

# Identifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Dengan Menggunakan Pendekatan Geospasial Di Kecamatan Bilato, Kabupaten Gorontalo, Provinsi

Dian Ekawati<sup>1</sup>, Sri Maryati<sup>2\*</sup>, Muh. Kasim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Geologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

<sup>2</sup>Prodi Pendidikan Geografi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

\*Email Koresponden: [sri.maryati@ung.ac.id](mailto:sri.maryati@ung.ac.id)

Diterima: 25-10-2024

Disetujui: 27-11-2024

Publish: 02-12-2024

**Abstrak** Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Bilato Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Tujuan penelitian ini memetakan kondisi geologi daerah penelitian dan mengidentifikasi Tingkat kerawanan Gerakan tanah pada daerah penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey lapangan dan analisis GIS berupa skoring dan tumpang tindih (overlay) parameter-parameter yang berpengaruh terhadap terjadinya Gerakan tanah. Parameter tersebut meliputi litologi, curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, dan penggunaan lahan. Litologi penyusun daerah penelitian terdiri dari 5 satuan batuan yaitu satuan Andesit, Diorit, Granodiorit, Breksi Vulkanik, dan Batupasir. Berdasarkan hasil analisis daerah penelitian didominasi kelas cukup rentan dengan luas 2786,12 Ha, selanjutnya kelas rentan dengan luas 1549,02 Ha dan kelas sedikit rentan mempunyai luas sebesar 420,03 Ha.

**Kata kunci:** Kerentanan, Gerakan Tanah, Geospasial

**Abstract** The research location is situated in Bilato District, Gorontalo Regency, Gorontalo Province. The aim of this study is to map the geological conditions of the research area and identify the degree of landslide susceptibility in the area. The methods used in this study include field surveys and GIS analysis, which involve scoring and overlaying the parameters that influence landslide occurrences. These parameters include lithology, rainfall, slope, soil type, and land use. The lithology of the study area consists of five rock units: Andesite, Diorite, Granodiorite, Volcanic Breccia, and Sandstone. Based on the analysis results, the study area is predominantly classified as moderately vulnerable, with an area of 2,786.12 ha, followed by the vulnerable class with an area of 1,549.02 ha, and the slightly vulnerable class with an area of 420.03 ha.

**Keywords:** Vulnerability; Landslide; Geospatial

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara yang rawan bencana, mengingat posisinya yang terletak di persimpangan tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, yang menyebabkan seringnya gempa bumi. Selain itu, Indonesia berada di Ring of Fire, sebuah kawasan yang juga rawan terhadap gempa vulkanik dan letusan gunung berapi (Lisia, dkk., 2022). Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat pada tahun 2019, Indonesia mengalami 3.721 peristiwa bencana dengan berbagai jenis bencana yang terjadi.

Risiko bencana dipengaruhi oleh faktor alam, seperti bencana geologis (gempa bumi, tsunami, dan letusan gunung berapi), hidrometeorologi (banjir, tanah longsor), serta faktor biologis (wabah penyakit manusia, hewan, atau tanaman), dan kegagalan teknologi (kecelakaan transportasi, polusi nuklir, polusi kimia). Bencana juga bisa dipicu oleh aktivitas manusia yang sering berkaitan dengan konflik akibat perebutan sumber daya terbatas, perbedaan ideologi, agama, atau politik (Ramadhan, dkk., 2017). Setiap daerah memiliki tingkat kewaspadaan terhadap bencana yang bervariasi, tergantung pada jenis bencana yang ada. Oleh karena itu, upaya mitigasi perlu disesuaikan dengan kondisi dan potensi bencana yang ada (Amri, dkk., 2022).

Gerakan tanah, yang sering kali dipicu oleh curah hujan tinggi, merupakan bencana yang dapat diprediksi. Selain curah hujan, faktor lain seperti jenis batuan, struktur geologi, jenis tanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan juga mempengaruhi kemungkinan terjadinya gerakan tanah (Asiki, dkk., 2019). Di Indonesia, banyak daerah perbukitan dan pegunungan yang rentan terhadap peristiwa gerakan

tanah.

