

Analisis Tingkat Kerawanan Gerakan Tanah Desa Tontayuo, Kecamatan Batudaa Pantai, Kabupaten Gorontalo

Ana Saputri R. Yahya^{*1}, Ahmad Zainuri¹, Noviar Akase¹

¹ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Gorontalo

*e-mail: anasaputriyahya@gmail.com

Abstract

Tontayuo Village, Batudaa Pantai District, Gorontalo Regency is an area with hilly topography and morphological characteristics with variations in slope gradients as well as lithology and rainfall conditions that have the potential to trigger landslides. This study aims to analyze the lithology of study area and the level of landslide vulnerability in the area. The research methods include field geogological mapping, secondary data processing, and spatial analysis based on Geographic Information System (GIS). Assessment of landslide vulnerability levels is based on slope gradient parameters, lithology types, rainfall, lineament density, and land cover. The results of the study show that the lithology that makes up the study area includes basalt, granodiorite, limestone, and alluvial units. Based on the analysis results, the level of landslide vulnerability in the study area can be categorized into 3 (three) classes, namely, low landslide vulnerability class (29,93 ha), medium landslide vulnerability class (178,3 ha), and high landslide vulnerability class (197,38 ha).

Keywords: Landslide, GIS, MCE, Parameters, Lithology, Tontayuo Village

Abstrak

Desa Tontayuo, Kecamatan Batudaa Pantai, Kabupaten Gorontalo merupakan wilayah yang memiliki kondisi topografi dan karakteristik morfologi berbukit dengan variasi kemiringan lereng serta kondisi litologi dan curah hujan yang berpotensi memicu terjadinya gerakan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis litologi penyusun daerah penelitian serta tingkat kerawanan gerakan tanah pada wilayah tersebut. Metode penelitian mencakup pemetaan geologi lapangan, pengolahan data sekunder, dan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Penilaian tingkat kerawanan gerakan tanah didasarkan pada parameter kemiringan lereng, jenis litologi, curah hujan, densitas kelurusan, dan tutupan lahan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa litologi yang menyusun daerah penelitian meliputi oleh satuan basalt, granodiorit, batugamping, dan aluvial. Berdasarkan hasil analisis, tingkat kerawanan gerakan tanah di daerah penelitian dapat dikategorikan ke dalam 3 (tiga) kelas yaitu, kelas kerawanan gerakan tanah rendah (29,93 ha), kelas kerawanan gerakan tanah sedang (178,3 ha), dan kelas kerawanan gerakan tanah tinggi (197,38 ha).

Kata kunci: Gerakan Tanah, SIG, MCE, Parameter, Litologi, Desa Tontayuo

1. PENDAHULUAN

Secara geotektonik, Indonesia merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan bencana yang tinggi. Kondisi ini dipengaruhi oleh letaknya pada zona pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia, Lempeng Hindia-Australia, dan lempeng Pasifik. Aktifitas tektonik yang berlangsung secara terus menerus akibat interaksi ketiga lempeng tersebut menempatkan Indonesia pada jalur *ring of fire*. Keadaan ini menyebabkan terbentuknya bentang alam dengan relief dan topografi yang sangat bervariasi, sekaligus meningkatkan potensi terjadinya berbagai bencana geologi seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, dan gerakan tanah (Fajarulloh, 2020). Sedangkan Sulawesi berada pada zona interaksi tiga lempeng utama, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng pasifik, dan lempeng Eurasia. Pertemuan ketiga lempeng tersebut menghasilkan dinamika geologi yang intens, sehingga menjadikan kondisi tektonik Sulawesi sangat kompleks dimana struktur yang berkembang didominasi sesar mendatar (Sompotan, 2012). Wilayah Gorontalo menempati bagian tengah hingga barat Busur Sulawesi Utara (Bachri, 2006). Secara geologis daerah Gorontalo termasuk dalam sabuk vulkanik-plutonik Sulawesi Utara dimana batuan vulkanik berumur Eosen-Pliosen dan batuan intrusi mendominasi (Hall and Wilson, 2000).

Berdasarkan geografis, wilayah Gorontalo adalah bagian dari lengan utara Sulawesi. Gorontalo terdiri dari lima zona fisiografi utama, termasuk Zona Pegunungan Utara, Zona Dataran Interior, Zona

Pegunungan Selatan, dan Zona Dataran Pantai (Bemmelen, 1949). Daerah penelitian terletak pada Zona Pegunungan Selatan yang biasanya terdiri dari batuan formasi sedimen dan gunungapi di Gorontalo yang sangat tua, yang berasal dari periode Eosen-Oligosen. Batuan gunungapi tua ini terdiri dari berbagai jenis seperti batupasir, batu lanau, breksi, lava basalt, dan lava andesit.

