



# Pemetaan Kerawanan Longsor Berbasis Analytical Hierarchy Process di Kecamatan Hulonthalangi, Kota Gorontalo

Fahira Ramadhani Djibrana, Yuyu Indriati Arifin<sup>b</sup>, Ninasafitri<sup>c</sup>

<sup>abc</sup>Program Studi Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Sejarah artikel:

Diterima: 24 Mei 2026

Disetujui: 03 Juni 2026

Dipublish: 30 Juni 2026

### Keywords:

Landslide susceptibility;

AHP; GIS;

Hulonthalangi

### Corresponding author:

Yuyu Indriati Arifin

Email:

[yuyu.arifin@ung.ac.id](mailto:yuyu.arifin@ung.ac.id)

## ABSTRACT

Landslide susceptibility assessment is essential for supporting geological hazard mitigation in hilly urban areas where slope morphology, lithological conditions, structural discontinuities, rainfall, and land-use dynamics interact. Hulonthalangi District, Gorontalo City, is characterized by steep hillslopes, variable lithology, structural lineaments, and settlement development along slope areas. This study aims to delineate landslide susceptibility zones using an integrated Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process approach. Eleven conditioning factors were considered, including slope, rainfall, geology, distance from lineament, distance from stream, soil type, topographic wetness index, aspect, curvature, distance from road, and land use/land cover. The AHP weighting indicates that slope, rainfall, geology, and distance from lineament are the dominant factors controlling slope instability. The resulting landslide susceptibility map consists of five classes: very low, low, moderate, high, and very high. The high susceptibility class occupies 4.636413 km<sup>2</sup> or 45.44% of the study area, while the very high class covers 0.711134 km<sup>2</sup> or 6.97%. These zones are mainly associated with steep hillslopes, weathered and fractured lithology, proximity to structural lineaments, and areas affected by surface-water concentration. The generated susceptibility map provides a scientific basis for land-use control, slope management, infrastructure planning, and landslide mitigation in Hulonthalangi District.

### How to cite this article:

Djibrana, F. R., Arifin, Y. I., Ninasafitri, N. (2026). Pemetaan Kerawanan Longsor Berbasis Analytical Hierarchy Process di Kecamatan Hulonthalangi, Kota Gorontalo. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 5(1), 114-126 <https://doi.org/10.37905/jage.v5i1.39124>

## 1. PENGANTAR

Tanah longsor merupakan salah satu bencana geologi yang umum terjadi pada wilayah berlereng, terutama di daerah tropis dengan curah hujan tinggi, tingkat pelapukan intensif, dan perubahan penggunaan lahan yang cepat. Secara mekanik, longsor terjadi ketika gaya pendorong pada lereng melebihi gaya penahan material penyusunnya, sehingga massa tanah, batuan, atau rombakan bergerak menuruni lereng akibat gravitasi (Cruden & Varnes, 1996; Varnes, 1978). Proses tersebut dipengaruhi oleh kombinasi faktor topografi, geologi, hidrologi, tanah, tutupan lahan, dan aktivitas manusia. Pada kawasan perkotaan yang berkembang ke arah lereng, pemotongan lereng untuk jalan, perluasan permukiman, dan perubahan drainase dapat memperbesar ketidakstabilan lereng (MacAfee dkk., 2024; Pangaribuan dkk., 2019).

Pemetaan kerawanan longsor menjadi langkah penting untuk mengenali wilayah yang memiliki kecenderungan lebih tinggi terhadap kejadian longsor. Dalam kajian spasial, kerawanan longsor tidak dimaknai sebagai prediksi waktu kejadian, tetapi sebagai estimasi tingkat kecenderungan suatu lokasi mengalami longsor berdasarkan kondisi fisik-lingkungan yang mengontrol kestabilan lereng (Mengstie dkk., 2024; Subedi dkk., 2023). Oleh karena itu, peta kerawanan longsor berperan

sebagai dasar ilmiah dalam mitigasi bencana, pengendalian pemanfaatan ruang, dan perencanaan infrastruktur pada wilayah rawan.

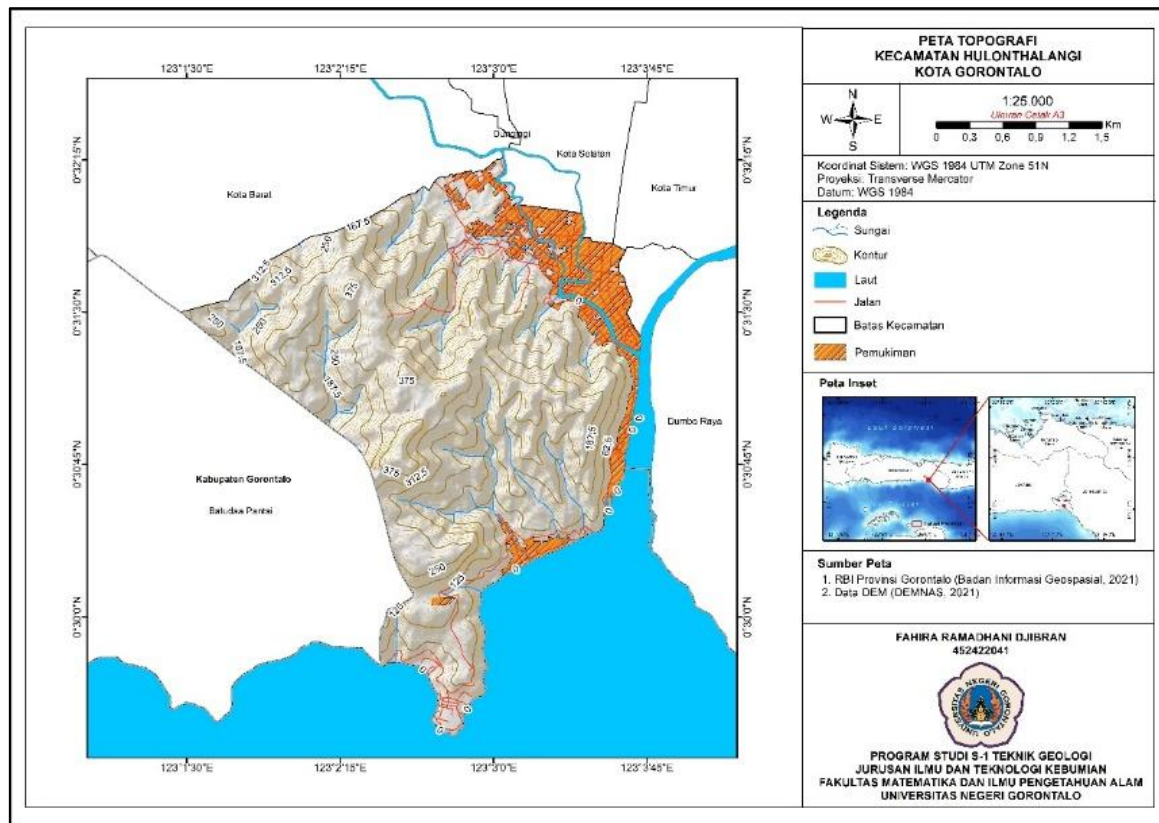
Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan berbagai parameter penyebab longsor dianalisis secara terpadu. Parameter seperti kemiringan lereng, curah hujan, litologi, jenis tanah, indeks kelembapan topografi, kelurusan geologi, jarak terhadap sungai, jarak terhadap jalan, arah lereng, kelengkungan lereng, dan penggunaan lahan dapat diolah sebagai layer spasial untuk menghasilkan model kerawanan longsor (Shitu & Tariq, 2025; Sisay dkk., 2024). Namun, setiap parameter memiliki tingkat pengaruh yang berbeda. Karena itu, metode Analytical Hierarchy Process (AHP) banyak digunakan untuk menentukan bobot relatif antarparameter melalui perbandingan berpasangan dan uji konsistensi (Ishizaka & Labib, 2011; Saaty, 1980). Integrasi AHP dan SIG telah terbukti efektif dalam pemodelan kerawanan longsor pada wilayah berbukit dan bergunung dengan kondisi geologi kompleks (Sur dkk., 2020; Subedi dkk., 2023; Mengstie dkk., 2024).

