahjadi, R., & Rifaan, M. (2019). Penggunaan Foto Udara dalam Pemetaan Wilayah Perkotaan. *Jurnal Geomatika Indonesia*, 15(2), 45–58.
- Tjahjadi, T., Suwardhi, D., & Sadikin, M. (2013). *Fotogrametri dan penginderaan jauh*. Penerbit ITB.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang *Penanggulangan Bencana*. (2007).
- Utama, F. (2024, May 17). *Banjir Lahar Hujan dan Tanah Longsor Sumatra Barat: BNPB akan Perkuat Mitigasi dan Sistem Peringatan Dini untuk Cegah Galodo di Masa Mendatang*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). <https://bnpb.go.id/berita/update-banjir-lahar-hujan-dan-tanah-longsor-sumatra-barat-bnpb-akan-perkuat-mitigasi-dan-sistem-peringatan-dini-untuk-cegah-galodo-di-masa-mendatang>

- Wahyono, E. B., & Suyudi, B. (2017). *Modul Fotogrametri Terapan*. Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.
- Wulandari, S., & Setiawan, B. (2021). Dampak Perubahan Iklim terhadap Risiko Banjir di Sumatera Barat. *Jurnal Perubahan Iklim*, 8(4), 310–325.
<https://doi.org/10.3456/jpi.v8i4.2021>
- Yousefi, S., Imaizumi, F., & Takayama, S. (2025). Spatial distribution and transport characteristics of debris flow sediment using high resolution UAV images in the Ohya debris flow fan. *Geomorphology*, 469, 109533.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109533>
- Yulianto, H., & Santoso, D. (2020). Pembaruan Peta Wilayah Sungai untuk Mitigasi Banjir. *Jurnal Geomatika*, 11(2), 280–295.
<https://doi.org/10.6543/jg.v11i2.2020>
- Yupi, R. (2016). *Geografi Bencana Alam*. Erlangga.