Karena sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari daerah perbukitan dan pegunungan, maka daerah tertentu rentan terhadap gerakan tanah. Secara umum gerakan tanah terjadi karena tingginya curah hujan dan frekuensi gempa bumi di Indonesia (Subowo, E, 2003). Gerakan tanah yaitu proses berpindahnya massa tanah dan/atau batuan dari posisi awalnya, baik secara vertical, horizontal, maupun mengikuti kemiringan lereng. Gerakan tanah meliputi gerakan rayapan dan aliran serta longsor. Berdasarkan pendapat Pangular (1985), longsor dapat dikategorikan sebagai salah satu bentuk gerakan tanah. Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengklasifikasikan gerakan tanah atau longsor menjadi 6 tipe diantaranya jatuhnya batuan, pergeseran blok, translasi, aliran material rombakan, rotasi, dan rayapan tanah.

Terjadinya gerakan tanah karena adanya faktor-faktor yang mengendalikan pergerakan tanah diantaranya kemiringan lereng, tanah dan batuan, beban tambahan, geologi, stratigrafi, hidrogeologi, dan tataguna lahan. Faktor ini berkolaborasi satu sama lain menciptakan keadaan dimana lereng memiliki kecenderungan bergerak. Keadaan lereng yang seperti ini dikenal sebagai situasi yang mudah terkena gerakan tanah (Karnawati, 2007). Peristiwa ini terjadi ketika gaya pendorong melebihi kekuatan penahan material lereng (Indriani, et al., 2017).

Gerakan tanah atau longsor umumnya terjadi apabila terdapat tiga kondisi utama, yaitu lereng yang cukup terjal, adanya lapisan kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir dibawah permukaan, serta kandungan air yang memadai pada lapisan tanah di atasnya hingga mencapai kondisi jenuh (Paimin et al., 2009). Secara umum, daerah yang memiliki potensi longsor tinggi ditandai oleh kemiringan lereng yang curam ($> 40\%$), curah hujan tahunan tinggi (> 2500 mm/tahun), dan beberapa wilayah yang rentan terhadap aktivitas seismik (Kurniawan, 2018).

Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), daerah penelitian termasuk kedalam kategori gerakan tanah menengah. Berdasarkan kondisi tersebut Desa Tontayuo, Kecamatan Batudaa Pantai, Kabupaten Gorontalo dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki karakteristik morfologi berbukit dengan variasi kemiringan lereng serta kondisi litologi dan curah hujan yang berpotensi memicu terjadinya gerakan tanah. Selain itu, adanya pemanfaatan lahan untuk pemukiman dan aktivitas masyarakat lainnya turut meningkatkan potensi ketidakstabilan lereng. Meskipun belum terdapat data kejadian longsor yang terdokumentasi secara signifikan di wilayah ini, kondisi fisik lingkungan menunjukkan adanya potensi kerawanan yang perlu diidentifikasi sejak dini. Oleh karena itu, penelitian mengenai tingkat kerawanan gerakan tanah di Desa Tontayuo penting dilakukan sebagai langkah awal dalam upaya mitigasi bencana dan sebagai dasar dalam perencanaan pembangunan wilayah yang lebih aman.

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk melakukan pemetaan secara cepat dan efektif pada wilayah yang rawan terhadap longsor dimana *input* data, kalkulasi, dan *output* dapat dengan mudah dan cepat dibaca dan diproses (Pradhan & Ahmed, 2010). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) efektif untuk memetakan tingkat kerawanan longsor berdasarkan parameter fisik lingkungan. Penelitian oleh Dewi (2017), Asiki (2019), dan Baruadi (2021) menggunakan kombinasi parameter seperti curah hujan, kemiringan lereng, litologi, tutupan lahan dan kelurusan untuk mengkategorikan area ke dalam kategori kerawanan rendah, sedang, dan tinggi. Temuan kajian tersebut menunjukkan analisis parameter fisik lingkungan dengan SIG mampu memberikan gambaran spasial mengenai tingkat kerawanan gerakan tanah.

2. METODE

Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah pemetaan geologi permukaan (*surface mapping*) dan metode analisis SIG. Penerapan metode ini yaitu dengan melakukan pengamatan geologi secara langsung baik itu data litologi, struktur geologi, geomorfologi dan beberapa aspek geologi lainnya. Pengambilan data secara langsung di lapangan akan menjadi dasar dalam penyusunan tugas akhir penelitian yang dibuat secara sistematis.

Dalam analisis SIG metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Multi Criteria Evaluation* (MCE) dimana metode ini adalah metode ini berbasis pada pengharkatan (*skoring*) dan pembobotan terhadap parameter yang digunakan yaitu litologi, densitas kelurusan, kemiringan lereng, curah hujan, dan tutupan lahan dengan modifikasi dari penulis menyesuaikan dengan data dan kondisi yang teramati sehingga diperoleh sejumlah parameter beserta pembobotan nilai sesuai dengan parameter pengontrol gerakan tanah. Selanjutnya dilakukan tumpang tindih atau *overlay* pada parameter yang selanjutnya diberikan skor bobotnya untuk keperluan perhitungan totalnya (Kalandro, 2018). Penentuan nilai bobot didasarkan pada besarnya pengaruh masing-masing parameter terhadap potensi terjadinya bencana tersebut (Rusdiana, dkk., 2021). Dari hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan pengklasifikasian tingkat kerawanan gerakan tanah menjadi 3 (tiga) yakni kerawanan rendah, sedang, dan tinggi.