Kecamatan Hulonthalangi, Kota Gorontalo, merupakan wilayah yang memiliki karakter geomorfologi perbukitan, variasi litologi, keberadaan struktur geologi, serta perkembangan permukiman dan jaringan jalan pada area lereng. Kondisi ini menjadikan Hulonthalangi relevan untuk dikaji dalam konteks kerawanan longsor. Secara regional, Gorontalo berada pada Lengan Utara Sulawesi yang dipengaruhi tatanan tektonik kompleks, sehingga struktur geologi seperti sesar, kekar, dan kelurusan berpotensi memengaruhi kestabilan lereng (Hall & Wilson, 2000).

Kajian lokal sebelumnya menunjukkan bahwa potensi longsor di wilayah Hulonthalangi dan sekitarnya dipengaruhi oleh litologi lapuk, kemiringan lereng curam, struktur geologi, serta tutupan vegetasi yang terbuka (Eraku & Permana, 2020; Usman dkk., 2022). Kajian geomorfologi di Gorontalo juga memperlihatkan bahwa bentuklahan, kemiringan lereng, pola aliran, dan perubahan penggunaan lahan berperan penting dalam mengontrol proses erosi dan kestabilan permukaan lahan (Rauf dkk., 2024). Pada wilayah lain di Gorontalo, integrasi pemetaan geologi, pemetaan udara, dan analisis spasial telah digunakan untuk menafsirkan hubungan antara kondisi batuan, aktivitas manusia, dan tekanan lingkungan pada kawasan yang mengalami perubahan pemanfaatan lahan (Arifin dkk., 2025). Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa pemetaan kerawanan longsor di Kecamatan Hulonthalangi perlu dilakukan secara terpadu, karena wilayah ini tidak hanya dikontrol oleh lereng curam, litologi, dan struktur geologi, tetapi juga oleh perkembangan permukiman, jaringan jalan, serta dinamika aliran permukaan pada kawasan perbukitan Kota Gorontalo.

Selain faktor geologi dan topografi, curah hujan juga menjadi pemicu penting ketidakstabilan lereng. Data iklim Kota Gorontalo menunjukkan adanya pola curah hujan musiman yang dapat meningkatkan kejenuhan tanah dan tekanan air pori pada material lereng (Badan Pusat Statistik Kota Gorontalo, 2024). Kejadian longsor di kawasan Jalan Yos Sudarso, Kelurahan Tenda, pada Maret 2025 juga menunjukkan bahwa ketidakstabilan lereng di Kecamatan Hulonthalangi dapat berdampak langsung terhadap akses jalan dan aktivitas masyarakat (Potabuga, 2025). Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Meskipun kajian mengenai longsor di Gorontalo telah dilakukan, pemetaan kerawanan longsor secara rinci di Kecamatan Hulonthalangi dengan integrasi AHP-SIG berbasis sebelas parameter fisik-lingkungan masih terbatas. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan memadukan data geologi lapangan, data penginderaan jauh, dan analisis multikriteria untuk menghasilkan peta zonasi kerawanan longsor. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis parameter yang memengaruhi kerawanan longsor, menentukan bobot relatif tiap parameter menggunakan AHP, serta menghasilkan peta zonasi kerawanan longsor Kecamatan Hulonthalangi sebagai dasar mitigasi bencana dan perencanaan tata ruang berbasis geologi.



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian Kecamatan Hulonthalangi, Kota Gorontalo.  
Sumber: hasil pengolahan data spasial dan interpretasi citra.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-spasial berbasis integrasi pemetaan geologi, penginderaan jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Pemetaan geologi digunakan untuk memperoleh informasi geomorfologi, litologi, dan struktur geologi daerah penelitian, sedangkan analisis SIG digunakan untuk mengolah parameter fisik-lingkungan yang memengaruhi kerawanan longsor. Metode AHP digunakan untuk menentukan bobot relatif setiap parameter, kemudian hasilnya diintegrasikan melalui pendekatan *Weighted Linear Combination* (WLC) untuk menghasilkan indeks kerawanan longsor (Mengstie dkk., 2024; Saaty, 1980).

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan berupa pengamatan geomorfologi, deskripsi litologi, dokumentasi singkapan, pengukuran struktur geologi, serta pengambilan sampel batuan. Data sekunder meliputi DEMNAS, citra Sentinel-2, data curah hujan BMKG, peta geologi regional, peta jenis tanah, dan jaringan jalan dari Open Street Map. Seluruh data spasial diseragamkan ke sistem koordinat UTM Zona 51N agar proses overlay memiliki kesesuaian posisi dan proyeksi.

Sebelas parameter digunakan dalam analisis kerawanan longsor, yaitu kemiringan lereng, curah hujan, geologi, jarak terhadap kelurusan, jarak terhadap sungai, jenis tanah, *Topographic Wetness Index* (TWI), arah lereng, kelengkungan lereng, jarak terhadap jalan, dan penggunaan lahan. Parameter tersebut dipilih karena mewakili faktor topografi, hidrologi, geologi, tanah, dan antropogenik yang secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi kestabilan lereng (Sisay dkk., 2024; Subedi dkk., 2023). Rincian sumber data dan metode pengolahan tiap parameter disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter, sumber data, dan metode pengolahan kerawanan longsor

