



Landslide Susceptibility Mapping in Galela Lake Border Area North Halmahera Regency

(Pemetaan Kerawanan Tanah Longsor Area Sempadan Danau Galela Kabupaten Halmahera Utara)

Hendro Christi Suhry ^{1✉}, Edom Bayau ¹, Jelvi Febrina Anjali Fika ¹, Fridolian Side ¹ dan Nikollas Pasimanyeku ¹

¹ Program Studi Kehutanan, Universitas Hein Namotemo, Tobelo, Indonesia.

Email: suhryhendro@gmail.com

Article Info:

Received : 29 Sept. 2025

Accepted : 27 Okt. 2025

Online : 27 Okt. 2025

Article type :

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword :

Galela Lake; border area; mapping; landslides; mitigation

Corresponding Author :

Hendro Christi Suhry

Universitas Hein Namotemo
Halmahera Utara, Indonesia

Email :

suhryhendro@gmail.com

Abstract

The existence of Galela Lake is currently faced with the problem of landslides in lake border area. Slope characteristics and land conversion in border areas are factors causing landslides. Mitigation of landslide vulnerability in the Galela Lake border areas needs to be prepared by utilizing geographic information system. This study aims to classify the level of landslide vulnerability based on rainfall parameters, slope, soil type, and land cover. This research uses the scoring and overlay method using Arcmap 10.8 software. Research result show of area Galela Lake reaches 402 ha, total area of Galela Lake border area is 102,12 ha. The annual rainfall of the Galela region reaches 2743,8 mm. The results of the slope classification show that the slope of the Galela Lake border is dominated by a slope of 16-25% reaching 30,04 ha. The types of soil found were andosol 55,55 ha and cambisol 46,58 ha. The most dominant plantation land cover in the Galela Lake border area reaches 54,32 ha. The results of mapping the level of landslide vulnerability in the Galela Lake border Area show that 54.48% of this area is classified as moderately vulnerable with an area of 54,62 ha. 44,5% of the Galela Lake border area is at a high vulnerability level of 45,45 ha. Mitigation of the Galela Lake boundaries can be done by paying attention to settlement areas within a high-risk radius, such as the villages of Gotalamo, Duma, Dokulamo, Sotabaru, Samuda, Ngidiho, Bale, Ori, Igobula, Towara and Seki.



Copyright©2025, Hendro Christi Suhry, Edom Bayau, Jelvi Febrina Anjali Fika, Fridolian Side, Nikollas Pasimanyeku

I. PENDAHULUAN

Danau Galela adalah salah satu danau terbesar di kabupaten Halmahera Utara, danau ini dikelilingi oleh 15 (Lima belas) Desa yang termasuk dalam 3 (Tiga) wilayah kecamatan. Keberadaan danau Galela saat ini diperhadapkan dengan permasalahan longsor di beberapa titik lokasi. Berdasarkan informasi dan pengamatan lapangan Tahun 2024 hingga awal tahun 2025, diketahui telah terjadi longsor pada beberapa titik di area sempadan danau Galela diantaranya wilayah desa

Seki kecamatan Galela Selatan, desa Dokulamo dan desa Soatobaru kecamatan Galela Barat. Tingkat kerawanan longsor di tepian danau Galela ada pada kategori sedang hingga tinggi [1].

Karakteristik kelerengan di area sempadan danau Galela yang bervariasi mulai dari landai hingga curam merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya longsor. Faktor lain yang mempengaruhi kejadian longsor adalah tutupan lahan, jenis tanah dan curah hujan [2]. Tutupan lahan sekitar danau Galela telah mengalami

perubahan diantaranya konversi hutan menjadi perkebunan dan pemukiman, ironisnya konversi lahan ini juga terjadi di area sempadan danau Galela [3]. Padahal area sempadan danau yang berjarak 50 meter dari bibir danau merupakan area *buffer* atau penyangga yang wajib dilindungi [4].