Kalkulasi nilai total dari skor dan juga bobot dari setiap parameter penyebab longsor dilakukan untuk mendapatkan nilai dari kerawanan tanah longsor dengan menggunakan persamaan 1 berikut ini.

$$\text{Skor Total} = (35\% * \text{Kemiringan Lereng}) + (25\% * \text{Litologi}) + (20\% * \text{Curah Hujan}) + (10\% * \text{Densitas Kelurusan}) + (10\% * \text{Tutupan Lahan}) \quad (1)$$

Untuk penentuan tingkat kerawanan dilakukan proses perhitungan agar mendapatkan interval kelas kerawanan gerakan tanah. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan 2 berikut ini.

$$I = \frac{R}{K} = \frac{(\text{Data Terbesar} - \text{Data Terkecil})}{(\text{Banyak Kelas})} \quad (1)$$

Keterangan:

I : Menyatakan interval kelas

R : Merupakan *range* atau selisih data terbesar dan data terkecil dari skor totalnya

K : Menunjukkan banyaknya kelas yang dibuat

Pembuatan kelas tingkat kerawanan gerakan tanah atau longsor harus berdasarkan interval kelas yang di dapat dari persamaan di atas sehingga klasifikasi tingkat kerawanan longsor atau gerakan tanah menjadi seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Gerakan Tanah

Kelas Kerawanan	Skor
Rendah	Nilai minimum – (Interval kelas + nilai minimum)
Sedang	> Skor kerawanan rendah – (skor kerawanan rendah + interval kelas)
Tinggi	> Skor kerawanan sedang – nilai maksimum

(Sumber: Asiki et al., 2019)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

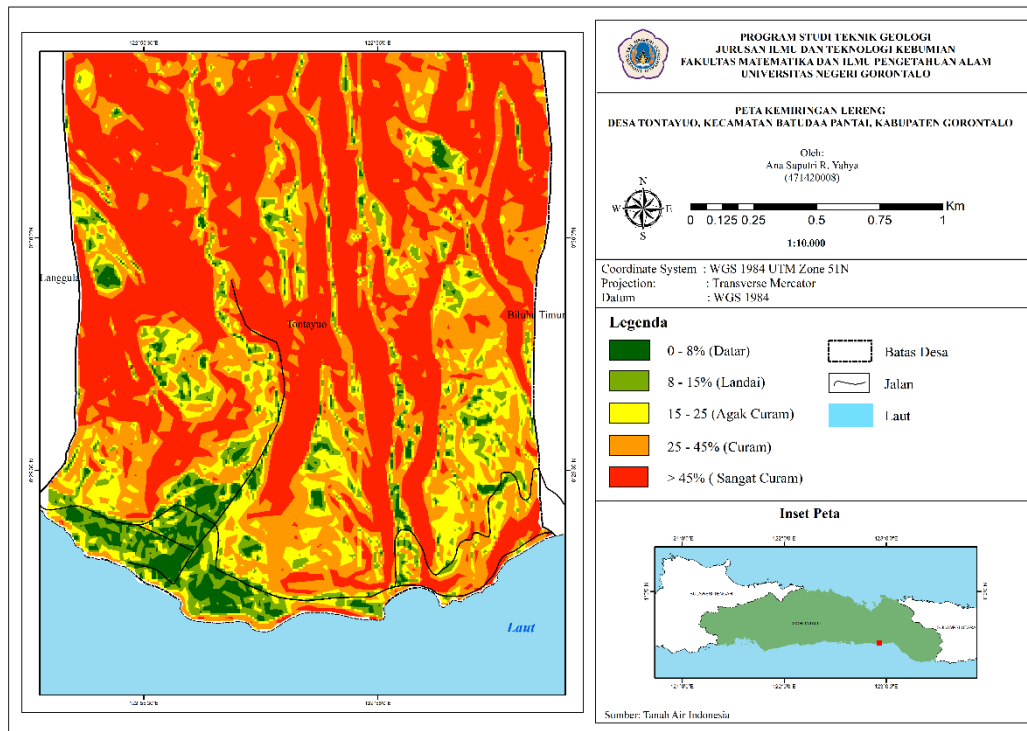
3.1 Parameter Kemiringan Lereng

Salah satu faktor yang berperan dalam memicu terjadinya longsor adalah kemiringan lereng karena berkaitan dengan kestabilan permukaan tanah terhadap gaya gravitasi (Fransiska dkk, 2017). Parameter kemiringan lereng diklasifikasikan ke dalam 5 kelas meliputi dataran (0 – 8%), landai (8 – 15%), agak curam (15 – 25%), curam (25 – 45%), dan sangat curam (> 45%). Kemiringan lereng < 8 – 15% digunakaan sebagai kawasan pemukiman, sedangkan di kemiringan lereng > 15 – 45% digunakan sebagai kawasan perkebunan.