No.	Parameter	Sumber data	Metode pengolahan	Acuan skoring
1	Kemiringan lereng	DEMNAS	Analisis slope	van Zuidam (1985)
2	Curah hujan	BMKG	Klasifikasi curah hujan tahunan	Puslittanak dalam Yassar dkk. (2020)
3	Geologi/litologi	Pemetaan lapangan	Digitasi dan verifikasi litologi	Segoni dkk. (2020); Alcântara dkk. (2025)
4	Jarak terhadap kelurusan	DEMNAS dan interpretasi hillshade	Ekstraksi lineament dan Euclidean distance	Mengstie dkk. (2024)
5	Jarak terhadap sungai	DEMNAS	Ekstraksi aliran dan Euclidean distance	Mengstie dkk. (2024)
6	Jenis tanah	RTRW Provinsi Gorontalo (2022)	Reklasifikasi jenis tanah	Yassar dkk. (2020)
7	TWI	DEMNAS	Perhitungan indeks kelembapan topografi	Mengstie dkk. (2024)
8	Arah lereng	DEMNAS	Analisis aspect	Mengstie dkk. (2024)
9	Kelengkungan lereng	DEMNAS	Analisis curvature	Ohlmacher (2007)
10	Jarak terhadap jalan	Open Street Map	Euclidean distance	Mengstie dkk. (2024)
11	Penggunaan lahan	Sentinel-2	Klasifikasi tutupan lahan	Mengstie dkk. (2024)

Setiap parameter direklasifikasi ke dalam kelas kerawanan dengan skor 1–5. Skor 1 menunjukkan pengaruh rendah terhadap longsor, sedangkan skor 5 menunjukkan pengaruh sangat tinggi. Lereng curam, curah hujan tinggi, material litologi lemah, jarak dekat terhadap kelurusan, sungai, dan jalan, serta penggunaan lahan terbuka atau permukiman diberi skor lebih tinggi karena kondisi tersebut meningkatkan peluang ketidakstabilan lereng (Muhimbula dkk., 2025; Segoni dkk., 2020).

Bobot parameter dihitung menggunakan AHP melalui penyusunan matriks perbandingan berpasangan. Nilai kepentingan relatif antarparameter ditentukan dengan skala Saaty 1–9, kemudian dinormalisasi untuk memperoleh bobot akhir. Konsistensi matriks diuji menggunakan *Consistency Ratio* (CR), dengan nilai  $CR \leq 0,10$  dianggap konsisten dan layak digunakan dalam pemodelan (Ishizaka & Labib, 2011; Saaty, 1980). Bobot parameter yang digunakan dalam analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bobot parameter AHP kerawanan longsor

No.	Parameter	Bobot
1	Kemiringan lereng	0,26
2	Curah hujan	0,20
3	Geologi/litologi	0,15
4	Jarak terhadap kelurusan	0,11
5	Jarak terhadap sungai	0,08
6	Jenis tanah	0,06
7	TWI	0,05
8	Arah lereng	0,04
9	Kelengkungan lereng	0,03
10	Jarak terhadap jalan	0,02
11	Penggunaan lahan	0,01

Indeks kerawanan longsor dihitung menggunakan metode WLC dengan menjumlahkan hasil perkalian antara skor parameter dan bobot AHP. Persamaan yang digunakan adalah:

$$LSI = \sum_{i=1}^n W_i S_i \quad (1)$$

dengan *LSI* adalah *Landslide Susceptibility Index*,  $W_i$  adalah bobot parameter ke- $i$ ,  $S_i$  adalah skor parameter ke- $i$ , dan  $n$  adalah jumlah parameter. Nilai *LSI* kemudian diklasifikasikan menjadi lima kelas kerawanan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Klasifikasi dilakukan menggunakan metode *equal interval* sehingga setiap kelas memiliki rentang nilai yang proporsional terhadap nilai indeks minimum dan maksimum.

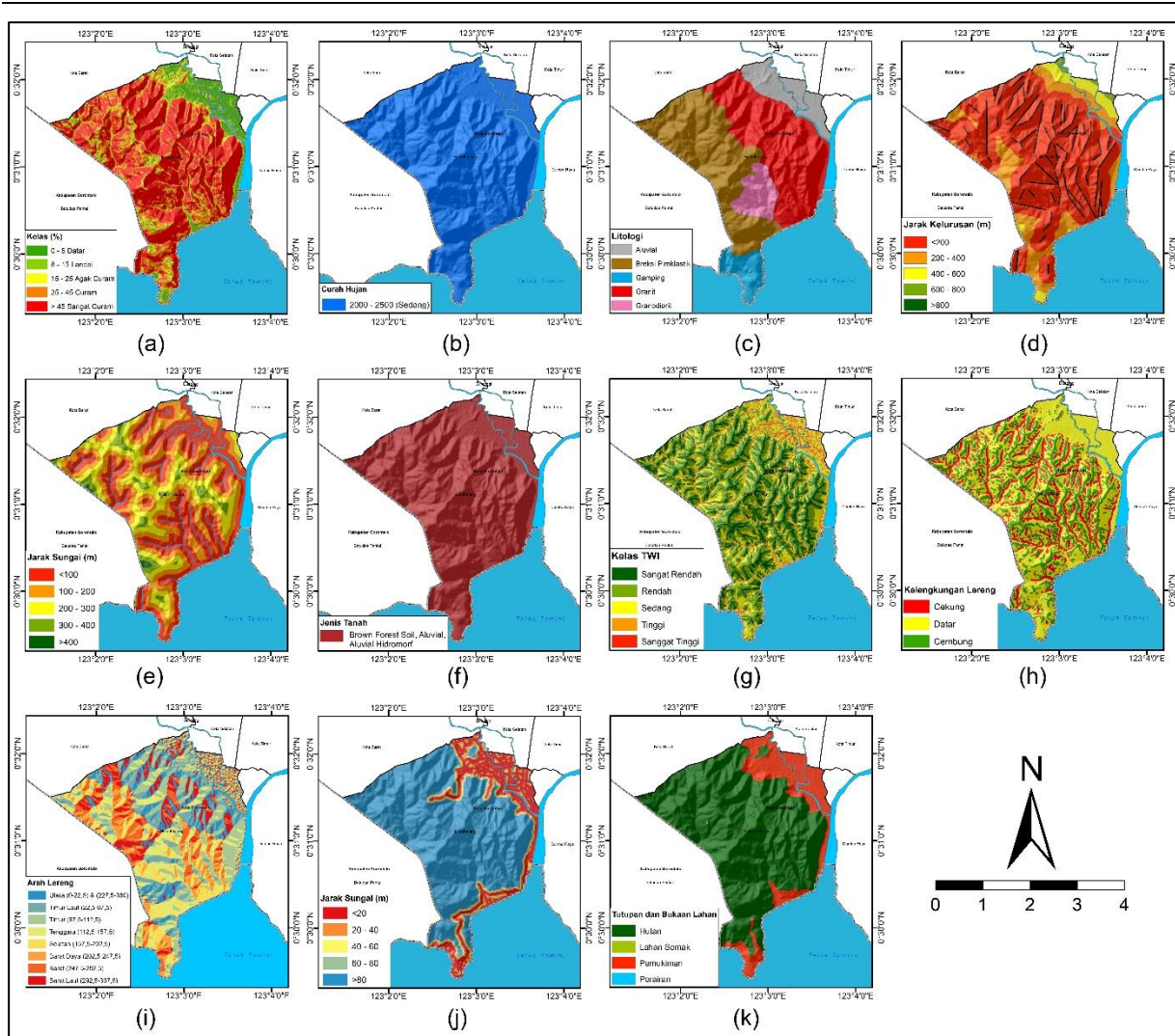
Hasil akhir berupa peta zonasi kerawanan longsor Kecamatan Hulonthalangi. Peta ini selanjutnya dianalisis untuk menjelaskan hubungan antara kelas kerawanan dengan kondisi geologi, morfologi lereng, hidrologi, struktur geologi, dan penggunaan lahan. Dengan tahapan tersebut, hasil pemodelan tidak hanya bersifat spasial-kuantitatif, tetapi juga memiliki dasar interpretasi geologi yang dapat dipertanggungjawabkan.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1. Parameter Pengontrol Kerawanan Longsor