Curah hujan yang sangat tinggi meningkatkan kelembaban tanah, yang mengurangi kestabilannya dan memicu longsor, sementara faktor-faktor lain seperti perubahan musiman juga mempengaruhi kestabilan tanah. Aktivitas manusia, seperti pembangunan permukiman di lereng rawan longsor, juga dapat memperburuk situasi dan memicu terjadinya gerakan tanah (Putra, 2014; Mayang et al., 2024).

Karnawati (2005) menjelaskan bahwa gerakan tanah dipengaruhi oleh dua faktor utama: faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktor pengontrol mencakup kondisi geomorfologi, stratigrafi (jenis batuan/tanah), struktur geologi, hidrologi, dan tata guna lahan. Kurangnya pengetahuan mengenai pengelolaan lingkungan yang baik dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, memperburuk kerentanannya terhadap bencana, dan membahayakan kesejahteraan manusia (Sutiah, dkk., 2022). Wilayah dengan lereng lebih dari 25 derajat, penggunaan lahan untuk pertanian dan hutan, serta curah hujan tinggi, memiliki potensi besar untuk terjadinya gerakan tanah. Pemetaan kerentanannya sangat berguna sebagai dasar dalam merancang langkah mitigasi untuk mengurangi risiko di daerah tersebut (Yulianto, dkk., 2019).

Berdasarkan data dari BNPB pada tahun 2022, tercatat 33 peristiwa gerakan tanah di Sulawesi. Analisis dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi menunjukkan bahwa Kabupaten Gorontalo merupakan wilayah yang rentan terhadap gerakan tanah. Beberapa wilayah di 12 kecamatan di Gorontalo berisiko terjadinya gerakan tanah, dengan 9 kecamatan berada dalam kategori risiko menengah, 2 kecamatan dalam kategori menengah hingga tinggi, dan 1 kecamatan (Pulubala) berada pada kategori risiko tinggi.

Menurut Bafdal (2011), sistem informasi geografis (SIG) adalah sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, memverifikasi, mengintegrasikan, menganalisis, dan menampilkan data terkait posisi di permukaan bumi. SIG berfungsi sebagai basis data spasial yang mendukung pemantauan kondisi tanah dan perubahan lingkungan secara berkelanjutan. Menggunakan data waktu nyata dari sensor atau citra satelit, SIG dapat mengidentifikasi perubahan yang berpotensi meningkatkan risiko longsor.

Peristiwa gerakan tanah terjadi di Paguyaman pada 18 Desember 2022, sekitar pukul 15.00 WITA. Longsor ini mengakibatkan akses jalan antara Desa Totopo dan Juriya, Kecamatan Bilato, Kabupaten Gorontalo, terputus. Selain itu, rumah warga di lokasi longsor yang dekat dengan Sungai Paguyaman juga terdampak, dan jaringan listrik serta telepon turut terputus (Metro TV News, 2022).

## 2. METODE PENELITIAN

Metode ini berlandaskan pada penilaian dan pembobotan faktor-faktor yang meliputi curah hujan, kemiringan lereng, jenis batuan, tipe tanah, zona geologi, dan penggunaan lahan. Selanjutnya, dilakukan tumpang tindih (overlay) antara faktor-faktor tersebut dan bobot yang telah ditetapkan untuk dianalisis (Kalandoro, 2018). Skor yang diberikan pada setiap parameter disesuaikan dengan kriteria penilaian yang telah ditentukan. Semakin besar pengaruh suatu parameter terhadap gerakan tanah, semakin tinggi pula skor yang diberikan.

Tabel 1. Parameter Gerak Tahan

Parameter	Besaran	Skor	Bobot
Kemiringanlereng	0-8%	1	20%
	8 - 14%	2	
	15 – 25%	3	
	25 – 40%	4	
	>40%	5	
Litologi	Beku	1	20%
	Sedimen	2	
	Vulkanik	3	

Curah Hujan (mm/tahun)	Sangat Kering (<1150)	1	30%
	Kering (1501 – 2000)	2	
	Sedang (2001-2500)	3	
	Basah (2501-3000)	4	
	Sangat Basah (>3000)	5	
Tata Guna Lahan	Tambak, Waduk, Perairan	1	
	Kota, Pemukiman	2	
	Hutan dan Perkebunan	3	
	Semak Belukar	4	
	Tegalan, Sawah	5	
Jenis Tanah	Aluvial	1	10%
	Asosiasi Latosol Coklat Kekuningan	2	
	Latosol Coklat	3	
	Andosol, Podsolik	4	
	Regosol	5	