Tabel 2. Parameter Kemiringan Lereng

No.	Kemiringan Lereng (%)	Keterangan	Skor	Luas (ha)
1.	0 – 8%	Datar	1	16,30
2.	8 – 15%	Landai	2	27,68
3.	15 – 25%	Agak Curam	3	52,58
4.	25 – 45%	Curam	4	112,56
5.	> 45 %	Sangat Curam	5	196,49
Luas Total				405,61

(Sumber: BBSDLP Tahun 2009)



Gambar 1. Peta Kemiringan Lereng

3.2 Parameter Jenis Litologi

Litologi menjadi pemicu penting terjadinya gerakan tanah. Jenis litologi yang memiliki resistensi tinggi misalnya batuan beku, umumnya lebih stabil sehingga kecil kemungkinan mengalami gerakan tanah. Sementara itu, litologi dengan resistensi rendah seperti soil atau material tanah mempunyai tingkat kerentanan yang lebih besar (Prastowo, 2018).

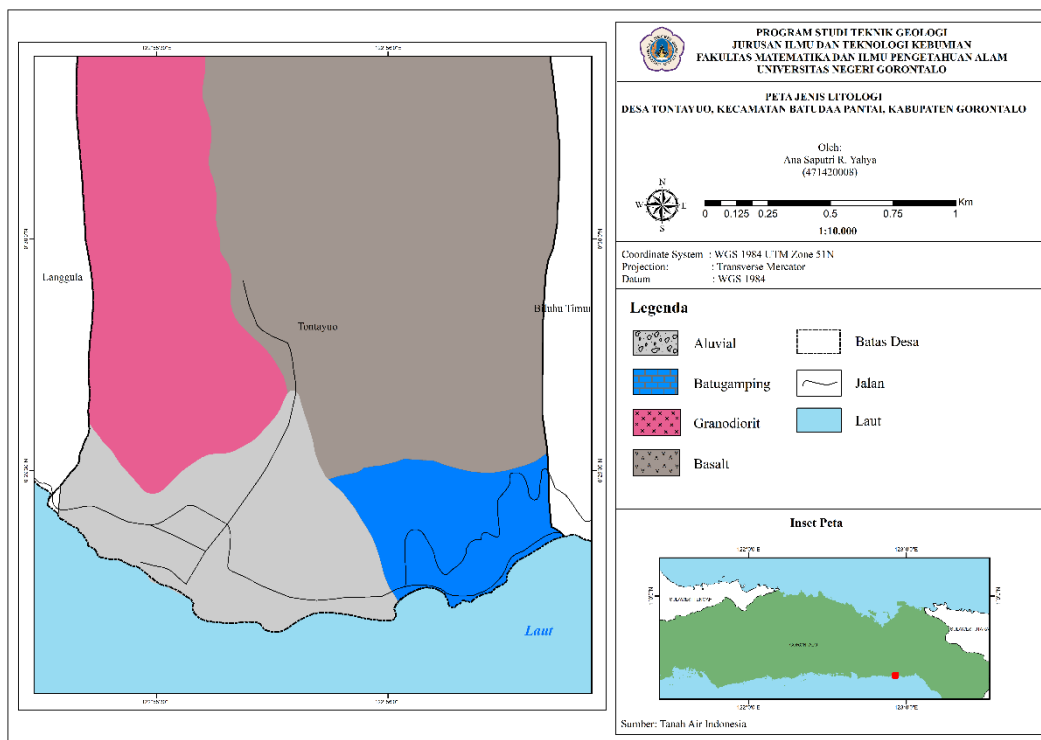
Berdasarkan hasil penelitian, daerah penelitian disusun oleh empat jenis litologi yaitu basalt, granodiorit, batugamping, dan aluvial. Basalt termasuk batuan beku ekstrusif yang berasal dari proses pembekuan lava dengan cepat di permukaan bumi. Satuan ini mempunyai luas 166,4 ha dari keseluruhan luas daerah penelitian dengan ciri warna segar abu-abu gelap hingga kehitaman berumur Eosen – Oligosen. Granodiorit yaitu batuan beku intrusif yang dihasilkan dari kristalisasi magma dibawah permukaan bumi. Satuan batuan ini memiliki luas 104,4 ha dari keseluruhan daerah penelitian dengan ciri batuan berwarna abu-abu terang hingga abu-abu gelap berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Batugamping memiliki luas sebesar 22,27 ha dari keseluruhan luas daerah penelitian dengan ciri-ciri warna segar putih, warna lapuk kuning kecoklatan hingga abu kehitaman yang diperkirakan berumur Pliostosen Akhir hingga Holosen. Aluvial memiliki luas 11,10 ha dari keseluruhan luas daerah penelitian

dan diperkirakan beumur Holosen. Satuan aluvial merupakan sedimen yang terbentuk dari hasil pengendapan oleh air terutama oleh air sungai, aliran permukaan atau banjir di lingkungan daratan.