Hasil analisis kerawanan longsor di Kecamatan Hulonthalangi menunjukkan bahwa kondisi kestabilan lereng dikontrol oleh kombinasi faktor topografi, litologi, struktur geologi, hidrologi, tanah, dan penggunaan lahan. Sebelas parameter yang digunakan dalam pemodelan, yaitu kemiringan lereng, curah hujan, geologi, jarak terhadap kelurusan, jarak terhadap sungai, jenis tanah, *Topographic Wetness Index* (TWI), kelengkungan lereng, arah lereng, jarak terhadap jalan, serta tutupan dan penggunaan lahan, memiliki kontribusi yang berbeda terhadap pembentukan zona rawan longsor. Pendekatan ini sejalan dengan pemetaan kerawanan longsor berbasis AHP-SIG yang menempatkan setiap parameter sebagai conditioning factor dengan pengaruh spasial yang berbeda terhadap stabilitas lereng (Mengstie dkk., 2024; Saaty, 1980; Segoni dkk., 2020; Sisay dkk., 2024; Subedi dkk., 2023).

Sebaran spasial kesebelas parameter tersebut ditampilkan sebagai peta komposit agar hubungan antarparameter dapat dibaca secara terpadu. Peta komposit pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa wilayah perbukitan bagian barat, tengah, hingga selatan umumnya berimpit dengan lereng curam hingga sangat curam, zona dekat kelurusan, dan beberapa satuan litologi yang relatif rentan terhadap pelapukan. Pola tersebut menjadi dasar awal dalam menafsirkan distribusi kelas kerawanan longsor.



**Gambar 2.** Peta komposit parameter kerawanan longsor Kecamatan Hulonthalangi: (a) kemiringan lereng, (b) curah hujan, (c) geologi/litologi, (d) jarak terhadap kelurusan, (e) jarak terhadap sungai, (f) jenis tanah, (g) Topographic Wetness Index, (h) kelengkungan lereng, (i) arah lereng, (j) jarak terhadap jalan, dan (k) tutupan/penggunaan lahan.

Sumber: hasil pengolahan data DEMNAS, data curah hujan, peta geologi, citra penginderaan jauh, dan analisis SIG.

Kemiringan lereng merupakan parameter dengan kontribusi terbesar dalam model. Daerah penelitian didominasi oleh kelas sangat curam (>45%) seluas 5,491739 km<sup>2</sup> atau 52,69%, diikuti kelas curam (25–45%) seluas 2,520868 km<sup>2</sup> atau 24,19%. Dengan demikian, lebih dari tiga perempat wilayah penelitian berada pada morfologi curam hingga sangat curam. Lereng dengan kemiringan tinggi memiliki komponen gaya geser sejajar lereng yang lebih besar, sehingga massa tanah, regolit, dan batuan lapuk lebih mudah mengalami ketidakstabilan ketika dipengaruhi infiltrasi air hujan atau gangguan struktur batuan.

Curah hujan menjadi parameter pemicu utama setelah kemiringan lereng. Seluruh daerah penelitian berada pada kelas curah hujan 2000–2500 mm/tahun. Meskipun parameter ini tidak memperlihatkan variasi spasial internal, pengaruhnya tetap penting karena air hujan mengontrol peningkatan kejenuhan tanah, tekanan air pori, dan penurunan kuat geser material lereng. Efek curah hujan menjadi lebih kritis pada lereng curam, litologi berpori atau mudah lapuk, serta zona yang memiliki rekahan dan kelurusan geologi.

Parameter geologi memperlihatkan bahwa daerah penelitian tersusun atas granit, granodiorit, batugamping, breksi piroklastik, dan endapan aluvial. Granit merupakan satuan terluas dengan luas 3,992246 km<sup>2</sup> atau 38,30%, diikuti breksi piroklastik seluas 3,830069 km<sup>2</sup> atau 36,75%, aluvial 1,173277 km<sup>2</sup> atau 11,26%, granodiorit 0,761889 km<sup>2</sup> atau 7,31%, dan batugamping 0,665631 km<sup>2</sup>

atau 6,39%. Granit dan granodiorit umumnya lebih kompak dalam kondisi segar, tetapi rekahan, pelapukan, dan alterasi dapat menurunkan kekuatan massa batuan. Breksi piroklastik dan endapan aluvial memiliki kerentanan lebih tinggi karena tersusun oleh material fragmental, relatif lemah, mudah lapuk, dan dapat mengalami penurunan kuat geser pada kondisi jenuh air (Segoni dkk., 2020; Alcântara dkk., 2025).

Jarak terhadap kelurusan menunjukkan kuatnya kontrol struktur geologi terhadap kestabilan lereng. Kelas <200 m dari kelurusan menempati 8,003465 km<sup>2</sup> atau 76,79% dari total wilayah, sedangkan kelas 200–400 m mencakup 1,823651 km<sup>2</sup> atau 17,50%. Dominasi zona dekat kelurusan memperlihatkan bahwa sebagian besar daerah penelitian berada dalam pengaruh struktur rapuh berupa sesar, kekar, atau rekahan batuan. Bidang diskontinuitas tersebut memutus kontinuitas massa batuan, meningkatkan permeabilitas sekunder, mempercepat infiltrasi air, dan dapat berperan sebagai bidang lemah pada lereng.

Parameter hidrologi direpresentasikan oleh jarak terhadap sungai dan TWI. Kelas jarak terhadap sungai didominasi oleh interval 200–300 m seluas 4,465028 km<sup>2</sup> atau 42,84%, diikuti kelas 100–200 m seluas 3,355817 km<sup>2</sup> atau 32,20%. Zona <100 m dari sungai memang hanya mencakup 0,559406 km<sup>2</sup> atau 5,37%, tetapi secara geomorfik tetap signifikan karena alur sungai dapat mengikis kaki lereng, memperlemah penopang lereng, dan meningkatkan kelembapan material di sekitar lembah. Nilai TWI didominasi oleh kelas rendah seluas 4,159156 km<sup>2</sup> atau 39,90%, kelas sangat rendah 2,844755 km<sup>2</sup> atau 27,29%, dan kelas sedang 2,222669 km<sup>2</sup> atau 21,32%. Kelas TWI tinggi dan sangat tinggi memiliki luas lebih kecil, masing-masing 0,928102 km<sup>2</sup> atau 8,90% dan 0,268430 km<sup>2</sup> atau 2,58%, tetapi keduanya penting karena merepresentasikan zona akumulasi kelembapan pada lembah, kaki lereng, dan jalur aliran terkonsentrasi (Panchal & Shrivastava, 2022; Mengstie dkk., 2024).