Tanah longsor dapat menimbulkan ancaman yang signifikan terhadap kehidupan manusia, infrastruktur, dan lingkungan, sehingga memerlukan strategi pengelolaan yang efektif. cakupan pengelolaan tanah longsor, termasuk berbagai kegiatan seperti sistem peringatan dini dan pemetaan bahaya longsor [5]. Narasi mitigasi area sempadan danau Galela perlu disiapkan dengan matang, untuk itu penggunaan teknologi berbasis sistem informasi geografis dapat diandalkan dalam pemetaan tingkat kerawanan bencana longsor suatu kawasan [6] [7]. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah: 1) Untuk mengidentifikasi karakteristik kelerengan, jenis tanah, curah hujan dan tutupan lahan di area sempadan danau Galela. 2) Untuk mengklasifikasikan potensi kerawanan bencana tanah longsor di area sempadan danau Galela.

Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian sebelumnya dari sisi metode yang digunakan. Penelitian sebelumnya hanya mengandalkan parameter karakteristik kelerengan sedangkan penelitian ini ada penambahan parameter selain kelerengan yaitu curah hujan, jenis tanah dan tutupan lahan. Alasan ditambahnya parameter dan perubahan metode karena luaran penelitian sebelumnya dirasa belum cukup sebagai dasar mitigasi, maka diperlukan penelitian lanjutan yang menggunakan parameter tambahan selain kelerengan agar tingkat akurasi peta yang dihasilkan lebih baik.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Agustus 2025 bertempat di area sempadan danau Galela kabupaten Halmahera Utara. Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, dengan menggunakan metode Skoring dan overlay. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), batas desa, batas sempadan danau Galela, *Digital Elevasi Model*

(DEM) Nasional wilayah sempadan danau Galela yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), selanjutnya data yang digunakan yaitu peta jenis tanah, data curah hujan tahunan dari Stasiun Meteorologi Kelas III Gamar Malamao, dan peta tutupan lahan area sempadan danau Galela. Data yang dikumpulkan kemudian diinput dalam software Arcmap 10.8. Tahap selanjutnya dilakukan skoring dan pembobotan tiap parameter yang dikumpulkan (Tabel 1) [8].

Tabel 1. Skoring dan pembobotan parameter yang dipetakan

Parameter	Besaran/ Jenis	Skor	Bobot
Curah Hujan (mm)	>3000	5	20 %
	2501-3000	4	
	2001-2500	3	
	1500-2000	2	
	<1500	1	
Kemiringan Lereng	>45%	5	40%
	25-45%	4	
	16-24%	3	
	9-15%	2	
	0-8%	1	
Jenis Tanah	Regosol, litosol, organosol	5	10%
	Andosol, Laterit, Grumosol, podsolik	4	
	Kambisol, brown forest soil, mediterian	3	
	Latosol	2	
	Aluvial, planosol, hidromorf	1	
Tutupan Lahan	Tegalan, sawah	5	30%
	Semak Belukar	4	
	Hutan dan perkebunan	3	
	Pemukiman, lahan terbangun	2	
	Badan air	1	

Analisis tingkat kerawanan tanah longsor dilakukan dengan metode overlay peta untuk seluruh parameter yang terdiri dari peta kelerengan, peta jenis tanah, peta curah hujan dan peta tutupan lahan [15]. Klasifikasi tingkat kerawanan longsor mengacu pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor

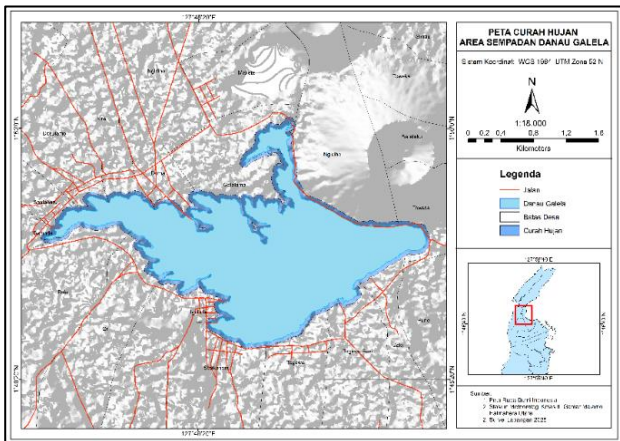
No	Interval Kelas	Tingkat Kerawanan
1	8-17	Rendah
2	18-21	Sedang
3	28-37	Tinggi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas danau Galela mencapai 402 ha, dengan luasan demikian maka didapati luas total area sempadan danau Galela adalah 102,12 ha. Output skoring dan pembobotan untuk tiap parameter diantaranya curah hujan, keterenggan, jenis tanah dan tutupan lahan ditampilkan dalam bentuk peta sebagai berikut:

3.1. Curah Hujan

Berdasarkan data curah hujan dari Stasiun Meteorologi Kelas III Gamar Malamo tahun 2024 diketahui bahwa jumlah curah hujan bulanan tertinggi ada di bulan Januari 373,4 mm, bulan April 368,8 mm, bulan Agustus 343 mm. Jumlah curah hujan terendah pada bulan Februari 73,9 mm dan bulan Oktober 141 mm. Jumlah hari hujan tertinggi ada pada bulan Januari mencapai 28 hari dan Bulan November 27 Hari, sedangkan yang terendah di bulan Februari 13 hari. Berdasarkan klasifikasi hujan bulanan, kategori hujan tahun 2024 wilayah Galela adalah hujan ringan hingga sangat lebat.



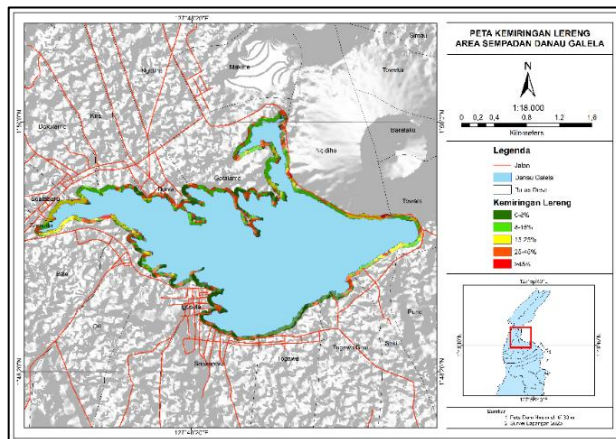
Gambar 1. Peta curah hujan area sempadan danau Galela.

Curah hujan kawasan sempadan danau Galela tersebar merata di seluruh area sempadan (Gambar 1), hal ini terlihat dari warna biru yang merepresentasikan sebaran curah hujan di tepi danau. Jumlah curah hujan tahunan wilayah Galela rentang bulan Januari hingga Desember mencapai 2743,8 mm. Berdasarkan data ini maka jumlah curah hujan ada pada kategori sedang.

3.2. Kemiringan Lereng

Hasil klasifikasi kemiringan lereng dalam lima kelas lereng 0->45% diketahui bahwa

kelerengan sempadan danau Galela didominasi oleh kemiringan lereng 16-25% mencapai 30,04 ha disusul kemiringan 0,8% mencapai 28,90%. Kemiringan lereng terkecil adalah pa kemiringan >45% adalah 1,34 ha.

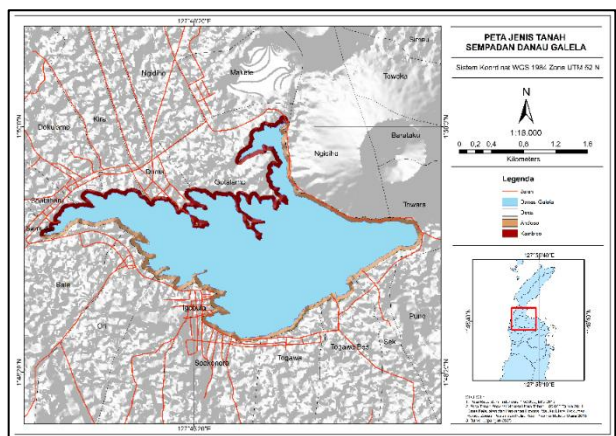


Gambar 2. Peta kemiringan lereng area sempadan danau Galela

Kelas kemiringan lereng 16-25% diketahui mendominasi bagian barat hingga utara danau Galela, sedangkan untuk kemiringan 0-8% mendominasi bagian selatan danau Galela (Gambar 2).