Model yang dipakai dipakai untuk menganalisis kerentanan gerakan tanah pada penelitian memiliki formula:

$$\text{SKOR TOTAL} = 0,3\text{FCH} + 0,2\text{FJB} + 0,2\text{FKL} + 0,2\text{FTL} + 0,1\text{FJT} \quad (1)$$

#### Keterangan:

FCH = Faktor Curah Hujan

FJB = Faktor Jenis Batuan

FTL = Faktor Penutupan Lahan

FTJ = Faktor Jenis Tanah

FKL = Faktor Kemiringan Lereng

0,3; 0,2; 0,1 = Bobot Nilai

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis mencakup peta kemiringan lereng, peta litologi, peta curah hujan, peta tata guna lahan, dan peta jenis tanah. Semua faktor ini merupakan elemen utama yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah. Gerakan tanah dapat disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah meliputi kemiringan lereng yang curam, lebih dari 40°, serta terganggunya kestabilan tanah yang disebabkan oleh pergerakan tanah, batuan, atau keduanya yang bergerak menuruni lereng (Fatiatun et al., 2019). Data kemiringan lereng dapat ditemukan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kelas Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng	Skor	Luas	
		Ha	%
Datar (>0-8%)	1	300,46	6,31
Landai (8-14%)	2	450,62	9,47
Agak curam (15-25%)	3	476,54	10,02
Curam (25 – 40 %)	4	3100,15	65,19
Sangat curam (>40 %)	5	428,26	9,00

Berdasarkan Tabel 1, wilayah penelitian didominasi oleh kemiringan lereng curam (15-25%) dengan

luas 3.100,15 Ha. Selanjutnya, wilayah dengan kemiringan paling rendah atau datar, yaitu dengan rentang nilai kemiringan >0-8%, memiliki luas 300,46 Ha. Wilayah dengan kemiringan landai (8-14%) memiliki luas 450,62 Ha dan sebagian besar digunakan untuk ladang, perkebunan, dan kegiatan lainnya. Wilayah dengan kemiringan agak curam (15-25%) mencakup luas 476,54 Ha, di mana sebagian digunakan untuk perkebunan dan sebagian lainnya berupa hutan kering. Wilayah dengan kemiringan curam (25-40%) memiliki luas 3.100,15 Ha, yang mencakup hutan kering hingga basah. Sementara itu, wilayah dengan kemiringan sangat curam (lebih dari 40%) memiliki luas 428,26 Ha.

Penggunaan lahan adalah hasil dari upaya manusia dalam mengelola sumber daya alam yang ada untuk memenuhi kebutuhannya (Windianti, 2008). Penggunaan lahan di suatu wilayah mencerminkan cara manusia berinteraksi dengan dan mengelola sumber daya alam serta kondisi lingkungan yang ada. Oleh karena itu, penggunaan lahan bersifat dinamis dan dapat berubah seiring waktu (Utoyo, 2012). Data mengenai tata guna lahan di daerah penelitian dapat ditemukan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Tata Guna Lahan

Tata Guna Lahan	Skor	Luas	
		Ha	%
Pemukiman	2	50,4	0,10
Hutan dan Perkebunan	3	969,15	20,38
Semak Belukar	4	535,65	11,26
Tegalan Sawah	5	3200,03	67,29

Berdasarkan Tabel 3, wilayah penelitian didominasi oleh tegalan sawah dengan luas 3.200,03 hektar. Kawasan pemukiman, yang memiliki luas 50,4 hektar, umumnya jarang mengalami longsor dan diperkirakan memiliki kontribusi kecil terhadap terjadinya gerakan tanah, karena limpasan air lebih dominan dibandingkan dengan genangan atau resapan. Hal ini disebabkan oleh sifat permukaan yang kedap air, baik karena kondisi tanah permukaan maupun penutup tanah seperti beton atau material sejenis. Namun, jika kawasan pemukiman terletak di daerah perbukitan dengan kemiringan lereng yang cukup terjal, kestabilan lereng dapat terganggu akibat beban tambahan, yang berpotensi menyebabkan terjadinya gerakan tanah. Oleh karena itu, kawasan pemukiman diberi skor 2 terkait pengaruhnya terhadap terjadinya gerakan tanah. Hutan dan perkebunan seluas 969,15 hektar diberikan skor 3, sedangkan semak belukar seluas 535,65 hektar mendapat skor 4 terkait pengaruh terhadap gerakan tanah.

Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang memiliki ciri khas dan sifat yang bervariasi antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk. (2018), tanah terbentuk dari material induk yang telah mengalami perubahan melalui proses alami yang dipengaruhi oleh air, udara, dan organisme, baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Perubahan ini tercermin dalam komposisi, struktur, dan warna tanah yang dihasilkan dari proses pelapukan. Data mengenai jenis tanah di daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Jenis Tanah

Jenis tanah	Skor	Luas	
		Ha	%
Brown forest soil	1	610,02	12,82
Mediteran merah	4	4145,01	87,17

Dalam penelitian ini, data jenis tanah yang digunakan bersumber dari data RTRW Provinsi Gorontalo (2022). Berdasarkan Tabel 3, wilayah penelitian terdiri dari dua jenis tanah, yaitu mediteran merah kuning dan brown forest soil. Tanah mediteran merah kuning mendominasi wilayah penelitian dengan luas 4.145,01 hektar. Menurut klasifikasi Dudal dan Suparaptoharjo (dalam Fiantis, 2015), tanah mediteran merah kuning terbentuk dari bahan induk batu kapur, memiliki kadar bahan organik rendah, kejenuhan bersifat basa hingga tinggi, tekstur tanah yang berat dengan struktur tanah gumpal, serta reaksi tanah yang sedikit masam hingga sedikit alkalis (pH 6.0 – 7.5). Jenis tanah ini terdapat pada wilayah dengan ketinggian dari permukaan laut hingga 400 meter, pada daerah beriklim tropis basah

dengan bulan kering yang jelas dan curah hujan tahunan antara 800 hingga 2.500 mm. Jenis tanah lainnya adalah Brown Forest Soil, yang tersebar di wilayah penelitian dengan luas 610,02 hektar. Brown Forest Soil termasuk dalam kelompok tanah Calcisol yang kaya akan kalsium.

Pengaruh curah hujan terhadap terjadinya gerakan tanah memang dapat terlihat jelas, meskipun sulit untuk dijelaskan secara tepat (Blong dan Dunkerley, 1976; Koem et al., 2023). Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa curah hujan mempengaruhi stabilitas lereng secara tidak langsung melalui perubahan kondisi air-pori dalam material pembentuk lereng. Caine (1980) menyebut pengaruh curah hujan terhadap tanah longsor sebagai "pengaruh pemicu". Data mengenai curah hujan di daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Curah Hujan

Curah Hujan	Skor	Luas	
		Ha	%
Kering (1501-2000 mm)	2	1245,01	26,18
Sedang (2001-2500 mm)	3	3510,02	73,81

Berdasarkan Tabel 5, menurut data Chirps tahun 2022, daerah penelitian didominasi oleh curah hujan dengan kategori sedang (2001-2500 mm). Berdasarkan klasifikasi curah hujan menurut Puslittanak Bogor (2004) dalam Yassar, dkk. (2020), wilayah yang dipetakan dalam Gambar 4.19 terbagi menjadi dua kategori, yaitu wilayah dengan curah hujan kering (1501-2000 mm/tahun) dan wilayah dengan curah hujan sedang (2001-2500 mm/tahun).

Batuan di alam umumnya bersifat heterogen, anisotrop, dan diskontinu. Struktur ketidakteraturan (diskontinuitas) dalam massa batuan dapat mempengaruhi deformabilitas, kekuatan, dan permeabilitas batuan tersebut. Diskontinuitas yang besar dan persisten juga dapat secara signifikan mempengaruhi kestabilan lereng (Finanti, dkk., 2020). Data litologi di daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Data Litologi

Litologi	Skor	Luas	
		Ha	%
Beku	1	2827,04	59,45
Sedimen	2	396,03	8,32
Vulkanik	3	153,02	3,21

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Tilamuta (S. Bachri, dkk., 1997) yang ditunjukkan pada Tabel 5, daerah pemetaan terdiri dari batuan andesit, granodiorit, diorit, breksi vulkanik, dan batupasir. Data jenis batuan yang digunakan juga berasal dari hasil pemetaan geologi permukaan yang telah dilakukan di daerah tersebut. Berdasarkan Tabel 5, jenis batuan beku mendominasi wilayah penelitian dengan luas 2.827,04 hektar, diikuti oleh batuan sedimen seluas 396,03 hektar, dan batuan vulkanik dengan luas 153,02 hektar.