Jenis tanah pada daerah penelitian termasuk kelas Brown Forest Soil, Aluvial, dan Aluvial Hidromorf dengan luas 10,423112 km<sup>2</sup> atau 100%. Karena hanya terdiri atas satu kelas, parameter ini tidak membentuk variasi spasial dalam model. Namun, sifat tanah tetap memengaruhi kestabilan lereng melalui kapasitas infiltrasi, retensi air, derajat kejenuhan, dan kuat geser material permukaan. Pengaruh tanah menjadi lebih nyata ketika berasosiasi dengan lereng curam, curah hujan, litologi mudah lapuk, dan kelengkungan lereng cekung.

Kelengkungan lereng didominasi oleh kelas datar seluas 5,685396 km<sup>2</sup> atau 54,55%, diikuti kelas cembung 2,548087 km<sup>2</sup> atau 24,45% dan kelas cekung 2,189629 km<sup>2</sup> atau 21,01%. Lereng cekung memiliki makna geomorfologi yang penting karena berfungsi sebagai jalur konsentrasi aliran dan akumulasi material rombakan. Pada saat hujan, zona cekung lebih mudah mengalami peningkatan kelembapan dan tekanan air pori dibandingkan permukaan lereng yang lebih terbuka. Arah lereng didominasi oleh orientasi timur seluas 2,111782 km<sup>2</sup> atau 20,26%, tenggara 1,542114 km<sup>2</sup> atau 14,80%, dan timur laut 1,476069 km<sup>2</sup> atau 14,16%. Variasi orientasi lereng memengaruhi penyinaran, penguapan, kelembapan permukaan, dan respons material lereng terhadap curah hujan (Guo & Ma, 2023; Pertiwi dkk., 2025).

Jarak terhadap jalan dan penggunaan lahan menggambarkan pengaruh antropogenik terhadap kestabilan lereng. Kelas jarak >80 m dari jalan mendominasi 7,555367 km<sup>2</sup> atau 72,49%, sehingga pengaruh langsung jaringan jalan secara spasial relatif terbatas. Namun, area yang berada dekat jalan tetap perlu diperhatikan karena pemotongan lereng, perubahan drainase, rembesan air dari badan jalan, dan pembebanan lalu lintas dapat memicu ketidakstabilan lokal (Firomsa & Abay, 2019; Gautam dkk., 2021). Tutupan lahan didominasi oleh hutan seluas 8,223800 km<sup>2</sup> atau 78,90%, sedangkan permukiman menempati 2,037718 km<sup>2</sup> atau 19,55%. Hutan berperan menahan erosi melalui sistem perakaran dan perlindungan permukaan tanah, sedangkan permukiman menjadi faktor risiko apabila berkembang pada kaki lereng, zona dekat jalan, atau lereng curam yang berasosiasi dengan litologi rentan.

### 3.2. Pembobotan AHP dan Indeks Kerawanan Longsor

Hasil pembobotan AHP memperlihatkan bahwa parameter dengan kontribusi tertinggi adalah kemiringan lereng (0,26), curah hujan (0,20), geologi/litologi (0,15), dan jarak terhadap kelurusan (0,11). Keempat parameter tersebut menjadi pengontrol utama karena berhubungan langsung

dengan gaya pendorong lereng, pemicu hidrologi, sifat mekanik material, dan keberadaan bidang diskontinuitas. Parameter lain, yaitu jarak terhadap sungai, jenis tanah, TWI, arah lereng, kelengkungan lereng, jarak terhadap jalan, serta tutupan dan penggunaan lahan berperan sebagai faktor pendukung yang memperkuat variasi lokal kerawanan. Urutan bobot ini selaras dengan penelitian AHP-SIG terdahulu yang menempatkan *slope, rainfall, lithology, lineament, drainage*, dan *land use* sebagai faktor penting dalam pemetaan kerawanan longsor wilayah berbukit dan bergunung.

Bobot tertinggi pada kemiringan lereng konsisten dengan karakter morfologi Kecamatan Hulonthalangi yang didominasi oleh perbukitan curam hingga sangat curam. Curah hujan mendapat bobot besar karena berperan sebagai pemicu hidrologi yang memengaruhi kejenuhan tanah dan tekanan air pori. Litologi dan jarak terhadap kelurusan juga memperoleh bobot tinggi karena massa batuan yang lapuk, terkekarkan, atau tersusun oleh material fragmental lebih mudah mengalami pelemahan. Zona kelurusan memperbesar kerentanan melalui perkembangan rekahan, sesar, dan kekar yang dapat menjadi jalur infiltrasi maupun bidang lemah lereng.

Integrasi skor kelas dan bobot AHP menghasilkan nilai *Landslide Susceptibility Index* (LSI) antara 2,130 hingga 4,390. Nilai indeks tersebut kemudian dibagi menjadi lima kelas kerawanan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Klasifikasi nilai LSI disajikan pada Tabel 3 untuk memperlihatkan batas numerik setiap kelas pada peta zonasi kerawanan longsor.

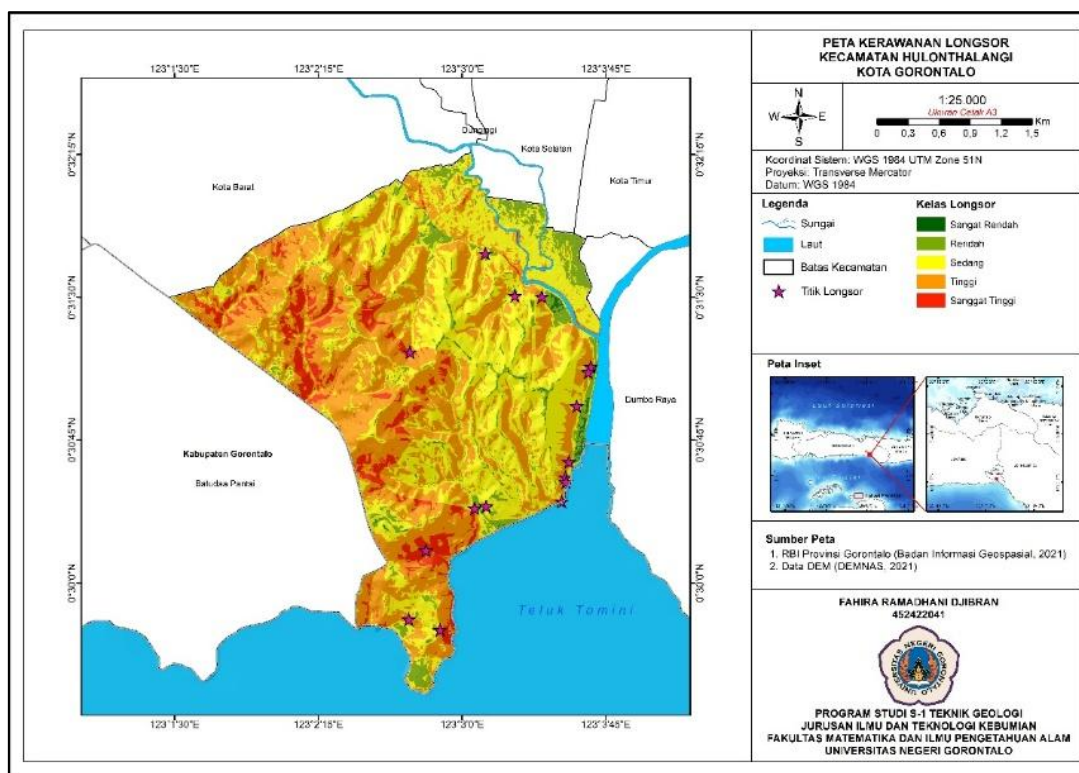
Tabel 3. Klasifikasi nilai *Landslide Susceptibility Index* daerah penelitian