Tabel 3. Parameter Jenis Litologi

No.	Litologi	Skor	Luas (ha)
1.	Basalt	1	203,68
2.	Granodiorit	1	96,88
3.	Batugamping	3	35,36
4.	Aluvial	5	69,69
Luas Total			405,61

(Sumber: PERMEN PU No.22/2007)



Gambar 2. Peta Jenis Litologi

3.3 Parameter Curah Hujan

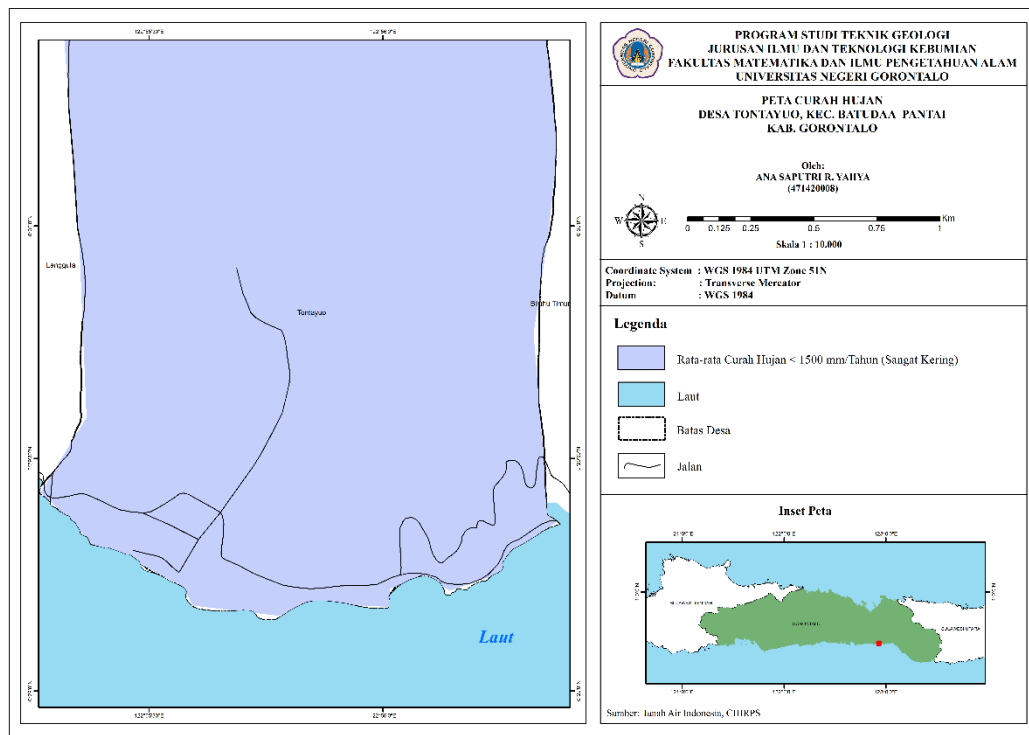
Peristiwa longsor terjadi akibat pergerakan massa tanah yang dipicu oleh berbagai faktor, termasuk tingginya curah hujan. Air hujan yang meresap ke dalam material lereng dapat meningkatkan tekanan air pori, sehingga kondisi lereng menurun dan tidak stabil dan berpotensi menyebabkan terjadinya longsor (Adfy & Marzuki, 2021).

Penelitian ini memanfaatkan data CHIRPS (*Climate Hazard group Infrared Precipitation with Station*) dari tahun 2020 – 2024 untuk memperoleh informasi curah hujan. Penggunaan data CHIRPS dipilih karena daerah penelitian tidak memiliki stasiun pengamatan curah hujan yang representatif. Dari hasil pengolahan data curah hujan menggunakan CHIRPS, diperoleh bahwa daerah penelitian memiliki nilai curah hujan yang relatif homogen. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa curah hujan seluruh wilayah penelitian termasuk dalam satu kelas dengan intensitas curah hujan < 1500 mm/tahun.

Tabel 4. Data Curah Hujan Daerah Penelitian

No.	Curah Hujan mm/Tahun	Keterangan	Skor	Luas Total
1.	< 1500	Sangat Kering	1	405,2

(Sumber: Pustlitanak, 2004)