3.3. Jenis tanah

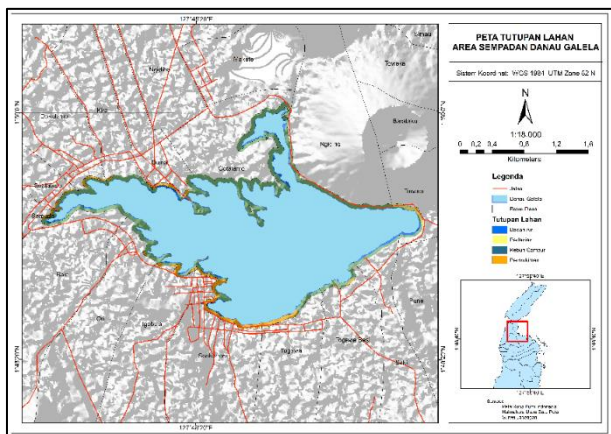
Hasil identifikasi jenis tanah di area sempadan danau Galela didapati dua jenis tanah yang membagi area sempadan menjadi dua segmen (Gambar 3). Jenis tanah yang ditemui adalah andosol dan kambisol. Luasan area sempadan dengan jenis tanah andosol adalah 55,55 ha sedangkan jenis tanah kambisol adalah 46,58 ha.



Gambar 3. Peta jenis tanah area sempadan danau Galela.

3.4. Tutupan Lahan

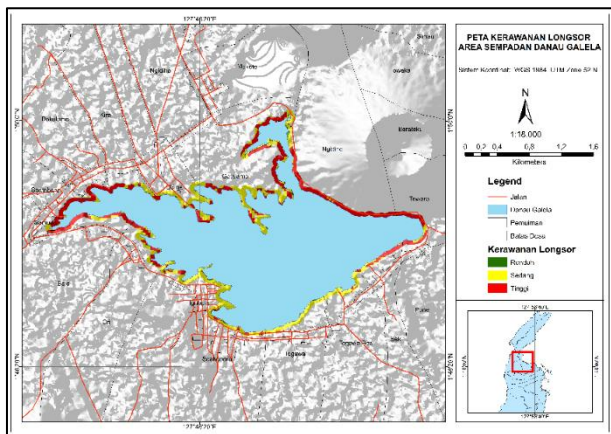
Lahan diarea sempadan danau Galela diperuntukan sebagai area pemukiman, perkebunan, dan area pertanian serta merupakan lahan hutan (Gambar 4). Luasan tutupan lahan perkebunan warga yang paling dominan mencapai 54,32 ha disusul luasan hutan campur 19,75 ha, sedangkan yang terkecil adalah luasan area pertanian 2,58 ha.



Gambar 4. Peta tutupan lahan area sempadan danau Galela.

3.5. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor

Hasil pemetaan tingkat kerawanan longsor (Gambar 5) area sempadan danau Galela diketahui bahwa 54,48 % wilayah ini masuk dalam kerawanan sedang dengan luas area 54,62 ha. 44,5 % area sempadan danau Galela masuk dalam tingkat kerawanan tinggi dengan luas 45,45 ha, sedangkan tingkat kerawanan rendah 2,02 % atau 2,06 ha dari total luas area sempadan danau Galela.



Gambar 5. Peta kalsifikasi tingkat kerawanan longsor area sempadan danau Galela.