No.	Kelas kerawanan	Interval LSI	Interpretasi
1	Sangat rendah	2,130–2,582	Wilayah relatif stabil; umumnya berlereng lebih landai dan jauh dari zona lemah.
2	Rendah	2,582–3,034	Kerawanan rendah dengan pengaruh faktor pengontrol yang masih terbatas.
3	Sedang	3,034–3,486	Zona transisi; potensi longsor meningkat bila terdapat pemicu hujan atau gangguan lereng.
4	Tinggi	3,486–3,938	Kombinasi lereng curam, litologi rentan, dan pengaruh struktur/hidrologi cukup kuat.
5	Sangat tinggi	3,938–4,390	Zona dengan kombinasi parameter paling kritis terhadap ketidakstabilan lereng.

Kelas tinggi hingga sangat tinggi merepresentasikan area dengan kombinasi faktor paling tidak stabil, terutama lereng curam hingga sangat curam, litologi rentan terhadap pelapukan, kedekatan terhadap kelurusan, dan pengaruh hidrologi permukaan. Kelas sedang mencerminkan zona transisi yang masih memerlukan perhatian karena perubahan kecil pada kondisi lereng, seperti hujan intensif, pembukaan lahan, pemotongan lereng, atau gangguan drainase, dapat meningkatkan potensi kegagalan. Kelas rendah hingga sangat rendah umumnya berasosiasi dengan area yang lebih landai, material lebih stabil, atau posisi relatif lebih jauh dari zona sungai dan kelurusan.

### 3.3. Zonasi Kerawanan Longsor

Peta zonasi kerawanan longsor merupakan hasil akhir integrasi sebelas parameter melalui pembobotan AHP dan analisis overlay berbasis SIG. Sebaran spasial kelas kerawanan ditampilkan pada Gambar 3. Peta tersebut memperlihatkan bahwa kelas sedang hingga tinggi mendominasi wilayah penelitian, terutama pada satuan perbukitan yang berkembang di bagian barat, tengah, dan selatan.



**Gambar 3.** Peta zonasi kerawanan longsor Kecamatan Hulonthalangi berdasarkan integrasi Analytical Hierarchy Process dan Sistem Informasi Geografis.

Sumber: hasil analisis *weighted overlay* sebelas parameter kerawanan longsor.

Luas setiap kelas kerawanan dihitung untuk menilai proporsi wilayah yang perlu menjadi prioritas mitigasi. Hasil perhitungan luas kelas kerawanan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Luas kelas kerawanan longsor Kecamatan Hulonthalangi

No.	Kelas kerawanan	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentase (%)
1	Sangat rendah	0,049090	0,48
2	Rendah	0,729750	7,15
3	Sedang	4,077553	39,96
4	Tinggi	4,636413	45,44
5	Sangat tinggi	0,711134	6,97
	Total	10,203940	100,00

Zona kerawanan tinggi merupakan kelas terluas, yaitu 4,636413 km<sup>2</sup> atau 45,44% dari total wilayah hasil *overlay*. Zona ini umumnya berkembang pada morfologi perbukitan dengan lereng curam hingga sangat curam, terutama pada bagian barat, tengah, dan selatan Kecamatan Hulonthalangi. Sebaran kelas tinggi berkaitan erat dengan dominasi lereng terjal, kedekatan terhadap kelurusan, serta keberadaan litologi yang mudah lapuk atau terkekarkan. Pada zona tersebut, kegagalan lereng dapat dipicu oleh infiltrasi air hujan yang menurunkan kuat geser material dan meningkatkan tekanan air pori.

Zona kerawanan sedang menempati luas 4,077553 km<sup>2</sup> atau 39,96%. Kelas ini tidak dapat diartikan sebagai area aman, melainkan sebagai zona transisi dengan kombinasi faktor pengontrol yang cukup kuat. Beberapa area kelas sedang berada pada lereng yang tidak setajam kelas tinggi, tetapi masih berasosiasi dengan alur sungai, lereng cekung, atau material permukaan yang mudah mengalami kejenuhan. Kelas ini perlu diperhitungkan dalam mitigasi karena perubahan tutupan lahan, pemotongan lereng, atau drainase yang buruk dapat menggeser kondisi lereng menuju tingkat kerawanan lebih tinggi.

Zona kerawanan sangat tinggi mencakup 0,711134 km<sup>2</sup> atau 6,97%. Luasnya lebih kecil dibandingkan kelas sedang dan tinggi, tetapi signifikansi geologi tekniknya paling besar. Zona ini

terbentuk pada area yang memperlihatkan kombinasi parameter paling kritis, yaitu lereng sangat curam, litologi rentan, kedekatan terhadap kelurusan, dan kondisi hidrologi yang mendukung kejenuhan material. Beberapa bagian zona sangat tinggi berada dekat alur sungai dan jalur kelurusan, sehingga rentan terhadap erosi kaki lereng, infiltrasi melalui rekahan, serta pelemahan bidang diskontinuitas.

Zona rendah dan sangat rendah masing-masing memiliki luas 0,729750 km<sup>2</sup> atau 7,15% dan 0,049090 km<sup>2</sup> atau 0,48%. Kedua kelas ini umumnya dijumpai pada area yang lebih landai, relatif jauh dari kelurusan utama, dan memiliki kombinasi parameter yang lebih stabil. Meskipun demikian, kelas rendah tidak sepenuhnya bebas dari potensi longsor. Ketidakstabilan lokal masih dapat terjadi apabila terdapat pemotongan lereng baru, kerusakan drainase, peningkatan beban bangunan, atau perubahan tutupan lahan yang memperbesar limpasan permukaan.