Gerakan tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng, termasuk faktor geologi, topografi, klimatologi, aktivitas manusia, dan tektonik. Jenis batuan dan tanah, seperti tanah liat dan pasir, memiliki peran penting karena batuan lunak atau tanah yang mudah lapuk lebih rentan terhadap pergeseran dan longsor. Lereng yang curam, ditambah dengan kondisi topografi yang tidak stabil dan erosi, dapat meningkatkan risiko terjadinya gerakan tanah. Curah hujan yang tinggi meningkatkan kelembaban tanah, yang mengurangi kestabilannya dan memicu longsor. Perubahan musiman juga berkontribusi pada kestabilan tanah. Aktivitas manusia, seperti pembangunan dan penggalian, dapat merubah struktur tanah, memperburuk kestabilannya, dan meningkatkan risiko gerakan tanah. Faktor-faktor ini sering saling berinteraksi, meningkatkan kompleksitas dan potensi risiko terjadinya gerakan tanah. Data kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Bilato dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Data Kerentanan Gerakan Tanah

Kerawanan	Ha	%
Tidak Rentan	2827,04	59,45
Rentan	396,03	8,32

Berdasarkan Tabel 6, hasil analisis gerakan tanah dengan menggunakan skoring dan pembobotan diperoleh tiga kelas kerentanan gerakan tanah yakni kelas tidak rentan, kelas rentan, dan kelas sangat rentan. Daerah penelitian didominasi kelas rentan dengan luas 2786,12 Ha, selanjutnya kelas sangat rentan dengan luas 1549,02 Ha dan kelas tidak rentan mempunyai luas sebesar 420,03 Ha.

Hasil overlay yang dilakukan menunjukkan bahwa Desa Totopo termasuk dalam kelas kerentanan 2, yang menggambarkan tingkat kerentanan gerakan tanah yang tinggi. Temuan ini sejalan dengan kejadian peristiwa gerakan tanah yang terjadi pada tanggal 18 Desember 2022, karena kerentanan alami yang telah teridentifikasi melalui penelitian, yang memperkuat kemungkinan terjadinya bencana di wilayah tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di Kecamatan Bilato, Kabupaten Gorontalo, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki tiga satuan bentang alam, yaitu dataran aluvial, perbukitan vulkanik, dan perbukitan denudasional. Pola aliran sungai terdiri dari dendritik dan tralis, sementara stratigrafi daerah terdiri dari lima satuan batuan, yaitu andesit, granodiorit, diorit, breksi vulkanik, dan batupasir. Struktur geologi meliputi kekar gerus dan sesar naik mengiri. Hasil overlay peta zonasi kerentanan gerakan tanah menunjukkan bahwa daerah ini didominasi oleh kelas kerentanan cukup rentan, yang menjelaskan terjadinya longsor di Desa Totopo pada 18 Desember 2022.