Gambar 3. Peta Curah Hujan

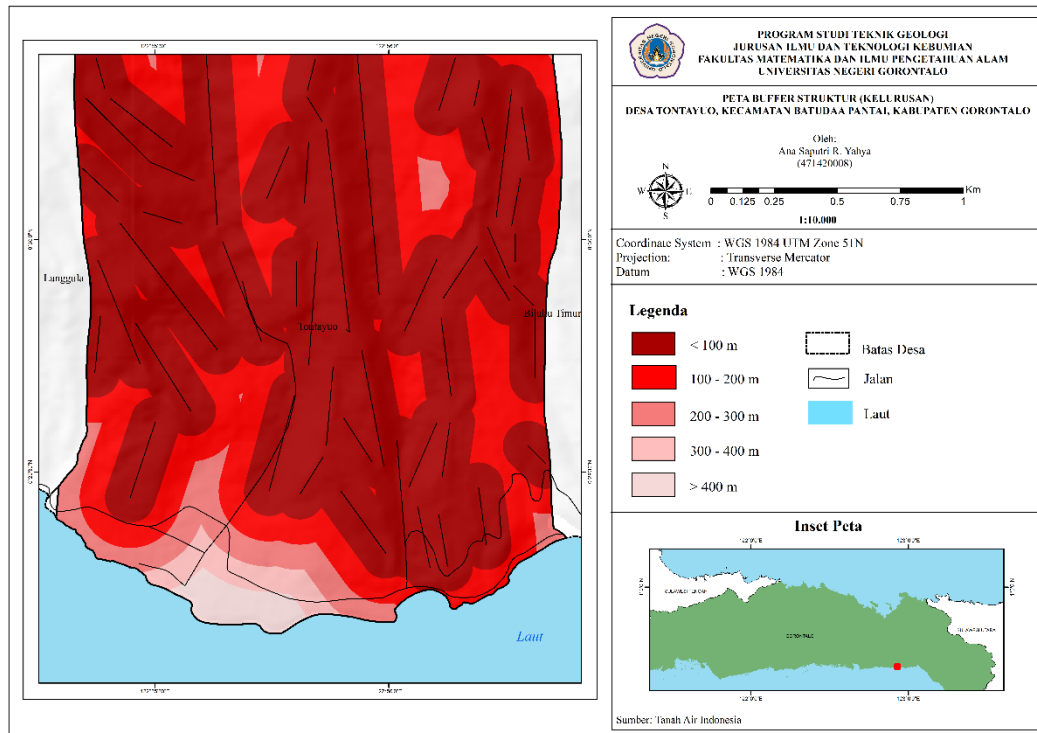
3.4 Parameter Densitas Kelurusan

Faktor kelurusan turut memengaruhi kestabilan lereng. Kerapatan kelurusan yang tinggi menyebabkan proses pelapukan batuan menjadi lebih besar sehingga daya tahan material lereng terhadap gaya geser menurun dan infiltrasi air meningkat yang dapat menyebabkan longsor (Hidayah, 2017). Pola kelurusan merupakan indikasi dari struktur geologi yang berada di daerah penelitian. Dalam penelitian ini digunakan parameter densitas kelurusan untuk mengetahui jarak struktur dimana semakin dekat suatu lokasi ke struktur geologi, maka potensi kerawanan longsor akan semakin tinggi.

Tabel 5. Parameter Densitas Kelurusan

No.	Jarak Dari Struktur (m)	Skor	Luas (ha)
1.	< 100	5	277,03
2.	100 – 200	4	90,22
3.	200 – 300	3	22,79
4.	300 - 400	2	8,30
5	> 400	1	7,27
Luas Total			405,61

(Sumber: Prastowo et al., 2018)