### 3.4. Kontrol Geologi dan Implikasi Mitigasi

Distribusi kerawanan longsor di Kecamatan Hulonthalangi memperlihatkan kontrol utama dari morfologi lereng, curah hujan, litologi, dan struktur geologi. Dominasi kelas tinggi dan sangat tinggi sebesar 5,347547 km<sup>2</sup> atau 52,41% menunjukkan bahwa lebih dari separuh wilayah hasil overlay berada pada tingkat kerawanan yang memerlukan perhatian dalam perencanaan ruang. Jika kelas sedang ikut diperhitungkan, maka 85,40% wilayah termasuk dalam kerawanan sedang hingga tinggi. Pola ini mencerminkan bentang alam perbukitan dengan relief relatif kuat, tingkat kecuraman tinggi, serta pengaruh rekahan dan kelurusan yang luas.

Morfologi lereng menjadi pengontrol awal karena menentukan besarnya gaya pendorong yang bekerja pada material lereng. Pada bagian perbukitan, lereng curam hingga sangat curam menghasilkan kondisi mekanik yang lebih dekat terhadap ambang kegagalan karena meningkatnya komponen gaya geser sejajar lereng (Cruden & Varnes, 1996; Kuncoro dkk., 2021). Ketika batuan penyusun telah mengalami pelapukan atau tersusun oleh material fragmental, seperti breksi piroklastik, kestabilan lereng semakin menurun. Endapan aluvial juga berpotensi mengalami ketidakstabilan lokal, terutama pada area lembah dan bantaran sungai yang dipengaruhi erosi serta perubahan kelembapan.

Struktur geologi memperkuat kerawanan melalui perkembangan sesar, kekar, dan rekahan. Zona dekat kelurusan yang mendominasi wilayah penelitian menunjukkan bahwa struktur rapuh memiliki pengaruh luas terhadap massa batuan. Rekahan batuan meningkatkan infiltrasi air, mempercepat pelapukan mineral, dan menurunkan kohesi massa batuan. Pada lereng curam, bidang diskontinuitas dapat berfungsi sebagai bidang pelemahan yang memfasilitasi inisiasi gerakan massa (Jari dkk., 2023; Shitu & Tariq, 2025). Hubungan antara kelurusan, litologi lapuk, dan curah hujan menjadi kombinasi penting dalam pembentukan zona kerawanan tinggi.

Pengaruh hidrologi bekerja melalui dua jalur utama, yaitu hujan sebagai pemicu regional dan sungai sebagai agen geomorfik lokal. Curah hujan 2000–2500 mm/tahun memberikan suplai air yang cukup untuk meningkatkan kelembapan material lereng, sedangkan jaringan sungai mengontrol erosi kaki lereng dan konsentrasi limpasan. Area dengan TWI tinggi, lereng cekung, dan jarak dekat terhadap sungai perlu mendapat perhatian karena berpotensi menjadi zona akumulasi air. Pada lereng yang tersusun oleh material lapuk, akumulasi air dapat meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan tegangan efektif, sehingga kondisi lereng menjadi lebih tidak stabil (Mengstie dkk., 2024; Panchal & Shrivastava, 2022). Peran air dalam kestabilan lereng perlu dibaca tidak hanya sebagai pemicu longsor, tetapi juga sebagai bagian dari pengelolaan lingkungan wilayah perbukitan. Ninasafitri dkk. (2024) menunjukkan bahwa kajian kualitas dan kuantitas air tanah penting untuk mendukung konservasi lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam. Pada Kecamatan Hulonthalangi, hal ini berkaitan dengan perlunya pengendalian drainase lereng, perlindungan zona resapan, dan pengaturan aliran permukaan pada area permukiman maupun jaringan jalan. Dengan demikian, mitigasi longsor pada zona kerawanan tinggi dan sangat tinggi perlu diarahkan pada penguatan lereng sekaligus pengelolaan air permukaan dan bawah permukaan agar proses kejenuhan material lereng dapat dikurangi.

Faktor penggunaan lahan dan jalan berperan sebagai penguat kerawanan lokal. Dominasi hutan memberikan efek stabilisasi melalui perlindungan permukaan tanah dan penguatan akar,

sedangkan permukiman yang berkembang pada kaki lereng, sekitar jalan, atau lereng curam tetap meningkatkan risiko bencana karena berhubungan langsung dengan paparan manusia dan infrastruktur. Pemotongan lereng untuk jalan, perubahan pola drainase, serta aliran permukaan dari area terbangun dapat mempercepat degradasi lereng, terutama pada zona yang telah memiliki kontrol geologi lemah (Firomsa & Abay, 2019; Gautam dkk., 2021).

Berdasarkan hasil zonasi, area dengan kelas tinggi hingga sangat tinggi perlu menjadi prioritas dalam mitigasi geologi. Pengendalian pemanfaatan ruang perlu diarahkan pada pembatasan pembangunan baru pada lereng curam, zona dekat kelurusan, sekitar alur sungai, dan lereng yang tersusun oleh material mudah lapuk. Pada area yang telah terbangun, tindakan mitigasi dapat difokuskan pada perbaikan drainase lereng, perlindungan kaki lereng dari erosi, penguatan tebing jalan, revegetasi area terbuka, serta pemantauan retakan dan rembesan air pada musim hujan. Peta kerawanan yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar awal dalam perencanaan tata ruang, pengurangan risiko bencana, dan kajian geologi teknik lanjutan di Kecamatan Hulonthalangi.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa kerawanan longsor di Kecamatan Hulonthalangi terutama dikontrol oleh kemiringan lereng, curah hujan, litologi, dan jarak terhadap kelurusan. Hasil AHP menempatkan kemiringan lereng sebagai parameter paling berpengaruh, diikuti curah hujan, geologi/litologi, dan jarak terhadap kelurusan. Kondisi tersebut sesuai dengan karakter daerah penelitian yang didominasi morfologi perbukitan curam, batuan yang mengalami pelapukan dan rekahan, serta pengaruh struktur geologi.

Zonasi kerawanan longsor menghasilkan lima kelas, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Kelas tinggi merupakan zona terluas, yaitu 4,636413 km<sup>2</sup> atau 45,44%, sedangkan kelas sangat tinggi mencakup 0,711134 km<sup>2</sup> atau 6,97%. Dengan demikian, 52,41% daerah penelitian berada pada kelas tinggi hingga sangat tinggi, sehingga perlu menjadi prioritas dalam mitigasi dan pengendalian pemanfaatan ruang.

Zona kerawanan tinggi hingga sangat tinggi perlu diarahkan untuk pembatasan pembangunan pada lereng curam, penguatan tebing jalan, perbaikan drainase lereng, perlindungan kaki lereng dari erosi, dan pemantauan retakan terutama pada musim hujan. Keterbatasan penelitian ini terletak pada belum adanya validasi kuantitatif berbasis inventaris longsor historis secara menyeluruh. Penelitian lanjutan disarankan menambahkan data inventaris longsor, uji akurasi model, dan kajian geoteknik pada zona prioritas.