#### 5. REFERENSI

- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2021). Banjir yang Berdampak pada 2.300 Warga Kabupaten Gorontalo Berangsur Surut. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana
- Amri, M.A., Rahmawan, S., Nuryana, S.D, Assegaf, A., Adhitama, R., Setyorini, D.A., Herdiansyah, F. (2022). Sosialisasi Mitigasi Bencana Geologi Kepada Masyarakat Sekolah Dasar Islam Ay-Yusufiah, Banten. *Jurnal Akal: Abdimas dan Kearifan Lokal*. 3(2): 182-192.
- Asiki. M. A., Maryati. S., Akase. N. (2019). Analisis Tingkat Kerentanan Longsor Daerah Muara Sungai Bone Kota Gorontalo. *Jambura Geoscience Review*. Vol. 1 (2): 87-101
- Bafdal, N., Amaru, K., Pareira B.M. 2011. Buku Ajar Sistem Geografis, Edisi 1. Bandung: Jurusan Teknik Manajemen Industri Pertanian FTIP UNPAD
- Blong, R.J. and Dunkerley, D.L., (1976). Landslides in the Razorback area, New South Wales, Australia, *Geogr. Ann*, Vol. 58A, pp. 139–149.
- Caine, N., (1980). The rainfall intensity–duration control of shallow landslides and debris flows, *Geografiska Annaler*, Vol. 62A, pp. 23–27.
- Dewi, T.S., B.K., Heru, S.P. (2017). Zonasi Rawan Bencana Tanah Longsor dengan Metode Analisis GIS: Studi Kasus Daerah Semono dan Sekitarnya, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo. Jawa Tengah. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan* 1(1): 50-59
- Fatiatun, Firdaus, Jumini, S. dan Adi, N.P. (2019). Analisis bencana tanah longsor serta mitigasinya. *Jurnal Kajian Pendidikan Sains* 5(2):134.
- Fauizek, Michelle & Suhendra. Andryan. (2018). Efek Dari Dynamic Compaction (Dc) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Jakarta: Universitas Tarumanegara.
- Fiantis, Dian. (2015). Buku Ajar Morfologi dan Klasifikasi Tanah. Padang: Minangkabau Press.
- Kalandoro, A.S.Z. (2018). Analisis Spasial Sebaran Rawan Longsor Di Kabupaten Bandung. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Karnawati, D. (2005). Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,

Yogyakarta.

- Koem, S., Lahay, R. J., & Pambudi, M. R. (2023). An Overview of the Population Dynamics Model Based on Climate Parameters. *Geosfera: Jurnal Penelitian Geografi*, 2(1), 22–29. <https://doi.org/10.34312/geojpg.v2i1.20186>
- Kurniawan, Lilik. (2008). Kajian Penilaian Bahaya Tanah Longsor Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* Vol.10:90-98.
- Lisia. V., Widjaja., A.E., Mitra., A.R., Haryani., C.A., Hery. (2022). Visualisasi Data Bencana Geologi Di Indonesia Berbasis WEB. *Information System Development*. Vol. 7. No. 1 : 11-27
- Mala, B.K.S., Moniaga, L.,I., & Karongkong, H.,H. (2017) Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Potensi Bahaya Longsor Dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis Di Kolonodale Kabupaten Morowali Utara. , Universitas Sam Ratulangi Manado
- Mayang, R., Sutiah, E., Nurfaika, N., & Melo, R. H. (2024). Kearifan Lokal Masyarakat Desa Torosiaje Terhadap Budidaya Perikanan. *Geosfera: Jurnal Penelitian Geografi*, 3(1), 17–25. <https://doi.org/10.37905/GEOJPG.V3I1.25757>
- Prastowo., R. Trianda., O. & Novitasari., S. (2018). Identifikasi Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Data Geologi Daerah Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal KURVATEK*. Vol. 03, No. 2 (hal 31-40)
- Putra, (2014). Identifikasi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Smorph -Slope Morphology di Kota Manado.
- Ramdhan T.E., Suprayogi. A., Nugraha. A.L. (2017). Pemodelan Potensi Bencana Tanah Longsor Menggunakan Analisis Sig Di Kabupaten Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*. Volume 6, No. 1 (hal 118-127). Universitas Diponegoro
- Sutiah. E., Mayang. R., Lihawa. F., Nurfaika., Melo. R.H., Sune. N. (2022). Edukasi Pengelolaan Lingkungan Untuk Adaptasi dan Mitigasi Bencana di Desa Torosiaje. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Geoscience*. Vol. 3, No. 1. Universitas Muhammadiyah Gorontalo
- Utoyo, B. (2012). Dinamika Penggunaan Lahan di Wilayah Perkotaan (Studi Kota Bandar Lampung).
- Windianti, I. (2008). Pengaruh Penggunaan Tata Guna Lahan di DAS Keduang Ditinjau Dari Aspek Hirologi. Skripsi. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Yunianto, A.C. (2011). Analisis Kerawanan Tanah Longsor dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh Di Kabupaten Bogor. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.