Data sebaran tingkat kerawanan longsor rendah hingga tinggi di area sempadan danau Galela disajikan pada tabel 4. Tingkat kerawanan longsor tinggi tersebar meliputi 6 dari 7 desa di kecamatan Galela Selatan. Desa Togawa tidak termasuk dalam kategori tinggi karena wilayah ini didominasi kelerengan landai. Desa Bale merupakan desa di kecamatan Galela Selatan dengan tingkatan kerawanan tinggi yang paling luas mencapai 4,25 ha. Disisi lain desa Bale memiliki kelebihan yang harus dipertahankan karena memiliki jenis tutupan lahan area sempadan masih berupa hutan dan perkebunan capur, dengan tutupan tajuk dan kanopi yang rapat sehingga dapat diandalkan dalam pencegahan tanah longsor. Desa Seki, Soakonora, Igobula dan Ori untuk wilayah kecamatan Galela Selatan perlu menjadi perhatian dikarenakan area pemukiman warga berada dalam wilayah dengan tingkat kerawanan longsor tinggi.

Tabel 4. Sebaran Tingkat Kerawanan Longsor

No	Kecamatan	Desa	Tingkat Kerawanan	Luas Kerawanan Longsor (ha)
1	Galela Selatan	Bale	Sedang	1,31
			Rendah	0,04
			Tinggi	4,25
2		Igobula	Sedang	8,66
			Rendah	0,44
			Tinggi	0,78
3		Ori	Sedang	4,17
			Rendah	0,12
			Tinggi	2,82
4		Seki	Sedang	1,18
	Tinggi		2,18	
5	Soakonora	Sedang	3,41	
		Rendah	0,20	
		Tinggi	0,77	
6	Togawa	Sedang	4,36	
		Rendah	0,25	
7	Togawa Besi	Sedang	3,58	
		Rendah	0,06	
		Tinggi	0,29	
8	Galela	Towara	Sedang	0,86
			Rendah	0,01
			Tinggi	3,53
9	Galela Barat	Dokulamo	Sedang	0,53
			Rendah	0,03
			Tinggi	2,80
10	Galela Barat	Duma	Sedang	6,71
			Rendah	0,29
			Tinggi	1,94

11	Gotalamo	Sedang	14,19
		Rendah	0,24
		Tinggi	11,66
12	Kira	Sedang	1,72
		Rendah	0,04
		Tinggi	1,72
13	Ngidiho	Sedang	3,08
		Rendah	0,36
		Tinggi	8,98
14	Samuda	Sedang	0,61
		Tinggi	1,40
15	Soatabaru	Sedang	0,26
		Tinggi	2,33

Area sempadan untuk wilayah kecamatan Galela hanya meliputi 1 desa yaitu desa Towara dengan luasan tingkat kerawanan tinggi mencapai 3,53 ha. Hal ini dikarenakan area sempadan desa Towara sempadan danau untuk wilayah kecamatan Galela Barat tingkat kerawanan longsor tinggi tersebar merata pada 7 desa. Desa Gotalamo dan Ngidiho memiliki luasan tingkat kerawanan longsor tertinggi, masing-masing 11,66 ha dan 8,98 ha. Desa Duma, Dokulamo, Samuda dan Sotabaru perlu menjadi perhatian serius karena tingkat kerawanan longsor tinggi mendominasi area ini, selain posisi pemukiman warga bersinggungan langsung dengan area rawan longsor tinggi.

Mitigasi risiko longsor karena curah hujan yang didasarkan pada perkiraan probabilitas spasial-temporal terjadinya longsor di area tertentu, dapat ditentukan melalui pemetaan Kerawanan longsor [11]. Kejadian tanah longsor yang disebabkan oleh faktor curah hujan adalah fenomena alam yang paling umum terjadi. Oleh sebab itu, identifikasi dan karakterisasi hujan dapat dianggap sebagai suatu langkah krusial bagi pengambil kebijakan, praktisi, maupun pihak-pihak lainnya [12]. Curah Hujan yang intens mengakibatkan perubahan pada dinamika permukaan dan air tanah yang berimbas pada stabilitas lereng hal ini memicu terjadinya longsor. Fenomena ini memberikan ancaman besar bagi populasi dan infrastruktur. Dengan demikian, perkiraan terjadinya longsor karena hujan menjadi isu yang layak untuk dikaji [13].