#### 5. REFERENSI

- Alcântara, E., Baião, C. F., Guimarães, Y. C., Mantovani, J. R., & Marengo, J. A. (2025). Machine learning reveals lithology and soil as critical parameters in landslide susceptibility for Petrópolis (Rio de Janeiro State, Brazil). *Natural Hazards Research*, 5(3), 539–553. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2025.01.008>
- Arifin, Y. I., Rauf, J., Akase, N., Djibrán, F. R., Nurfaika, Lakilo, A., Jahja, M., & Sakakibara, M. (2025). Integrated geological mapping and spatial distribution of heavy metal contamination with geoaccumulation index assessment in Juriya's artisanal gold mining region, Gorontalo, Indonesia. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 19, 100861. doi: 10.1016/j.hazadv.2025.100861
- Badan Pusat Statistik Kota Gorontalo. (2024). *Kota Gorontalo dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik. <https://gorontalokota.bps.go.id>
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. Dalam A. K. Turner & R. L. Schuster (Ed.), *Landslides: Investigation and Mitigation* (Nomor 247, hlm. 36–75). Transportation Research Board, National Academy of Sciences.

- Eraku, S., & Permana, A. (2020). Analisis Kemampuan dan Kesesuaian Lahan di DAS Alo Provinsi Gorontalo. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6, 86–99. <https://doi.org/10.20527/jukung.v6i1.8243>
- Firomsa, M., & Abay, A. (2019). Landslide assessment and susceptibility zonation in Ebantu district of Oromia region, western Ethiopia. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(6), 4229–4239. <https://doi.org/10.1007/s10064-018-1398-z>
- Gautam, P., Kubota, T., Sapkota, L. M., & Shinohara, Y. (2021). Landslide susceptibility mapping with GIS in high mountain area of Nepal: a comparison of four methods. *Environmental Earth Sciences*, 80(9). <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09650-2>
- Guo, Y., & Ma, C. (2023). Elucidating the role of soil hydraulic properties on aspect-dependent landslide initiation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 27(8), 1667–1682. <https://doi.org/10.5194/hess-27-1667-2023>
- Hall, R., & Wilson, M. E. J. (2000). Neogene Suture in Eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18, 781–808. [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(00\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(00)00040-7)
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. Dalam *Expert Systems with Applications* (Vol. 38, Nomor 11, hlm. 14336–14345). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Jari, A., Khaddari, A., Hajaj, S., Bachaoui, E. M., Mohammedi, S., Jellouli, A., Mosaid, H., El Harti, A., & Barakat, A. (2023). Landslide Susceptibility Mapping Using Multi-Criteria Decision-Making (MCDM), Statistical, and Machine Learning Models in the Aube Department, France. *Earth (Switzerland)*, 4(3), 698–713. <https://doi.org/10.3390/earth4030037>
- Kuncoro, E., Rismayanti, I., & Rahman, I. (2021). Pemodelan spasial bahaya dan kerentanan bencana tanah longsor dengan metode AHP berbasis SIG GIS-based AHP spatial modeling for landslide hazard and vulnerability. *JURNAL HIMASAPTA*, 6(3), 149–158.
- MacAfee, E., Lohr, A. J., & de Jong, E. (2024). Leveraging local knowledge for landslide disaster risk reduction in an urban informal settlement in Manado, Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 111, 104710. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104710>
- Mengstie, L., Nebere, A., Jothimani, M., & Taye, B. (2024). Landslide susceptibility assessment in Addi Arkay, Ethiopia using GIS, remote sensing, and AHP. *Quaternary Science Advances*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2024.100217>
- Muhimbula, J., Sumari, N. S., & Balz, T. (2025). Landslide Susceptibility Assessment Using AHP, Frequency Ratio, and LSI Models: Understanding Topographical Controls in Hanang District, Tanzania. *GeoHazards*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/geohazards6030058>
- Ninasafitri, N., Pakaya, A., Djibran, F. R., Paladan, R. B., Paladan, R. B., & Pambudi, M. R. (2024). Analisis Kualitas dan Kuantitas Air Tanah Olele untuk Mendukung Pengembangan Geowisata dan Konservasi Lingkungan. *Jurnal Riset dan Pengabdian Interdisipliner*, 1(1), 109–120. doi: 10.37905/jrpi.v1i1.30082
- Panchal, S., & Shrivastava, A. K. (2022). Landslide hazard assessment using analytic hierarchy process (AHP): A case study of National Highway 5 in India. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(3). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.021>
- Pangaribuan, J., Sabri, L. M., & Amarrohman, J. (2019). Analisis Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Magelang Menggunakan Sistem Informasi Geografis Dengan Metode Standar

- Nasional Indonesia Dan Analytical Hierarchy Process. Dalam *Jurnal Geodesi Undip Januari* (Vol. 8).
- Pertiwi, R., Sartohadi, J., Setiawan, M. A., & Maulana, E. (2025). Landslide susceptibility analysis on road sections in Kaligesing District, Indonesia, using Frequency Ratio (FR) approaches. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(4), 7913–7922. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.124.7913>
- Potabuga, J. (2025). *Breaking News: Jalan Kelurahan Tenda Gorontalo Tertimbun Longsor, Akses Lumpuh!* TribunGorontalo.com. <https://gorontalo.tribunnews.com/2025/03/17/breaking-news-jalan-kelurahan-tenda-gorontalo-tertimbun-longsor-akses-lumpuh>
- Rauf, J., Arifin, Y. I., & Akase, N. (2024). Geomorfologi Daerah Tambang Emas Rakyat Juriya dan Sekitarnya, Kecamatan Bilato, Kabupaten Gorontalo. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 3(2), 136–149. doi: 10.34312/jage.v3i2.30322
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Segoni, S., Pappafico, G., Luti, T., & Catani, F. (2020). Landslide susceptibility assessment in complex geological settings: sensitivity to geological information and insights on its parameterization. *Landslides*, 17(10), 2443–2453. <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01340-2>
- Shitu, K., & Tariq, A. (2025). Geospatial distribution of landslide susceptibility modeling based on Remote Sensing and Geographic Information System. *Journal of African Earth Sciences*, 230. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2025.105732>
- Sisay, T., Tesfaye, G., Jothimani, M., Reda, T. M., & Tadese, A. (2024). Landslide susceptibility mapping using combined geospatial, FR and AHP models: A case study from Ethiopia's highlands. *Discover Sustainability*, 5(1), 474. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00730-4>
- Subedi, P., Devkota, K. C., & Kayastha, P. (2023). Landslide susceptibility mapping using AHP integrated with GIS in Gandaki Province, Nepal. *Geoenvironmental Disasters*, 10(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40677-023-00255-4>
- Usman, F. T., Arifin, Y. I., Hutagalung, R., & Permana, A. P. (2022). Analisis tipe longsor daerah Pohe Kota Gorontalo berdasarkan orientasi struktur geologi. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 1(1), 37–48. <https://doi.org/10.34312/jage.v1i1.15517>
- van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Smits Publishers.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. Dalam R. L. Schuster & R. J. Krizek (Ed.), *Landslides: Analysis and Control* (Nomor 176, hlm. 11–33). Transportation Research Board, National Academy of Sciences.