Gambar 4. Peta Buffer Struktur

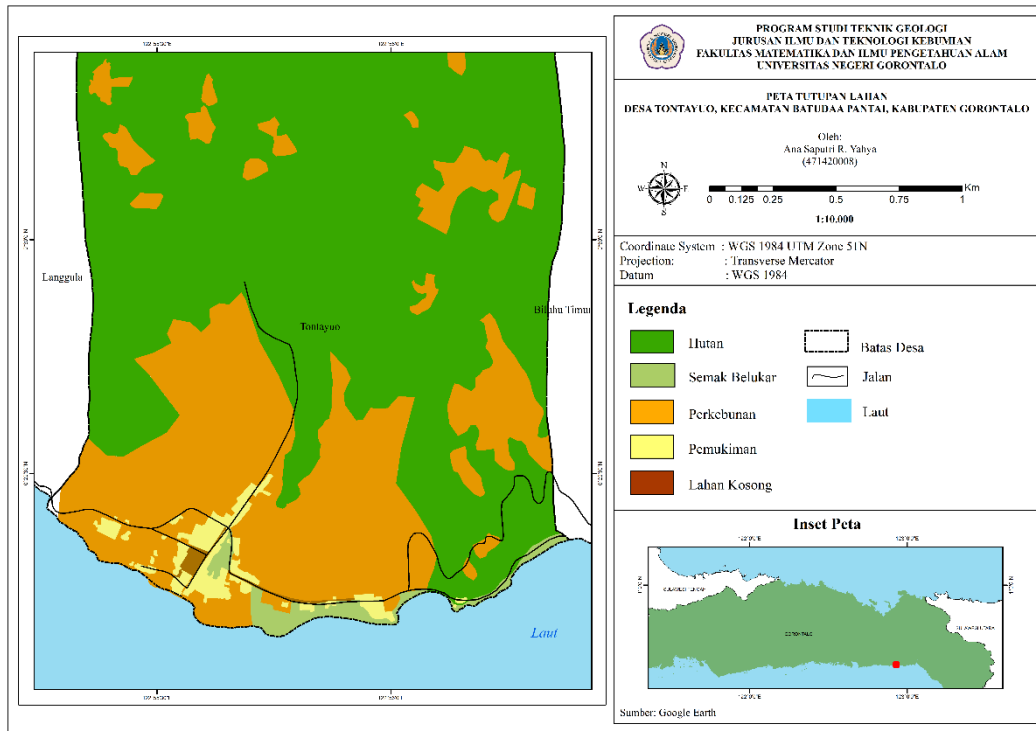
3.5 Parameter Tutupan Lahan

Penggunaan lahan yang terdapat di daerah penelitian dikelompokkan kedalam lima kategori yaitu hutan, semak belukar, perkebunan, pemukiman, dan lahan kosong. Area hutan mempunyai nilai kepekaan terhadap longsor paling rendah sehingga diberi skor 1 dengan luas 260,30. Daerah semak belukar memiliki nilai kepekaan terhadap longsor cukup rendah sehingga diberi skor 4 dengan luas 6,81 Ha. Pada daerah perkebunan memiliki nilai kepekaan terhadap longsor sedang sehingga diberi skor 3 dengan luas 128,44 Ha. Daerah pemukiman mempunyai tingkat kepekaan terhadap longsor yang cukup tinggi dan diberi skor 4 dengan luas 8,66 Ha. Tutupan lahan pada daerah penelitian memiliki tingkat kepekaan terhadap longsor paling tinggi dengan skor 5 adalah kawasan lahan kosong yang memiliki luas 1,39 Haa.

Tabel 6. Parameter Tutupan Lahan

No.	Tutupan Lahan	Skor	Luas (ha)
1.	Hutan	1	260,30
2.	Semak Belukar	2	6,81
3.	Perkebunan	3	128,44
4.	Pemukiman	4	8,66
5.	Lahan Kosong	5	1,39
Luas Total			405,61

(Sumber: PERMEN PU No.22/2007)



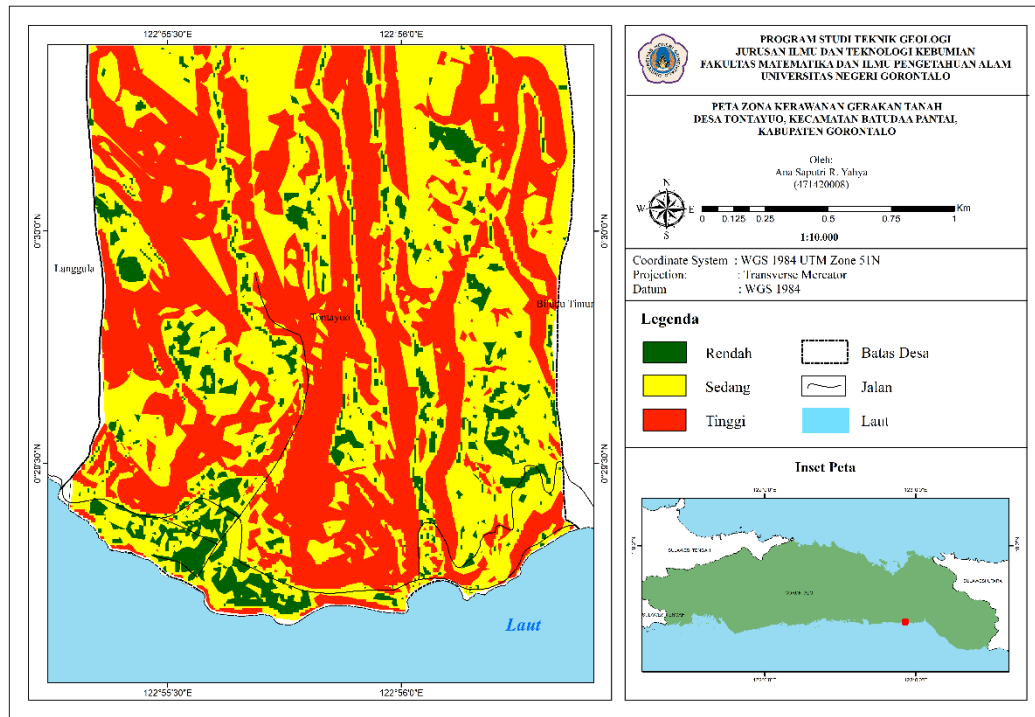
Gambar 5. Peta Tutupan Lahan

3.6 Analisis Tingkat Kerawanan Gerakan Tanah

Dalam penyusunan peta tingkat kerawanan gerakan tanah, setiap parameter diberikan nilai skor dan bobot tertentu. Model pendugaan kerawanan longsor dalam penelitian ini disusun berdasarkan metode yang dikembangkan oleh (Dewi, 2017). Indikator yang digunakan meliputi kemiringan lereng, jenis litologi, curah hujan, densitas kelurusan, serta tutupan lahan. Seluruh parameter tersebut dianalisis dengan menerapkan rumus (1) dan (2) untuk menentukan kelas tingkat kerawanan longsor sebagaimana terlihat dalam Tabel 7. Tahap berikutnya dilakukan *overlay* terhadap seluruh parameter guna memperoleh peta kerawanan gerakan tanah yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 7. Kelas Kerawanan Gerakan Tanah

No.	Kelas Kerawanan Gerakan Tanah	Interval Kelas	Luas (ha)
1.	Rendah	1,3 – 2	29,93
2.	Sedang	> 2 – 2,7	178,3
3.	Tinggi	> 2,7 – 3,5	197,38
Luas Total			405,61



Gambar 6. Peta Zona Kerawanan Gerakan Tanah

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kerawanan gerakan tanah dibagi menjadi 3 kelas yakni kerawanan rendah (29,93 ha), sedang (178,3 ha), dan tinggi (197,38 ha).