Ketidakstabilan lereng ditentukan oleh keseimbangan faktor-faktor stabilitas suatu kawasan. Jika stabilitas hilang, baik secara

bertahap maupun tiba-tiba, akan memicu terjadinya tanah longsor. Kemiringan lereng memiliki pengaruh signifikan terhadap stabilitas lereng [14]. Analisis kelerengan berguna untuk mitigasi bahaya tanah longsor, serta memprediksi lebih dini peran tanah longsor dalam perubahan dan evolusi lanskap [15]. Keberadaan lereng yang curam (>45%) dan jenis tanah andosol dapat menjadi penyebab utama kejadian tanah longsor [16]. Persentase lempung tanah yang lebih tinggi umumnya meningkatkan kerentanan tanah longsor [17]. Selain faktor-faktor diatas, jenis penggunaan lahan juga masuk dalam faktor penyebab kejadian longsor [18].

Tutupan lahan yang sangat berpotensi menyebabkan longsor adalah lahan pertanian dan budidaya, selain alih fungsi lahan untuk kebutuhan konstruksi. Solusi untuk mencegah tanah longsor adalah dengan upaya mitigasi dan penghijauan kembali terhadap area potensi longsor [19]. Teknologi sistem informasi geografis (SIG) juga dapat dijadikan solusi mitigasi karena menawarkan platform untuk mengintegrasikan informasi spasial dari berbagai sumber serta parameter ke dalam satu kerangka kerja. Output dari penggunaan SIG berupa peta yang menjadi dasar arahan mitigasi dalam upaya preventif terhadap kejadian tanah longsor [20].

IV. PENUTUP

Pemetaan tingkat kerawanan longsor area sempadan danau Galela menghasilkan 3 kelas kerawanan longsor yaitu rendah, sedang dan tinggi. Karakteristik area sempadan danau Galela berdasarkan kemiringan lereng, tutupan lahan, jenis tanah dan curah hujan sangat mempengaruhi tingkat Kerawanan longsor. Arahan mitigasi berbasis sistem informasi geografis sangat efektif dalam memetakan tingkat kerawanan tanah longsor sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan pemanfaatan area sempadan danau Galela. Mitigasi sempadan danau Galela dapat dibuat dengan memperhatikan area pemukiman warga yang berada dalam radius tingkat kerawanan tinggi seperti desa Gotalamo, Duma, Dokulamo, Sotabaru, Samuda, Ngidiho, Bale, Ori, Igobula, Towara dan Seki.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi Riset dan Teknologi melalui pembiayaan dana penelitian (133/C3/DT.05.00/PL/2025) oleh DRTPM. Ucapan

terima kasih kepada LLDIKTI Wilayah XII, Universitas Hein Namotemo, dan Pemerintah 15 desa di sekitar area sempadan danau Galela atas bantuan saat penelitian.