4. KESIMPULAN

Secara stratigrafi, daerah ini disusun oleh empat satuan batuan beurutuan dari umur tua ke muda berupa satuan basalt (Eosen – Oligosen), satuan granodiorite (Miosen Tengah – Miosen akhir, satuan batugamping (Pliosen akhir – Holosen), dan satuan alluvial (Holosen).

Analisis tingkat kerawanan longsor pada daerah penelitian dengan menerapkan metode *overlay* menghasilkan tiga kelas yaitu kelas kerawanan rendah dengan luas 29,93 ha, kelas kerawanan sedang dengan luas 178,3 ha, dan kelas kerawanan tinggi memiliki luas 197,38 ha dengan persebaran spasial yang mengikuti pola kelerengan dan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Adfy, D. M., Marzuki. (2021). Analisis Kerawanan Bencana Longsor dari Karakteristik Hujan, Pergerakan Tanah dan Kemiringan Lereng di Kabupaten Agam. *Jurnal Fisika Untad (JFU)*, Vol.10, No.1, 8-14.
- Asiki, M.I., Maryati, S., Akase, N. (2019). Analisis Tingkat Kerentanan Tanah Longsor Daerah Muara Sungai Bone Kota Gorontalo. *Jurnal Jambura Geoscience Review*, Vol. 1. (2), 87-101.
- Bachri, S. 2006. Stratigrafi Lajur Volkano-Plutonik Daerah Gorontalo, Sulawesi. *Jurnal Geo-Resources*, Vol. XVI No.2.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2009. *Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Rawan Longsor dan Rawan Erosi di Dataran Tinggi untuk Mendukung Keberlanjutan Pengelolaan Sumberdaya Lahan Pertanian*. BBSDLP, Bogor.
- Bemmelen, Van, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Martinus Nyoff, The Haque: Government Printing Office.
- Dewi, T.S., Sari, 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, 50-59.

- Fajarulloh, A. S., Ariwibowo, L. K., Mustofa, A. N. H. (2020). Analisis Gerakan Tanah di Daerah Sekaran dan Sekitarnya Beserta Rekomendasi Penanggulangannya. *Paradigma Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana, Vol. 1 No. 1*.
- Fransiska, L., Tjahjono, B., Gandasasmita, K. (2017). Studi Geomorfologi dan Analisis Bahaya Longsor di Kabupaten Agam, Sumatera Barat dan Sekitarnya. *Buletin Tanah dan Lahan, Vol.1, No.1*, 51-57.
- Hall, R. dan Wilson, M.E. J. 2000. Neogene Sutures in Eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences, 18 (6)*, 781-800.
- Hidayah, A., Paharuddin, Massinai, M. A. (2017). Analisis Rawan Bencana Longsor Menggunakan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) di Kabupaten Toraja Utara. *Jurnal Geoelebes, Vol, 1, No.1*, 1-4.
- Kalandoro, A. S. Z. (2018). Analisis Spasial Sebaran Rawan Longsor Di Kabupaten Bandung. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Karnawati, D. (2007). the Mechanism of Rock Mass Movements As the Impact of Earthquake. *Dinamika Teknik Sipil, 7(1979)*, 179–190.
- Kurniawan, F. A. (2018). Mitigasi Daerah Rawan Longsor DAS Citarum. (Laporan KELITBANGAN Bidang Sumber Daya Air). Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Menteri Pekerjaan Umum. (2007). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 22/PRT/M/2007 Tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/Prt/M/2007, 22*, 1–148.
- Paimin, Sukresno, Pramono, I. B. (2009). Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor: Tropenbos International Indonesia Programme.
- Pangular, D., (1985). Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan. Balitbang Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta, Indonesia.
- Pradhan, B., Ahmed, M. Y. (2010). Manifestation of Remote Sensing Data and GIS on Landslide Hazard Analysis Using Spatial-Based Statistical Models. *Arabian Journal of Geosciences, 3(3)*, 319-326.
- 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*, 31-40.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi 2023 (PVMBG). <https://vsi.esdm.go.id> (diakses 23 Maret, 2024).
- Puslittanak. (2004). Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir, dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Cisadane. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Rusdiana, D. D., Nuryandini, R., Imelia, J. H., dan Hafidah, N. S. (2021). Pemanfaatan Informasi Spasial Berbasis SIG Untuk Pemetaan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Karangasem, Bali. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing, 2(2)*, 49-55.
- Sompotan, A. F. (2012). Struktur Geologi Sulawesi. Bandung: Perpustakaan Sains Kebumihan Institut Teknologi Bandung.
- Subowo, E. (2003). Pengenalan Gerakan Tanah. Bandung: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi ESDM.
- Suryolelono, K. B. (2001). Konsep dan Analisa Penanggulangan Bahaya Tanah. Longsor. Yogyakarta: KMTS UGM.