REFERENSI

- [1] Suhry, H. C., Bayau, E., and Side, F. (2024). Mapping of Landslide Prone Areas in Seki Village South Galela District North Halmahera Regency. *Agribikan Jurnal Agribisnis Perikanan*, 17(2), 146-151. <https://doi.org/10.52046/agribikan.v17i2.2215>
- [2] Ganesh, B., Vincent, S., Pathan, S., and Benitez, S. R. G. (2023). Integration of GIS and Machine Learning Techniques for Mapping the Landslide-Prone Areas in the State of Goa, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* (July 2023) 51(7):1479–1491 <https://doi.org/10.1007/s12524-023-01707-y>
- [3] Soeprbowati, T. R., Jumari, J., Saraswati, T. R., Suhry, H. C., and Gell, P. (2021). Land-use changes concerning the riparian vegetation in Galela Lake, North Maluku, Indonesia. *Ecological Engineering*, 170, 106368. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106368>
- [4] Pemerintah Republik Indonesia. (2015). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28/PRT/M/2015 Tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai Dan Garis Sempadan Danau, Hal 1-14.
- [5] Varol, N., and Cengiz, L. D. (2023). An Overview of Landslide Management: Scope, Difficulties, Limitations with Future Directions and Opportunities. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(2), 609-621. <https://doi.org/10.35341/afet.1298696>
- [6] Bhunia, G. S., and Shit, P. K. (2022). Geospatial Technology for Multi-hazard Risk Assessment. *Springer*, (pp. 1–18). https://doi.org/10.1007/978-3-030-75197-5_1
- [7] Tambunan, O. A. J. 2025. Literature Review of the Role of Geographic Information Systems in Disaster Mitigation Efforts in Indonesia. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1486 012038 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1486/1/012038/pdf>
- [8] Mukhlisa, A. N., Mappiasse, M. F., & Ashari, A. S. (2023). Penerapan metode skoring dan weighted overlay dalam menaksir tingkat kerawanan longsor Kecamatan Camba, Kabupaten Maros. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 6(2), 89-98. <https://doi.org/10.32662/gjfr.v6i2.3203>
- [9] Agusman, R., Hayana, N. H., & Setiano, D. D. (2023). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan tingkat rawan longsor menggunakan metode skoring dan overlay di Kabupaten Serang, Banten. *Jurnal Sains Geografi*, 1(2), 1-10.
- [10] Faizana, F., Nugraha, A. L., & Yuwono, B. D. (2015). Pemetaan risiko bencana tanah longsor Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(1), 223-234. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2015.7669>
- [11] Huang, F., Chen, J., Liu, W., Huang, J., Hong, H., & Chen, W. (2022). Regional rainfall-induced landslide hazard warning based on landslide susceptibility mapping and a critical rainfall threshold. *Geomorphology*, 408, 108236. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108236>
- [12] Bezak, N., & Mikoš, M. (2021). Changes in the rainfall event characteristics above the empirical global rainfall thresholds for landslide initiation at the pan-European level. *Landslides*, 18(5), 1859-1873. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01579-0>
- [13] Guzzetti, F., Gariano, S. L., Peruccacci, S., Brunetti, M. T., & Melillo, M. (2022). Rainfall and landslide initiation. In *Rainfall* (pp. 427-450). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822544-8.00012-3>
- [14] Zeng, Y., Zhang, Y., Hu, W., Chen, M., Hu, Q., Liu, X., & Zhu, X. (2024). A case study on soil slope landslide failure and parameter analysis of influencing factors for safety factor based on strength reduction method and orthogonal experimental design. *PloS one*, 19(5), e0300586. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300586>
- [15] Shroder, J. F. (2021). *Landslide hazards, risks, and disasters*. Elsevier.
- [16] Diara, I. W., Wahyu Wiradharma, I., Suyarto, R., Wiyanti, W., & Saifulloh, M. (2023). Spatio-temporal of landslide potential in upstream areas, Bali tourism destinations: remote sensing and geographic information approach. *Journal of Degraded & Mining Lands Management*, 10(4).

- [17] Fatimah, E. (2024, June). Analysis of landslide-prone areas in Tripe Jaya district, Gayo Lues Regency. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1356, No. 1, p. 012111). IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1356/1/012111/pdf>
- [18] Fata, Y. A., Kunchahyo, B., & Tarigan, S. D. (2022). Characteristics and factors affecting surface and shallow landslides in West Java, Indonesia. *Journal of Degraded & Mining Lands Management*, 10(1).
- [19] Priyono, P., & Maulida, E. I. (2021). Mitigation of area prone to landslide in anticipating the impact of climate change. *ASEANA Science and Education Journal*, 1(1), 17-26.
- [20] Ma, Z., Mei, G., & Piccialli, F. (2021). Machine learning for landslides prevention: a survey. *Neural Computing and Applications*, 33(17), 10881-10907. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05529-8>